

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“DETERMINAR EL PASANTE, P80 y P50  
MEDIANTE LA FRAGMENTACIÓN DE MINERAL  
CON RESPECTO A LA DUREZA EN LOS  
BANCOS (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) EN  
HUALGAYOC - CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

Jose Ruben Apolitano Saavedra

**Asesor:**

Mg. Elmer Ovidio Luque Luque  
<https://orcid.org/0000-0002-6196-7616>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Víctor Eduardo Alvares León</b>	<b>18034429</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Miguel Ricardo Portilla Castañeda</b>	<b>45209190</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Wilder Chuquiruna Chávez</b>	<b>41235114</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

Esta investigación es dedicada a mis padres Felipe y Rosa por el apoyo moral incondicional hacia mis objetivos trasados en mi formación académica en la facultad de ingeniería de minas de la Universidad Privada del Norte.

Dedico también a mi esposa Zuly por su permanente apoyo y terminar con éxito tal investigación.

Dedico a mi hija Ivana y a mis hermanos y hermanas por el apoyo incondicional para cumplir con éxito mi investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios por darme la vida la salud y las posibilidades de superar cualquier dificultad encontrada en este camino emprendido en la universidad y terminar con esta investigación.

Agradezco a mis padres Felipe y Rosa por darme esa formación básica de buenos principios hacia la excelencia por el apoyo incondicional y por el ejemplo de superación sobre las adversidades.

Agradezco también los docentes de la Universidad Privada del Norte, especialmente a los de la facultad de ingeniería de minas por sus conocimientos compartidos.

Agradezco a todas las personas amigos de mi trabajo por darme esas facilidades para culminar esta investigación.

## Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1 Realidad problemática	9
1.2 Formulación del problema	17
1.3 Objetivos	17
1.4 Hipótesis	18
2.1. Tipo de investigación	19
2.2. Población y muestra	19
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	20
2.4. Procedimiento	21
2.5. Aspectos Éticos	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS	24
3.1. Caracterización geomecánica de la roca en los bancos mineralizado (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) Según Resistencia a partir de índices de campo (ISRM):	24
3.2. Descripción del proceso de fragmentación en bancos mineralizados (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc, Cajamarca 2021.	25
3.3. Analizar la fragmentación con el software SPLIT DESKTOP en los bancos mineralizado (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021	29
3.4. Descripción de la fragmentación para conocer el pasante, P80 y P50, en los bancos mineralizados (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.	30
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	36
4.1. Discusión	36
4.2. Conclusiones	38
REFERENCIAS	40
ANEXOS	42
<b>ANEXO 1: PLANO</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Estimación en terreno de la resistencia a la compresión uniaxial.</i>	16
Tabla 2 <i>Técnicas para de recolección de datos</i>	20
Tabla 3 <i>Procedimiento para elaborar el documento de tesis</i>	22
Tabla 4 <i>Resistencia a partir de índices de campo ISRM (P3680 73)</i>	24
Tabla 5 <i>Resistencia a partir de índices de campo ISRM (P3690 90)</i>	24
Tabla 6 <i>Resistencia a partir de índices de campo ISRM (P3680 73)</i>	24
Tabla 7 <i>Evaluación del taladro 57</i>	27
Tabla 8 <i>Evaluación del taladro 58.</i>	27
Tabla 9 <i>Evaluación del taladro 33.</i>	28
Tabla 10 <i>Evaluación del taladro 59.</i>	28
Tabla 11 <i>Evaluación del taladro 36.</i>	28
Tabla 12 <i>Resultado de Fragmentación de Roca por Proyecto de Mineral con respecto al Pasante, P80 y al P50</i>	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Carguío de taladros en la mina en estudio	25
<b>Figura 2</b>	Taladros de prueba después de voladura en la mina	26
<b>Figura 3</b>	Curva de distribución en tamaños de fragmentos	30
<b>Figura 4</b>	Imagen con patrones de escala	30
<b>Figura 5</b>	Delineación	31
<b>Figura 6</b>	Fragmentación, del Proyecto NV, 3680-73	32
<b>Figura 7</b>	Fragmentación Proyecto NV- 3690.90	32
<b>Figura 8</b>	Fragmentación Proyecto NV- 3690-98	33
<b>Figura 9</b>	Curva de distribución en tamaños de fragmentos.	34

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el pasante P80 y P50 mediante la fragmentación de mineral en una unidad minera en Hualgayoc Cajamarca, 2021. El yacimiento pertenece a un depósito de tipo pórfido de cobre y oro y su explotación se realiza a tajo abierto en el cual nos encontramos con minerales, calcopirita, pirita, magnetita, hematita entre otros, con durezas R3, R4, R5 y R6 en los polígonos (P3680 73, P3690 90 y P3690 98), resultado obtenido mediante la limpieza de capa superficial de alteración y hacer pruebas con martillo de geólogo. En el análisis pos voladura de la fragmentación del mineral mediante el programa Split Desktop se puede decir que nuestro diseño de pasante promedio de P80 se establece en 3.76" y el P50 establecido en 1.31".

**PALABRAS CLAVES:** Diseño de pasante P80 y P50, fragmentación de mineral.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

En la actualidad es muy importante determinar la fragmentación del mineral en los polígonos, empleando metodologías que permite determinar los pasantes que influirá directamente en la mejora de las operaciones unitarias de la empresa minera.

En Perú, las empresas mineras tienen la necesidad de reducir costos en el cumplimiento de los programas de avance de la empresa, tales como labores de exploración, desarrollo y preparación, destinadas a ejecutarlas con eficiencia, cuidando la significación de sus costos; han hecho que continuamente se vayan diseñando modalidades destinadas a mejores logros; la actividad de perforación y voladura es el primer trabajo en la operación de la cual dependen muchos trabajos que se derivan de ella. (Rodríguez, 2015)

En la región Cajamarca, empresas dedicadas a la minería explican que la mala distribución de la carga explosiva genera voladuras secundarias producto de la presencia de tiros cortados, sopladados y bancos de gran dimensión que generan una condición sub estándar, trayendo todo esto como consecuencia que los costos de perforación, voladura y de todo el ciclo de minado aumente.

Dentro de los antecedentes tenemos:

Tipo, (2019) en su tesis señala que para la medición de los fragmentos lo realizó con el software Wip Frag mediante la toma de imágenes por cada pila de mineral volado, las cuales fueron analizadas por el sistema y obtuvo un  $P80 = 10.17 \text{ plg}$ , siendo un total del 79% de material pasante y un 21% de fragmentos que no pasan por la malla y que deberían ser triturados por el sistema de chancado primario. Mediante estos datos obtenidos determinan realizar unos cambios, de utilizar una malla cuadrada a una malla triangular, altura de los bancos, altura de taladro, Burden espaciado, diámetro del

taladro. Después de realizar cambios significativos se realiza un segundo análisis de fragmentos al mineral volado, según el software Wip Frag obtuvo un  $P80 = 4.02$  plg, en un porcentaje de 97% fragmentos menores a 10" y 03% de fragmentos no pasantes por la malla esto significó un avance extraordinario en el proceso de carguío y acarreo con un 544.32 t/h.

Señala que la recolección de datos en el terreno se realiza mediante la toma de fotografías utilizando esferas de fragmentación de 10" las cuales ayudaran a predecir el tamaño de los fragmentos.

Flores, (2019) en su tesis indica que la fragmentación del disparo del proyecto 3190-0632 resultó ser menor que todos los proyectos anteriores analizados, con un tamaño de 6.02 " la cual se representa como la más eficiente en zona de mineral, por lo que los parámetros utilizados desde el diseño del proyecto hasta la realización del disparo son los más adecuados para poder disminuir la fragmentación en los proyectos posteriores. No se necesita utilizar mayor cantidad de emulsión con respecto al nitrato para poder obtener menor fragmentación, con la relación 70/30 se logró obtener la fragmentación de 6.02", lo que nos representa un menor gasto debido a que la relación 80/20 nos demanda consumir mayor emulsión siendo este explosivo más caro que el nitrato, el factor de potencia resultó en 0.21, lo que nos resultó en una gran cantidad de material volado con menor porción de material explosivo.

Peralta, (2019) dice que un material bien fragmentado y homogéneo en mina conlleva mejores operaciones de carga, tiempos de excavación y transporte. Adicionalmente a los beneficios externos a las operaciones se suma la teoría de las microfracturas en el material volado con mayor consumo específico de explosivo. Al ser fragmentado, su estructura queda débil, pues necesita menor energía para ser molido, esto implica un

descenso del consumo de energía en relación a la carga promedio dividida por la carga

máxima en un período de tiempo específico. Mejor dicho, la misma calidad de material ofrece menor resistencia a ser quebrado según la solidez estructural se verá perjudicado por la explosión.

Portada & Aimituma, (2018) manifiesta que los resultados de fragmentación obtenidos en las pruebas se compararon con los obtenidos de la información histórica. Cabe recordar que para la comparación se tomó el promedio de los pasantes de P50, P80 Y P90 en ambos casos, la fragmentación obtuvo una mejora significativa con el uso de la emulsión G, reduciendo el P80 de 29.1 cm a 16.6 cm lo que represente un 43% menos con respecto al obtenido con el ANFO pesado 73 gasificado. El tamaño de P80 máximo requerido para este tipo de material es de 25 cm. Con los resultados obtenidos de la emulsión G se puede apreciar que en promedio el 90 % del material fragmentado es menor al tamaño máximo requerido.

Quispe, (2018) comparando los datos de P80 obtenidos en el área pirotécnica versus la electrónica, se visualiza que los valores del área electrónica mientras que aumentan la malla de perforación se van aproximando al P80 objetivo, llegando a 8.33 mm con la mayor expansión realizada, logrando una mejora del 15.4%; la diferencia que se obtuvo en las pruebas del área pirotécnica, en donde a pesar de que se mantuvo la malla inicial de perforación, exceptuando la voladura 3972-009, se presentaron valores máximos de 70, 11, 50 mm. Adicionalmente la ampliación de malla generada para los retardos pirotécnicos no presentó ninguna mejora para la fragmentación del material.

Choqueña, (2017) expresa que la fragmentación P80 óptima es de 3.405 plg que ha resultado de 13 pruebas en un macizo rocoso de calidad regular RMR 52, las alteraciones de la zona han permitido que la calidad de la roca silicificada sea de valores de R3, R4, R5 y R6.

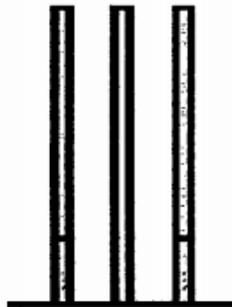
Becerra & Hernandez, (2016) nos dicen que la perforación debe ser realizada, en el menor tiempo y con acabado de calidad.

Evitando que se quede mineral en las cajas o que se diluya por deficiente perforación.

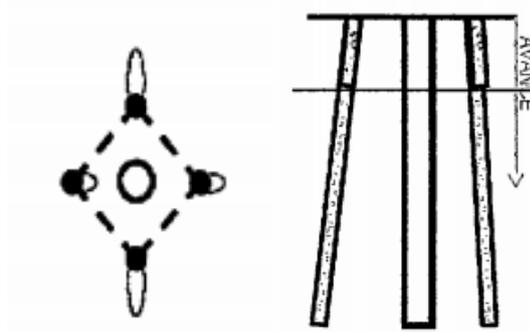
También en las labores de desarrollo el avance debe ser el 95% de la longitud perforada de lo contrario no estamos realizando un trabajo eficiente. Los conocimientos necesarios que le faltan para mejorar su trabajo, el perforista debe ser consiente en su capacitación buscando ser multihabiloso, flexible al cambio permanente, participando en grupos de mejoramientos continuo.

A continuación, se muestra los errores en la perforación, de los cuales son causantes de trabajos de mala calidad en avances (Buele, 2017)

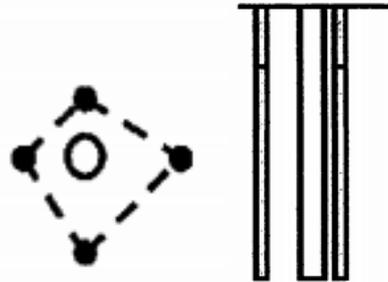
- No se realiza una sobre perforación: para evitar a lo que llamamos bolonerias se debe realizar una sobre perforación en cada taladro perforado el cual nos ayudara en una mejor fragmentación y nivelación del piso para nuestras próximas plataformas de perforación.



- Desviaciones en el paralelismo entre taladros: En este caso el Burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al fondo lo que afecta al fracturamiento y al avance. Este problema es determinante en los arranques de cada malla a volar. (Altamirano y Santamaria, 2018).



- Espaciamientos irregulares entre taladros: Propician fragmentación gruesa o sople del explosivo se recomienda utilizar la malla triangular (Altamirano y Santamaria, 2018).



Existe una serie de factores o variables que intervienen directa o indirectamente en la voladura que son mutuamente dependientes o que están relacionados uno u otro; unos son controlables y otros no son controlables, por ejemplo, las variables de diseño, de perforación o del explosivo a emplear, mientras que no podemos modificar la geología o las características de la roca (Novoa y Salazar, 2017).

La clasificación geomecánica implica el estudio geológico del comportamiento de rocas (Pantaleón y Carbajal, 2017).

Según Hudson (1989) Son las propiedades que condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos. Y para su estimación es necesario definir la cantidad de familias presentes, las características y propiedades de los planos de

discontinuidad, como son físicas y geométricas para cada una de las familias (Bustamante, 2013).

- Identificación: tipo de plano (estratificación: S0, esquistosidad: S1, juntas: J1, J2, fallas: F1, F2, etc.)
- Características (para cada tipo o familia de discontinuidades):
  - Orientación: dirección y buzamiento (valores)
  - Espaciado, en mm (7 clases)
  - Continuidad según dirección y buzamiento, en m (5 clases)
  - Rugosidad, establecer tipos y clases en cada tipo (3 x 3 clases)
- Apertura, en mm (9 clases)
- Ancho C/relleno:
  - Composición (8 tipos)
  - Espesor, en mm
- Grado de meteorización (6 clases)
- Filtraciones o existencia de agua, (4 clases)
- Resistencia a la compresión de las paredes (Depende del tipo de matriz rocosa, del grado de meteorización y de la existencia o no de relleno.):
  - Índices de campo (6 clases)
  - Valor del penetrómetro de bolsillo (martillo Schmidt)
- Resistencia al corte (parámetro cuantitativo).

El RMR, introducido por Bieniawski (1976), es posiblemente la clasificación geomecánica más usada, inicialmente pensado para valorar la estabilidad y los soportes requeridos en túneles, ha resultado ser apto también para la valoración, clasificación

de la resistencia de la roca matriz. Ensayo de deformabilidad: Módulos elásticos (Young, Poisson) (Bustamante, 2013):

(1) Resistencia del material intacto que se obtiene mediante ensayo de carga puntual o compresión simple.

(2) RQD.

(3) Espaciado de las discontinuidades, hace referencia a la longitud entre discontinuidades dentro de la zona a estudio.

(4) Condición de las discontinuidades, que incluye:

i. Longitud de la discontinuidad

ii. Abertura

iii. Rugosidad

iv. Relleno

v. Alteración

(5) Presencia de agua subterránea

A cada uno de los parámetros anteriores se le asigna un valor, el RMR se obtiene como la suma de todos ellos.

$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) \dots\dots\dots$  (Bieniawski, 1989).

En la actualidad, la empresa en estudio, viene operando la mina a tajo abierto de la región Cajamarca, durante su etapa inicial se encontró deficiencias en los resultados de avances lineales a consecuencia de que constantemente quedaban taladros cargados que no explosionaban que también se los llaman tiros cortado y soplados, inadecuado diseño de malla de perforación con demasiado número de taladros y con burden y espaciamiento inadecuados a su vez no llevaban un buen paralelismo de los taladros por falta de guidores todas estas deficiencias han implicado a elevados costos en perforación, también otro de los problemas observados fue la excesiva distribución de

explosivos que el capataz de perforación y voladura empleaba creyendo que así se aseguraba obtener un buen disparo por polígono, como consecuencia de la excesiva distribución de explosivo también se ha visto elevados costos en la voladura.

Como consecuencias de estas deficiencias que se presentan en los frentes de la mina se ha afrontado altos costos en perforación y voladura y surgió la necesidad de diseñar la nueva malla de perforación de acuerdo a los cálculos teóricos y a las características de la roca que se presente en la ejecución de la mina, el diseño de la malla permitirá disminuir el número de taladros y adecuar las medidas exactas de burden y espaciamiento e implicará la optimización en perforación de igual forma se plantea la nueva distribución de explosivo.

### Resistencia a la compresión uniaxial

**Tabla 1**

*Estimación en terreno de la resistencia a la compresión uniaxial.*

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia a uniaxial (MPa)	Índice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia.	Ejemplos
<b>R6</b>	Extremadamente resistente	>250	>10	Golpes de martillo geológico solo causan descostramientos superficiales en la roca	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
<b>R5</b>	Muy resistente	100 - 250	4 - 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
<b>R4</b>	Resistente	50 - 100	2 - 4	Un trozo de roca requiere mas de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, areniscas esquistos, pizarras
<b>R3</b>	Moderadamente resistente	25 - 50	1 - 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas
<b>R2</b>	Débil	5 - 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. la roca puede ser descostrada con un cortaplumas, pero con dificultad.	Creta sal mineral, potasio.
<b>R1</b>	Muy débil	1 - 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. la roca	Roca muy alterada o muy meteorizada.

				puede ser descostrada con un cortaplumas.	
<b>R0</b>	Extremadament e débil	0.25 - 1	(b)	La roca puede ser idenada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

(a)clases según Brown.

(b) Para rocas con una resistencia en compresión uniaxial menor que 25 MPa los resultados del ensayo de carga puntual son poco confiables.

## 1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye el pasante P80 y P50 en la fragmentación de mineral de acuerdo a la dureza en los bancos (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc, Cajamarca, 2021?

## 1.3 Objetivos

### Objetivo general

Determinar el Pasante P80 y P50 mediante la fragmentación de mineral en los bancos (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc, Cajamarca 2021.

### Objetivos específicos

Caracterizar la geomecánica del mineral en los bancos (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.

Describir el proceso la fragmentación en bancos mineralizados (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc, Cajamarca 2021.

Analizar la fragmentación con el software SPLIT DESKTOP en los bancos mineralizado (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.

Describir la fragmentación para conocer el pasante, P80 y P50, en los bancos mineralizados (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.

#### **1.4 Hipótesis**

Mediante la evaluación de la fragmentación en los bancos mineralizado (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98). Se podrá conocer el pasante, P80 y P50 del mineral fragmentado en hualgayoc Cajamarca 2021.

## CAPITULO II: METODOLOGIA

### 2.1. Tipo de investigación

El enfoque considerado para esta investigación es el cuantitativo, el cual según Hernández, Fernández y Baptista (2014), se refiere al enfoque que utiliza métodos y/o procedimientos de medición en una investigación. En la presente tesis se realizarán mediciones para determinar la granulometría, por lo tanto, es cuantitativa.

Esta investigación se enmarca dentro del tipo correlacional puesto que, según Hernández et al., (2014), nos menciona que una investigación correlacional analiza el grado de relación entre las variables de investigación que en este caso son Pasantes P80 y P50 y fragmentación de mineral.

La investigación tiene diseño cuasi experimental, puesto que según Kerlinger (1981), señala que en la investigación cuasi experimental resulta al manipular una de las variables, en tanto en esta investigación solamente se manipuló la variable Pasante P80 y P50 para obtener efectos en la fragmentación de mineral.

Esta investigación a su vez es transversal debido a que se da en un solo momento (Hernández *et al.*, 201, p 132).

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Población

Considerando que una población es un conjunto de objetos o procesos; que conforman con determinadas características y especificaciones, para nuestra investigación, se ha tomado en cuenta los bancos (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.

#### 2.2.2. Muestra

En cuanto a la muestra se hará seguimiento al P80 y el P50 de los taladros 33, 36, 57, 58 y 59 de los proyectos (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la recaudación de datos se muestran en la tabla 1.

**Tabla 2**  
*Técnicas para de recolección de datos*

TECNICAS	JUSTIFICACION	INSTRUMENTO	APLICACIÓN
<b>Entrevistas</b>	Nos permitió identificar la situación actual en la que se encuentra la fragmentación de la roca.	✓ Guía de entrevista ✓ Lapiceros. ✓ Tablets ✓ Libreta de apuntes.	Se aplicará al gerente general.
<b>Análisis documental</b>	Nos posibilitará analizar los procesos de fragmentación de explotación minera de mineral.	✓ Ficha de análisis documental. ✓ Microsoft Excel. ✓ Lapiceros.	Registros y listas de métodos de fragmentación
<b>Observación</b>	Ayudará a evaluar los rasgos geológicos y geomecánicas	✓ Guía de observación ✓ Lapiceros ✓ Cámara fotográfica. ✓ Libreta de apuntes.	Se llevará a cabo en la mina.

**Fuente:** Elaboración propia, (2022).

## 2.4. Procedimiento

### a) Para la entrevista

**Elaboración de la entrevista:** los investigadores elaboraron la entrevista, que contiene 10 preguntas, con la finalidad de recolectar la problemática en el proceso de la fragmentación de roca mineral de una unidad minera en la provincia de Hualgayoc, en el departamento de Cajamarca.

#### **Secuencia de la entrevista:**

- Se solicitó el permiso de la empresa para realizar dicha entrevista.
- Se coordinó con el encargado de la empresa para definir la fecha y lugar de la entrevista.
- Se entrevistó al encargado durante 30 minutos, las respuestas se registraron en una Tablet.
- Las respuestas se pasaron a un documento Word, y con esos datos se elaboró la situación del proceso de fragmentación de roca.

### b) Para el análisis documental

**Elaboración del análisis de documentos:** el investigador analizó datos e información, se utilizó en dos ocasiones, primero para resumir los antecedentes teóricos de la realidad problemática y segundo para resumir los cálculos de los parámetros geométricos, geotécnicos y geomecánicos.

#### **Secuencia del análisis documental:**

- Se buscó la información en los distintos repositorios universitarios.
- Se eligió las investigaciones consideradas como antecedentes.
- Se resumió las investigaciones elegidas.
- Se solicitó los reportes del proceso de fragmentación.

- Se resumieron y utilizaron los reportes para calcular la fragmentación.

**c) Para la Observación directa**

**Elaboración de la observación directa:**

La observación directa se desarrolló dentro del área de explotación de la unidad minera en estudio ubicada en la provincia de Hualgayoc, se analizaron e identificaron los procesos que se realizan.

**Proceso de la observación directa**

- Se inició coordinando con el supervisor de perforación y voladura, para la aplicación de la ficha de observación directa.
- Se informó al supervisor el motivo de la visita.
- Se identificaron los procesos en la empresa.
- Registrar toda la información obtenida.

**d) Para el análisis de datos**

Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar la información en Ms Office con los programas informáticos: Word y Excel. Los pasos se muestran en la tabla 2.

**Tabla 3**  
*Procedimiento para elaborar el documento de tesis*

<b>Pasos</b>	<b>Detalle</b>
Trabajo de gabinete	Se analizó los derechos mineros, información bibliográfica y se elaboró la entrevista.
Trabajo de campo	Se realizó visitas a la mina, para aplicar la entrevista y para observar los procesos. Además, se diseñó el plan de voladura en la empresa y se analizó visualmente su impacto.
Trabajo de gabinete	Se analizó y decidió la viabilidad técnica de la fragmentación.

## 2.5. Aspectos Éticos

Para continuar con el protocolo que nos brinda la Universidad, el desarrollo de esta investigación se rigió estrictamente al uso del Manual de Redacción APA, evitando así plagios, valiéndose de una correcta situación de autores y coautores de las investigaciones antecesoras a estas.

Con respecto a los aspectos éticos en Base al entorno, los pobladores tuvieron conocimiento del propósito de la investigación y también se les indicó que no se publicará el nombre de los encuestados.

Asimismo, la participación fue libre, por lo que no se presionaron ni se manipularon los intereses personales a favor de la investigación.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Caracterización geomecánica de la roca en los bancos mineralizado (P3680 73)

#### (P3690 90) (P3690 98) Según Resistencia a partir de índices de campo (ISRM)

##### 3.1.1. Caracterización geomecánica del (P3680 73)

**Tabla 4**

*Resistencia a partir de índices de campo ISRM (P3680 73)*

TIPOS DE DUREZA DE ROCA			
DUREZA	MPa	Factor de RESISTENCIA	Tiempo en min perforación
Dureza 3	R3 25_50 MPa	R3	0 a 10
Dureza 4	R4 50_100 MPa	R4	10 a 15
Dureza 5	R5 100_250 MPa	R5	15 a 20
Dureza 6	R6 250_A mas	R6	>20

##### 3.1.2. Caracterización geomecánica del (P3690 90)

**Tabla 5**

*Resistencia a partir de índices de campo ISRM (P3690 90)*

TIPOS DE DUREZA DE ROCA			
DUREZA	MPa	Factor de RESISTENCIA	Tiempo en min perforación
Dureza 3	R3 25_50 MPa	R3	0 a 10
Dureza 4	R4 50_100 MPa	R4	10 a 15
Dureza 5	R5 100_250 MPa	R5	15 a 20
Dureza 6	R6 250_A mas	R6	>20

##### 3.1.3. Caracterización geomecánica del (P3690 98)

**Tabla 6**

*Resistencia a partir de índices de campo ISRM (P3680 73)*

TIPOS DE DUREZA DE ROCA			
DUREZA	MPa	Factor de RESISTENCIA	Tiempo en min perforación
Dureza 3	R3 25_50 MPa	R3	0 a 10
Dureza 4	R4 50_100 MPa	R4	10 a 15
Dureza 5	R5 100_250 MPa	R5	15 a 20
Dureza 6	R6 250_A mas	R6	>20

### 3.2. Descripción del proceso de fragmentación en bancos mineralizados (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc, Cajamarca 2021.

#### 3.2.1. Pre voladura

En esta parte del proceso para la fragmentación del mineral, se inicia con la delimitación de los proyectos mediante muros de seguridad, luego con la ubicación de cada taladro para cada uno de los polígonos 73, 90 y 98. para su visualización de cada taladro se señala mediante estacas pintadas de color, esto lo realiza el área de topografía.

Para la perforación de los taladros se realizó con una perforadora Epiroc DML tricono y martillo en fondo, la cual perforo los taladros de 10 metros de longitud por un diámetro de 6 pulgadas.

**Figura 1**  
*Carguío de taladros en la mina en estudio*



### 3.2.2. Post voladura

En la post voladura se realiza la verificación de la detonación de todos los taladros, en nuestras pruebas no se presentó ningún tiro cortado y se obtuvo una buena fragmentación de la roca con una granulometría de <6", <4" y <1".

Las actividades que corresponden a la post voladura son:

- Se mide la fragmentación y granulometría comparándolas con los elementos de escala.
- Se toman fotografías evidenciando el material fracturado.
- Se verifica la detonación de los taladros con el equipo bench box ubicado a 100 metros de los taladros cargados.
- Se analizan los reportes obtenidos con Long stratton instalado en el bench box.

#### Figura 2

*Taladros de prueba después de voladura en la mina*



### 3.2.3. Descripción de parámetros según la dureza de la roca.

**Tabla 7**

*Evaluación del taladro 57*

MINA		Taladro 57	
		<b>H (m)</b>	10.3
		<b>J (m)</b>	-0.5
Malla		<b>Taco (m)</b>	4.7
E X B (m) 6.5 x 5.7		<b>Aire/Deck</b>	3.2
Dureza R3		<b>Lc (m)</b>	4.5
		<b>Diam (pulg)</b>	7.5/8
		<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>	1.12
	<b>HA 73 Gasf.</b>	<b>SD</b>	1.06
	<b>B (m)</b>	<b>S (m)</b>	<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>
	7.5	8.5	1.8
	<b>FC (Kg/Ton)</b>	0.210	
	<b>Kilos por taladro</b>	296.19	

**Nota:** Perforación =H Sobreperforación = J Columna explosiva = Lc  
 $\sigma$  = densidades Burden =B Espaciamiento =S  
 SD = Escala de profundidad del entierro FC = Factor de carga  
 HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 57.

**Tabla 8**

*Evaluación del taladro 58.*

MINA		Taladros 58	
		<b>H (m)</b>	10.0
		<b>J (m)</b>	0.0
Malla		<b>Taco (m)</b>	5.8
E X B (m) 6.0 x 5.2		<b>Aire/Deck</b>	2.3
Dureza R4		<b>Lc (m)</b>	3.1
		<b>Diam (pulg)</b>	7 5/8
		<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>	1.15
	<b>HA 73 Gasf.</b>	<b>SD</b>	1.27
	<b>B (m)</b>	<b>S (m)</b>	<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>
	7.5	8.5	1.8
	<b>FC (Kg/Ton)</b>	0.159	
	<b>Kilos por taladro</b>	204.04	

**Nota:** Perforación =H Sobreperforación = J Columna explosiva = Lc  
 $\sigma$  = densidades Burden =B Espaciamiento =S  
 SD = Escala de profundidad del entierro FC = Factor de carga  
 HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 58.

**Tabla 9**

*Evaluación del taladro 33.*

MINA		Taladros 33	
		<b>H (m)</b>	10.0
		<b>J (m)</b>	0.5
Malla		<b>Taco (m)</b>	5.0
E X B (m) 5.5 x 4.8		<b>Aire/Deck</b>	2.4
		<b>Lc (m)</b>	3.2
Dureza R5		<b>Diam (pulg)</b>	7 5/8
		<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>	1.15
	<b>HA 73 Gasf.</b>	<b>SD</b>	1.27
	<b>B (m)</b>	<b>S (m)</b>	<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>
	7.5	8.5	1.8
	<b>FC (Kg/Ton)</b>		0.161
	<b>Kilos por taladro</b>		210.63

**Nota:** Perforación =H Sobreperforación = J Columna explosiva = Lc  
 $\sigma$  = densidades Burden =B Espaciamiento =S  
 SD = Escala de profundidad del entierro FC = Factor de carga  
 HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla 4, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 33.

**Tabla 10**

*Evaluación del taladro 59.*

MINA		Taladros 59	
		<b>H (m)</b>	10.0
		<b>J (m)</b>	0.5
Malla		<b>Taco (m)</b>	4.7
E X B (m) 5.0 x 4.3		<b>Aire/Deck</b>	0.5
		<b>Lc (m)</b>	1.0
Dureza R6		<b>Diam (pulg)</b>	7 5/8
		<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>	1.15
	<b>HA 73 Gasf.</b>	<b>SD</b>	1.4
	<b>B (m)</b>	<b>S (m)</b>	<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>
	7.5	8.5	1.8
	<b>FC (Kg/Ton)</b>		0.072
	<b>Kilos por taladro</b>		65.82

**Nota:** Perforación =H Sobreperforación = J Columna explosiva = Lc  
 $\sigma$  = densidades Burden =B Espaciamiento =S  
 SD = Escala de profundidad del entierro FC = Factor de carga  
 HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 59.

**Tabla 11**

*Evaluación del taladro 36.*

MINA		Taladros 36	
		<b>H (m)</b>	10.0
		<b>J (m)</b>	0.5
Malla		<b>Taco (m)</b>	4.5
E X B (m) 6.5 x 5.7		<b>Aire/Deck</b>	0.9
Dureza R3		<b>Lc (m)</b>	2.3
		<b>Diam (pulg)</b>	7 5/8
		<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>	1.15
	<b>HA 73 Gasf.</b>	<b>SD</b>	1.27
	<b>B (m)</b>	<b>S (m)</b>	<b><math>\sigma_{expl}</math> (g/cc)</b>
	7.5	8.5	1.12
	<b>FC (Kg/Ton)</b>		0.147
	<b>Kilos por taladro</b>		151.39

**Nota:** Perforación =H      Sobreperforación = J      Columna explosiva = Lc  
 $\sigma$  = densidades      Burden =B      Espaciamiento =S  
 SD = Escala de profundidad del entierro      FC = Factor de carga  
 HA73 = 70 Emulsión + 30 ANFO.

En la Tabla 7, se muestran los parámetros de perforación y voladura empleados en el taladro 36.

### 3.3. Analizar la fragmentación con el software SPLIT DESKTOP en los bancos mineralizado (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021

El análisis preliminar realizado a la fragmentación de bancos mineralizados se obtuvo con el software Split desktop Engineering, se tomó en consideración la malla de perforación también el factor de roca, dureza de roca, estructura, manto y el modelo de fragmentación de kuz-Ram. Cual se asistió y proceso por un usuario permitiendo predecir una fragmentación del mineral. En este programa mediante el procesamiento de los datos nos dará una curva de fragmentación preliminar antes de la voladura a realizar en cada banco como en cualquier plataforma de voladura contendrá material fragmentado lo cual será grueso, medio y una cierta cantidad mínima de finos, esto puede ser caracterizado por una curva de distribución de tamaños de fragmentos como se muestra en la figura siguiente.

En la figura N° 1 nos muestra que la mayor cantidad de fragmentos son menores de 100 mm con relación al 60% pasante.

**Figura 3**  
*Curva de distribución en tamaños de fragmentos*



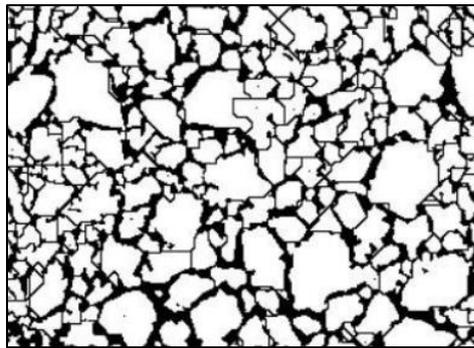
### 3.4. Descripción de la fragmentación para conocer el pasante, P80 y P50, en los bancos mineralizados (P3680 73) (P3690 90) (P3690 98) en Hualgayoc Cajamarca 2021.

Se llevó dos elementos los cuales sirvieron de escala y poder analizar, se colocó sobre la superficie del banco fragmentado y se tomó las respectivas fotos las cuales fueron dos figuras 2. Estas fotos ingresaran al programan donde se realiza el escalamiento dentro del software, el siguiente paso es delinear los fragmentos de forma automática y unitaria utilizando diferentes algoritmos, como resultado de la delineación automática obtenemos una imagen binaria la cual se trabajó en color blanco y negro figura 3, el color negro nos ayudará en la estimación de cantidad de finos y espacios vacíos entre los fragmentos.

**Figura 4**  
*Imagen con patrones de escala*



**Figura 5**  
*Delineación*



De la figura 3, Delineación de los fragmentos según el software Split Desktop

Se utilizó una cámara fotográfica de alta resolución En los proyectos de mineral un análisis por cada banco, se especifica el P80 y el P50 teniendo como resultado promedio por cada banco.

Se puede observar que la fragmentación es casi uniforme cuan ya la pila estaba minándose. Entonces se puede corroborar la información proporcionada por el software por lo cual lo hace confiable en su utilización.

**Figura 6**  
*Fragmentación, del Proyecto NV, 3680-73*



**Figura 7**  
*Fragmentación Proyecto NV- 3690.90*



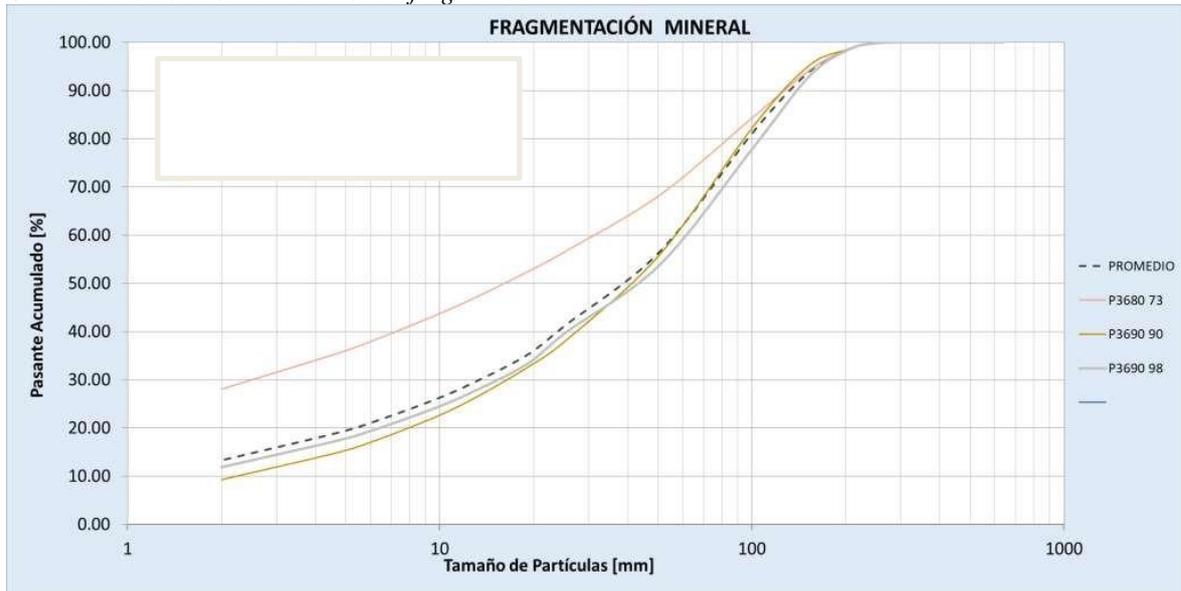
**Figura 8**

*Fragmentación Proyecto NV- 3690-98*



Cada vez que Split Desktop procesa las imágenes la pantalla muestra la curva de tamaños de los fragmentos (P80 y P50). Estos datos pueden ser ingresados fácilmente a los sistemas que utiliza el personal encargado de los procesos siguientes trituradores o molinos. como cualquier pila de material fragmentado contendrá material grueso, medio y una cierta cantidad de finos, esto puede ser caracterizado por una curva de distribución de tamaños de fragmentos como se muestra en la figura: N° 1.

**Figura 9**  
Curva de distribución en tamaños de fragmentos.



De la figura 7, para el P3680 73 que inicia con un mayor porcentaje de finos en un 28% con una tendencia a igualar con los demás proyectos aproximadamente en un 84% de fragmentos menores a 3.74". Para el P6390 90 inicia en un 9% de finos con una tendencia similar a los demás proyectos que llega aproximadamente a un 83% de mineral tamaño menor a 3.74" y para el P3690 98 empieza su tendencia en un 13% y llega aproximadamente a un 77% de mineral menor a 3.74".

**Tabla 12**  
Resultado de Fragmentación de Roca por Proyecto de Mineral con respecto al Pasante, P80 y al P50

Proyecto	Tipo	% Pasante < 6"	% Pasante < 4"	% Pasante < 1"	P80 (")	P50 (")
P3690 90	Minado	% 95.2	% 82.8	% 38.2	3.74"	1.64"
P3680 73	Minado	% 94.2	% 84.7	% 56.7	3.31"	0.63"
P3690 98	Minado	% 92.9	% 78.3	% 39.9	4.24"	1.67"
<b>Promedio</b>		% 94.1	% 81.9	% 44.9	3.76"	1.31"

Según la Tabla 1, Para el proyecto P3690 90 tenemos un 95.2% de fragmentos menores a 6", 82.8% de fragmentos menores a 4" y un 38.2% de mineral menor a 1", entonces nuestro P80 es de 3.74" y nuestro P50 es de 1.64".

Para el proyecto P3680 73 tenemos un 94.2% de fragmentos menores a 6", 84.7% de fragmentos menores a 4" y un 56.7% de mineral menor a 1", entonces nuestro P80 es de 3.31" y nuestro P50 es de 0.63".

Para el proyecto P3690 98 tenemos un 92.9% de fragmentos menores a 6", 78.3% de fragmentos menores a 4" y un 39.9% de mineral menor a 1", entonces nuestro P80 es de 4.24" y nuestro P50 es de 1.67".

En la Tabla 1, nos indica en promedio para los tres proyectos tenemos un 94.1% de mineral fragmentado menor a 6", 81.9% de fragmentos menores a 4" y 44.9% de mineral triturado menor a 1". como promedio de P80 se establece en 3.76" y el P50 establecido en 1.31".

Con estas especificaciones resultantes producto de un análisis minucioso de la fragmentación del mineral en los proyectos volados nos permite acondicionar a los requerimientos establecidos por el área encargada de la conminución y poder realizar una mezcla (Blending) que permita un desgaste y consumo de energía uniforme en los equipos de procesamiento.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Arenaza, en su tesis: "Estudio de Factibilidad Técnica - Económica para Implementar una Planta de Producción de Cal en la Concesión Minera Arvaa 100". Determinó que la capacidad de producción que se venderá al año que es de 12 000 toneladas de cal viva molida y 6 000 toneladas de cal viva granulada, a diferencia de esta tesis que va a producir solo 1300 toneladas de cal granada ya que solo se contará con dos hornos. Como se considera un proyecto de mediana minería el período de recuperación de capital (PRC) es de dos años y nueve meses, se contrasta con el nuestro que es de 1.5 años. La contrastación de esta tesis con el antecedente es la producción por ende en el antecedente la inversión será mayor y la recuperación es más larga.

Pérez (2019), al igual que en esta investigación realizó la estimación de reservas por el método de los perfiles para determinar la vida útil del Punto Uno de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe. En ambos estudios surgió de la observación de un problema vinculado a la falta de un estudio técnico sobre la cantidad de reservas existentes, por ello en ambos casos utilizaron al tipo de investigación cuantitativo en el antecedente se obtuvo como resultado que existe un total de 16,203.14 m<sup>3</sup> de reservas probadas entre grava y arena, así mismo 87,900.44 m<sup>3</sup> de reservas probables del mismo material y la vida útil es de 10 meses. A diferencia de este estudio que el área total calculado con el método de perfiles es: 66 498 906.25 m<sup>3</sup>, el Volumen calculado con el método de perfiles es: 71 335 112.8954 m<sup>3</sup>. Se ha calculado el Peso específico de las calizas de 2.5 TN/m<sup>3</sup>, el Tonelaje total calculado del área a explotar es 831236.33 Tn. A diferencia del antecedente teórico, en esta investigación se ha considerado la ley de óxido de calcio.

Gómez y Cuador realizaron una revisión bibliográfica sobre el tema de estimación de reserva minerales, se elaboró una metodología que utiliza procedimientos conjuntos de estimación y simulación geoestadística para demostrar la influencia del tamaño de la USM en la precisión y exactitud de la estimación de los recursos minerales in situ, la cual es aplicable tanto para yacimientos minerales sólidos metálicos como no metálicos. Se aplicó la metodología al yacimiento de materia prima para cemento "Mariel" llegando a la conclusión de que en efecto existe influencia del tamaño de la USM en la precisión y exactitud de la estimación de los recursos minerales in situ. Se completó un estudio bastante detallado de las características variabilidad y correlación espacial de los datos seleccionados como patrón, obteniéndose un modelo estructural de variabilidad espacial para el CaO, que servirá de base para la realización de la estimación y la simulación geoestadística. Se construyeron 9 modelos de bloques, estimando cada celda por Krigeaje ordinario de bloque, además se almacenó la varianza de Krigeaje y la cantidad de muestras con que fueron estimados cada uno de los bloques o USM. Se simuló en una red de 1x1x1 los contenidos de CaO considerando que son representativos de la realidad al poseer iguales características de dispersión que los datos reales. Se propuso un valor real para cada modelo de bloque que se corresponde con los 9 modelos creados utilizando los resultados de la simulación y el método de promedios móviles. Se compararon los posibles valores reales con los estimados obtenidos por Krigeaje a través del error cuadrático medio, el error porcentual y el error medio llegando a la conclusión de que para el tamaño de 25x25x10 m se logran errores mínimos, así como para tamaños de USM cercanos a la distancia de la red de exploración. A diferencia de este antecedente en esta investigación no se considerado los datos estadísticos.

## 4.2. Conclusiones

- La fragmentación de la roca mineralizada y la determinación del P80 Y P50 se realizó mediante diferentes etapas que se llevaron a cabo en la unidad minera hualgayoc Cajamarca 2021, el método de explotación es open pit con unos bancos de 10m de altura.
- Los parámetros geométricos de la unidad minera son altura de Talud 10.0 m, ángulo de taludes desde 60° hasta 80° según dureza de roca. Los parámetros que nos ayudan a caracterizar la roca: resistencia (compresión simple) y su comportamiento frente a su deformación (módulo de Young y coeficiente de Poisson). La resistencia determina la calidad de la roca para mantener unidos sus componentes y depende fundamentalmente de su composición mineralógica y grado de alteración.
- Para la resistencia uniaxial se determinó mediante la compresión simple, en el campo se realizaron pruebas y ensayos sencillos como índices directos con martillo Schmidt y carga puntual. Para las pruebas de laboratorio se realizaron ensayos mecánicos como la compresión uniaxial. R3 denominada como roca moderadamente dura, se lo identifico con un golpe fuerte del matillo la cual puede fracturarse y con navaja no se puede tallar y su resistencia a la compresión va desde los 25 a 50 MPa, su tiempo de perforación en un taladro de 10 metros es de 0 a 10 min. R4 identificada como una roca dura la cual requiere más de un golpe del martillo para fracturarse y su resistencia se establece desde 50 a 100 MPa y el tiempo de perforación empleado es de 10 a 15 min. R5 esta clase de roca es muy dura se requiere muchos golpes de martillo para fracturarse y su resistencia a la compresión va de 100 a 250 MPa, el tiempo para la perforación en un taladro de

10m es de 15 a 20 min. R6 roca extremadamente dura, se identificó en campo con varios golpes donde solo saltan esquirlas, su resistencia a la compresión es mayor a los 250 MPa, el tiempo empleado en su perforación en una longitud de 10m es más de 20 min.

- Para el análisis de fragmentación de mineral y determinar el pasante P80 y P50 se utilizó el software SPLIT DESKTOP el cual nos permitió realizar un análisis preliminar en donde se utilizó información sobre cargado de taladros, parámetros de perforación y dureza de las rocas mineralizadas. En el análisis por voladura se utilizó elementos de escala las cuales fueron colocados sobre los polígonos volados, se tomaron fotografías las cuales fueron ingresadas al software, este análisis las imágenes y se determinó que para el polígono P3690 90 el P80 establecido es de 3.74" y el P50 es 1.64". para el polígono P3680 73 el P80 establecido es de 3.31" y su P50 es de 0.63". en el polígono P3690 98 su P80 determinado es de 4.24" y el P50 es 1.64". El promedio obtenido entre los polígonos se estableció en 3.76" como P80 y 1.31" para el P50. Los resultados determinados en P80 y P50 por cada polígono y en promedio nos ayudara a establecer una mezcla en fragmentos de roca mineralizada de acuerdo al requerimiento del siguiente proceso de conminución.

## REFERENCIAS

- Becerra, R., & Hernandez, W. (2016). Estudio y selección de los métodos de perforación y voladura para optimizar la fragmentación de la roca, en la cantera Mitopampa, Cajamarca, 2016, (Universidad Privada del Norte). *Tesis de Licenciatura*. Repositorio Institucional., Cajamarca, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/7547>
- Buele, J. (2017). Optimización en los parámetros de perforación y voladura en el avance del túnel de la mina Cabo de Hornos. (*tesis de pregrado*). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7439/1/13347.pdf>
- Bustamante, A. (2013). Geomecánica Aplicada en la Prevención de Pérdidas por Caída de Rocas Mina Huanzalá-Cía. Minera Santa Luisa S.A. *Tesis de Maestría*, 133. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/591/1/bustamante\\_ma.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/591/1/bustamante_ma.pdf)
- Choqueña, J. (2017). Optimización de la fragmentación de la roca mediante las características geomecánicas y doble iniciación no electrónica en la perforación y voladura de bancos - u. m. Apumayo S.A.C.(Universidad Nacional del Altiplano). *Para Optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas*. Repositorio Institucional., Puno., Peru. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4675>
- Flores, D. (2019). Determinación de los Parámetros de Voladura para Optimizar la Fragmentación en Zona de Mineral en la unidad Minera Cuajone. *Para Optar el Título de Ingeniero de Minas*. Universidad Tecnológica del Perú., Arequipa, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2296>

- Peralta, E. (2019). Estudio de los Procesos de Perforación y Voladura y su Implicancia en el Rendimiento y Seguridad en Sociedad Minera Cerro Verde. *Para Optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa., Arequipa., Peru. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10271>
- Portada, M., & Aimituma, J. (2018). Aplicación de iniciadores electrónicos Digishot plus para optimizar la fragmentación de rocas en el tajo norte de la Unidad Minera Antapacay.(Universidad Continental). *Para Optar el Grado Académico de bachiller en Ingeniería de Minas*. Repositorio Institucional., Arequipa., peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5204>
- Quispe, C. (2018). Análisis de la Fragmentación Resultante de Voladura para Evaluación de la Expansión de las Mallas de perforación Aplicando Sistemas de Iniciación Electrónica en Mirera Coimolache\_2016. *Para Optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo., Huaraz., Peru. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2241>
- Rodríguez, R. (2015). *Perforación y Voladura de Rocas en Compañía Minera los Chunchos SAC*. Tesis Profesional para Optar el Título de Ingeniero de Minas, Lima, Peru. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2154>
- Tipo, R. (2019). Optimización de la Fragmentación de Rocas Modificando los Parámetros de Perforación en la Unidad Minera Tacaza\_Ciemsá. *Para Optar el Título de Ingeniero de Minas*. Universidad del Altiplano Puno., Puno, Peru. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12536/Tipo\\_Chambi\\_Rony\\_Samuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12536/Tipo_Chambi_Rony_Samuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

“Determinar el pasante, P80 y 50 mediante la fragmentación de mineral con respecto a la dureza en los bancos (p3680 73) (p3690 90) p3690 98) en Hualgayoc - Cajamarca 2021”

## ANEXOS

### Anexo 1: Plano

