



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MINADO PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA  
CANTERA NO METALICA EN CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Rosely Gormas Valderrama

Hugo Cesar Lopez Malca

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

Cajamarca - Perú

2022

## DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a Dios por la salud, por las oportunidades para crecer integralmente, a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional a PRONABEC por el apoyo al talento y a todos los docentes por su ardua labor en nuestra formación profesional.

Rosely Gormas.

A Dios por darnos la vida y la salud, a mis padres por el apoyo constante, a PRONABEC por el soporte brindado durante mis años de estudio y a todos los docentes por el esfuerzo que realizan día a día para impartir el conocimiento.

Hugo López

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por la vida y la salud, al PROGRAMA NACIONAL DE BECAS Y CREDITO EDUCATIVO (PRONABEC), a nuestros padres, hermanos y docentes; quienes formaron parte de nuestra formación personal y profesional; de una manera muy especial al asesor Ing. Oscar Vásquez Mendoza por su apoyo constante y confianza en el proceso de elaboración de la presente tesis.

Los autores.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
RESUMEN .....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	13
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	17
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	57
REFERENCIAS .....	60
ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vértice de la cantera no metálica .....	18
Tabla 2. Vías de acceso a la cantera .....	19
Tabla 3. Descripción de las unidades geológicas .....	21
Tabla 4. Descripción de las unidades hidrológicas .....	26
Tabla 5. Niveles de intensidad sísmica.....	31
Tabla 6. Escala de Richter.....	34
Tabla 7. Parámetros y valorizaciones para la clasificación RMR.....	35
Tabla 8. Factores de ajuste de clasificación SMR.....	38
Tabla 9. Medidas de corrección propuesta según SMR.....	40
Tabla 10. Detalle de reservas probadas probables y totales de la cantera.....	47
Tabla 11. Programa de producción propuesto para el presente plan de minado.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cantera .....	18
Figura 2. Columna estratigráfica de Cajamarca .....	20
Figura 3. Estratos de caliza de la formación Cajamarca .....	22
Figura 4. Clasificación de rocas carbonatadas .....	23
Figura 5. Ubicación Hidrográfica .....	25
Figura 6. Zonificación sísmica del Perú.....	28
Tabla 7. Mapa de clasificación de provincias según los niveles de peligro sísmico.....	29
Tabla 8. Nivel de Intensidad sísmica .....	32
Tabla 9. Corte de talud propuesto para la cantera .....	44
Tabla 10. Elementos de la cantera no metálica.....	45
Tabla 11. Corrección entre tipo de explosivo y propiedades del macizo rocoso.....	49
Tabla 12. Malla de perforación propuesta para la cantera no metálica.....	53

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022” tiene por objetivo realizar la propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica, estudiar la geología local y regional, evaluar los peligros sísmicos e hidrogeológicos, ejecutar la clasificación geomecánica y determinar el método de explotación adecuado para la cantera.

Con el plan de minado propuesto se proyecta explotar 1350 toneladas mensuales, 16200 toneladas anuales, las reservas totales ascienden a 142688 toneladas de roca caliza.

La geología de la zona en estudio está constituida por rocas calizas de color oscuro, estas yacen en forma de bancos pertenecientes a la formación Cajamarca. Los estratos están entre 55 cm a 1.20 m de espesor y están afectadas por fallas geológicas con rumbo N-E y un espesor de 12 a 15 m aproximadamente. Referente a la geomecánica el valor del RMR es de 64 lo que indica que el macizo rocoso es de buena calidad - Clase II.

Las reservas probadas son 75 264 toneladas, las probables son 67 424 toneladas con una ley de corte del 80%. La vida útil de la cantera es de 8 años y 8 meses a un ritmo de producción de 50 TM/día.

El método de explotación es a cielo abierto por banqueo ascendente, la cara del banco es de 400m, ancho de rampa 7 metros, la altura del banco 2.5 metros, ancho de banco 3m y un ángulo de banco de 46°.

**Palabras clave:** Plan de minado, productividad, cantera, caliza

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Actualmente la minería se desarrolla en un ambiente cada vez más sofisticado, debido a la mecanización para la explotación de un yacimiento, de esta manera las empresas mineras se han visto en la obligación de incrementar su producción, incorporar nuevas tecnologías en todas sus actividades, de igual forma en las condiciones de seguridad y de manera indispensable en las restricciones ambientales que día a día son más rigurosas.

La minería no metálica es una actividad económica que se dedica a la extracción de recursos minerales no metálicos que luego de un tratamiento especial se transforman en productos que por sus propiedades físicas y/o químicas pueden aplicarse a usos industriales o agrícolas. La minería no metálica trabaja generalmente de forma artesanal y sus precios en el mercado son relativamente bajos; por otro lado, la minería no metálica no es una actividad netamente extractiva ya que exporta productos con valor agregado. (ADEX, 2015)

Un producto minero no metálico se define como una roca, mineral o producto natural que, a través de un tratamiento, podría obtener un valor agregado en el mercado para usarse como materia prima o aditivos en un variado rango de manufacturas u otras industrias como la minería. La caliza es un mineral no metálico compuesto de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) también llamado calcita y en la actualidad tiene una alta demanda en diferentes sectores de la industria tales como la agricultura, la construcción y la minería en donde se utiliza como reactivo alcalino en solución acuosa. Sin embargo, gran cantidad de este producto de viene produciendo de manera artesanal y sin un plan de minado establecido (Guerrero, 2001)

La cantera no metálica en estudio opera con equipos convencionales tales como una excavadora, un cargador frontal y las perforaciones se realizan con una perforadora neumática, produciendo aproximadamente 30 Tm por día. En este contexto surge la idea de realizar una propuesta de plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022. Evidenciando las características geológicas existentes en el norte del Perú y de la formación Cajamarca se aprecia que esta formación se compone de calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas se presentan en bancos gruesos con poca presencia de fósiles.; dichos recursos se vienen extrayendo de manera irracional es decir de forma artesanal obteniendo una producción muy baja alrededor de 30TM/día. (Vásquez, 2009)

(Delgado, 2020) en su tesis titulada: “Propuesta de plan de minado en la concesión minera no metálica monte alto caserío de Shiguas, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2020”, para optar al Título Profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Privada del Norte. El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal realizar la propuesta de plan de minado para la concesión minera no metálica Monte Alto describiendo los diversos parámetros que intervienen de acuerdo a las normas vigentes; con ello se busca analizar la geología regional y local de la zona de estudio; del mismo modo, evaluar los factores hidrológico, hidrogeológico y peligro sísmico para proponer un plan de minado, con la ayuda de la clasificación del macizo rocoso y de este modo determinar un método apropiado para la explotación de la concesión minera no metálica Monte Alto.

El tipo de investigación es no experimental, de carácter transversal y de nivel descriptivo. En la población se considera todas las concesiones no metálicas que operan en el caserío Monte Alto distrito de Bambamarca. Se concluye:

- La geología de la zona está constituida por material sedimentario perteneciente a la Formación Cajamarca, que está constituida de secuencias calcáreas del Cretáceo Superior, cuya potencia está determinada hasta los 400 metros. En cuanto a la geomecánica según el RMR es una roca de buena calidad.
- En el ámbito hidrogeológico se concluye que por el área de estudio pasa la quebrada Shiguas la cual vierte sus aguas al río Arascorque, además la zona esta influenciada por un acuífero kárstico.
- La clasificación RMR del macizo rocoso arroja un valor de 56; en tanto el factor de seguridad realizado tiene un valor de 6.
- El método de explotación es a cielo abierto mediante bancos ascendentes, la cara del banco es de 600, el ancho de vía 6 metros, la pendiente de vía debe tener 10%, 2 metro de ancho de banqueteta y la altura del banco debe ser 2 metros. El factor de seguridad es mayor a 6 por lo cual se descarta fallas circulares.

(Aguirre Torres, 2020) en su tesis titulada " Plan de minado para mejorar la productividad de la cantera de yeso El Tablazo 41 de San Pedro de Mórrope", para optar al Título Profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad César Vallejo. El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal proponer un plan de minado que determine la secuencia ordenada de explotación para mejorar la productividad en la cantera de yeso El tablazo 41 de San Pedro de Mórrope.

Para ello se realizó la identificación de la geología regional y local; cálculo de reservas, asimismo identificar las operaciones unitarias y determinar el método de explotación de la cantera y finalmente determinar la utilidad obtenida por la cantera de yeso El Tablazo 41. El tipo de investigación del estudio fue cuantitativa con diseño descriptivo –propositivo; como población del estudio se consideraron las canteras de la Comunidad Campesina San Pedro de Mórrope ubicada en el distrito de Mórrope. Se concluye:

- La propuesta de Plan de minado es factible porque permite proponer actividades que generen rentabilidad a la comunidad y al trabajador logrando un aumento de producción de 590m<sup>3</sup>.
- Una vez realizado el cálculo se determinó la existencia de reservas probadas fueron de 142 747.15m<sup>3</sup> de yeso y las probables fueron de 475 824.72m<sup>3</sup>.
- Al proponer un método explotación semi-mecanizado se implementará maquinarias donde la inversión realizada en el alquiler de un cargador frontal, con capacidad de cuchara de 3.5 m<sup>3</sup> beneficiaria a la comunidad aumentando su producción diaria a 950 m<sup>3</sup>.
- Se evaluó la utilidad analizando los ingresos y egresos se pudo concluir que tras la aplicación de la propuesta de mejora para la explotación es de S/1,765,300.00.

## 1.2. Formulación del problema

¿Será factible la propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca, 2022?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Realizar la propuesta de un plan de minado para Incrementar la productividad en una cantera no metálica considerando los diversos parámetros de acuerdo a las normas vigentes.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar la geología regional y local de la cantera no metálica.
- Evaluar los peligros sísmicos, factores hidrológicos e hidrogeológico para proponer un plan de minado.
- Ejecutar la clasificación del macizo rocoso de la cantera en estudio.
- Determinar el método adecuado de explotación de la cantera.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022 es factible.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Realizando el estudio geológico se logrará distinguir la geología regional y local de la cantera.

- Al realizar la evaluación de los diversos factores se logrará conocer los peligros sísmicos, estudios hidrológicos e hidrogeológico para proponer un plan de minado.
- La caracterización geomecánica será importante para conocer la clasificación del macizo rocoso de la Cantera.
- El método propuesto de explotación a cielo abierto mediante bancos ascendentes es el más adecuado ya que aumentara la producción de la cantera en estudio.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

(Montano, 2021) define a la investigación no experimental como aquella que se realiza a través de la observación, sin intervenir o manipular el objeto estudiado, o tratar de controlar las variables de una situación observada y lo clasifica de la siguiente manera:

- a) Investigación Longitudinal
  - Investigación Longitudinal de tendencia: analiza determinadas variables generales en una población a lo largo del tiempo.
  - Investigación longitudinal de análisis evolutivo: se enfoca en subgrupos de una población y su evolución en el tiempo.
  - Investigación longitudinal de panel: Se caracteriza porque a lo largo del tiempo se evalúan los mismos individuos del subgrupo elegido.
- b) Investigación transversal

- Transversal exploratoria: la investigación se comienza sin una hipótesis previa y con el objetivo de recoger información inicial.
- Transversal descriptiva: también llamada transeccional descriptiva se levanta toda la información pertinente al objeto en estudio tal y como está en un momento dado; esto implica registrar todos los datos de un grupo o área determinada.
- Transversal correlacional o causal: se estudian características comunes entre dos o más variables, que puede ser de causa y efecto, o de correlación.

Vista la información anterior se afirma que la presente investigación es del tipo no experimental, de carácter transversal y de nivel descriptivo.

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **Población**

Una cantera en Cajamarca

### **Muestra**

2 hectáreas de explotación de una cantera no metálica en Cajamarca.

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

### **2.3.1. Técnicas**

- Revisión bibliográfica
- Visita insitu
- Archivos digitales
- Observación directa
- Manuales técnicos
- Tesis realizadas con anterioridad

- Estudios geotécnicos y geológicos preexistentes
- Tomas fotográficas
- Factor de seguridad y SMR

### 2.3.2. Instrumentos

- Geocatmin
- Repositorio UPN
- Clasificación de estabilidad según SMR
- Hoja de cálculo del factor de seguridad
- Caracterización geomecánica acorde al factor de seguridad
- Clasificación del factor de seguridad por la orientación de las juntas
- Parámetros de diseño de métodos de explotación a cielo abierto

### 2.4. Procedimiento

- **Primera etapa**

Se realizó la búsqueda de información mediante revisión bibliográfica, artículos, papers e informaciones afines al trabajo.

- **Segunda etapa**

Se realizó la integración de la información contrastando minuciosamente datos teóricos y opiniones. En esta etapa se logró concretar con claridad la estructura de la tesis.

- **Tercera etapa**

Se realizó la obtención de la data de campo

- **Cuarta etapa**

Consiste en el trabajo de gabinete, realizando la utilización de la data de campo, características socioeconómicas, características físicas y químicas de la actividad de la cantera.

- **Quinta etapa**

Realizando los pasos anteriores se logró concretar la investigación con ello la entrega final de la tesis.

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

### **3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

#### **3.1.1. Ubicación Geográfica, límites y política del proyecto**

La cantera en estudio se encuentra ubicada en la región Cajamarca en el sector el Mayopata distritos Baños del inca, provincia y región Cajamarca, dentro de la carta nacional Código (15 – G) en la hoja 17. La concesión comprende una extensión de 2 hectáreas.

#### **3.1.2. Ubicación geográfica de la cantera**

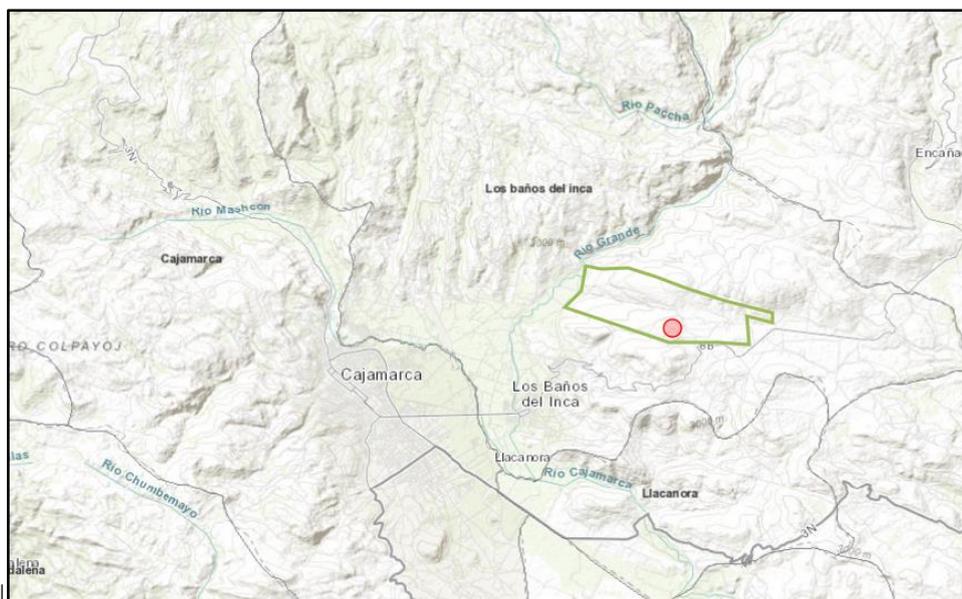
Geográficamente la cantera se ubica en el sector Mayopata, distrito de los Baños del inca, provincia y región Cajamarca en la zona Norte del Perú. La topografía se caracteriza por tener un relieve accidentado y se encuentra entre 2515 a 2520 m.s.n.m. El área del proyecto se localiza entre zonas de pendientes que van de 0% que representan relieves planos hasta pendientes de 70% que representan relieves de pendientes empinadas a muy empinadas. A continuación, se muestra las coordenadas UTM de los vértices de la cantera.

**Tabla 1.**

*Vértices de la cantera no metálica*

VERTICE	Coordenadas UTM WGS84		AREA
	Norte	Este	
1	9211579.42	782069.52	2 Ha
2	9212067.94	782352.09	
3	9212263.01	782865.47	
4	9212080.93	784254.34	
5	9211671.69	784968.34	
6	9211072.45	785107.30	
7	9211513.88	782842.35	

*Fuente: elaboración Propia*



**Figura 1.** *Ubicación de la cantera no metálica*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.3. Área de explotación

Las actividades de explotación del proyecto se realizarán dentro de la Concesión Minera no metálica: “W.V. CORDILLERA SEKAI SRL”. El área efectiva del proyecto está determinada en función de la ubicación del tajo de explotación e instalación de los componentes, vías de acceso, etc.

## 3.2. VÍAS DE ACCESO

La cantera no metálica se ubica a 7.5 km de la ciudad de Cajamarca. A continuación, se muestra el acceso a la Cantera tomando como referencia la ciudad de Lima.

**Tabla 2.**

*Vías de acceso de la cantera*

<b>RUTA</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Tipo de vía</b>
Lima – Cajamarca	859.6	Asfaltado
Cajamarca – Cantera	7.5	Asfaltado
Total	867.1	-----

## 3.3. DESCRIPCIÓN DE LA GEOLOGÍA DE LA CANTERA

### 3.3.1. Geología regional

A continuación, se muestra la columna estratigráfica con la descripción de las diversas unidades de formación, presentes en el área de estudio.

Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022.

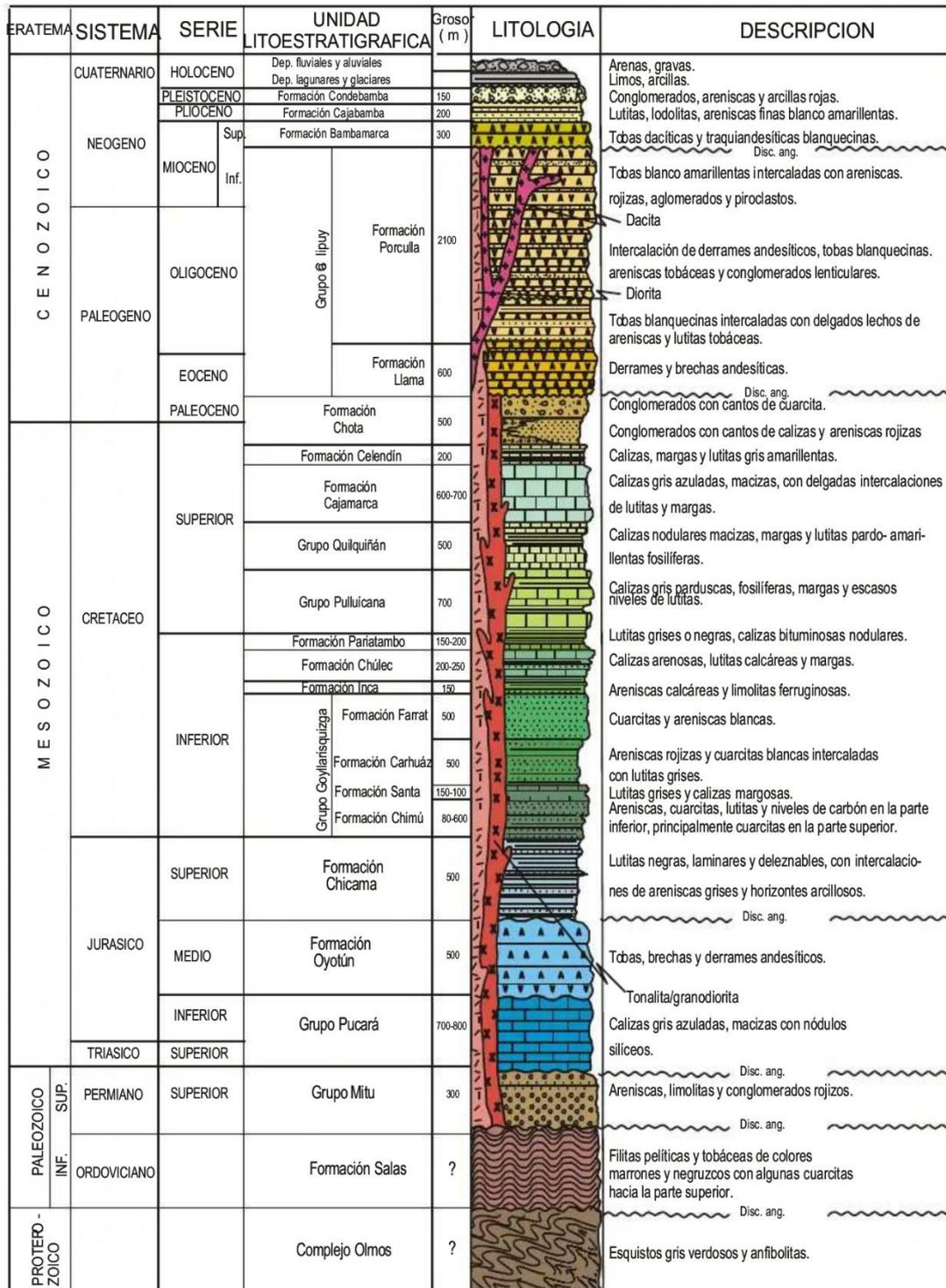


Figura 2. Columna estratigráfica de Cajamarca

Fuente: Instituto geológico, minero y metalúrgico INGEMMET

**Tabla 3.**

*Descripción de las unidades geológicas de la cantera*

<b>Código</b>	<b>Descripción de la geología</b>	<b>Litología</b>
Ks –ca	Formación Cajamarca	Calizas potentes

### **3.3.2. Descripción de las unidades litoestratigráficas**

La formación Cajamarca, fue nombrada por BENAVIDES (1956), comprende parte de las secuencias calcáreas del Cretáceo superior que destaca topográficamente, gracia a su homogeneidad litológica y la presencia de bancos gruesos y duros, cuyos afloramientos exhiben una topografía kárstica con fuertes pendientes y en muchos casos barrancos de paredes inaccesibles. El grosor varía entre los 600 m. a 700 m. Esta unidad se muestra sobre el Grupo Quilquiñán y con la misma relación subyace a la formación Celendín respectivamente.

Está formado por calizas gris oscuras o azuladas y macizas, con delgadas capas de lutitas y margas de los mismos colores. Las primeras se presentan en gruesos bancos con escasos fósiles, a diferencia de las segundas que sí contienen abundante fauna.

El afloramiento de la formación Cajamarca yacen a partir de las fuentes hídricas del Criznejas y San Jorge, de donde se propagan hacia el norte.

Generalmente ocupan las partes más altas de la región y conforman largos sinclinales, tal como sucede en los cerros Chontayac y Huauguen, en el norte de la hacienda Sunchubamba y en la Pampa de la Culebra respectivamente.

### 3.3.3. Geología local

La litología de la cantera está conformada por calizas de color oscuro, estas yacen en forma de bancos pertenecientes a la formación Cajamarca. Los estratos están entre 55 cm a 1.20 m de espesor, así mismo están afectadas por fallas geológicas de rumbo N-E con un espesor de 12 a 15 m aproximadamente.



**Figura. 3** Estratos de caliza de la formación Cajamarca

*Fuente: elaboración propia*

### 3.3.4. Geología económica

Teniendo en cuenta la clasificación textual de Folk (1959) la geología económica está conformado por caliza micrítica ya que posee una composición carbonatada ( $\text{CaCO}_3$ ) este tipo de caliza tiene un porcentaje de carbonato de calcio superior al 80 %.

prefijo raíz sufijo		CALIZAS, CALIZAS DOLOMITIZADAS Y DOLOMITAS PRIMARIAS			CALIZAS NO CLÁSTICAS	REEMPLAZAMIENTO DE DOLOMITAS		
aloquímico	cemento	Aloquímicos vs. Matriz			Clase IV	Clase V		
ej:	Bio mic rudita	> 10% Aloquímicos			< 10% Aloquímicos			
	Fósiles matriz textura gruesa	Cemento vs Matriz			ROCAS			
	Intra esp. tía	Cemento > Matriz	Cemento < Matriz	MICROCISTALINAS				
	Intraclastos cemento textura fina	Clase I		Clase II		Clase III		
Composición aloquímica	> 20% Intraclastos	INTRAESPARRUDITA (Conglomerado intraformacional)		MICRITA Y DOLOMICRITA (Calclitita)				
		INTRAESPATITA (Calcarenita lítica)		INTRAMICRITA				
	> 25% de Oolitas	OESPARRUDITA (Fisilita)		OOMICRUDITA				
		OESPATITA (Biocalcarenita oolítica)		OOMICRITA				
	< 25% de Intraclastos	Fósiles vs. Pellets	3:1	BIOESPARRUDITA (Coquina)	BIOMICRUDITA (Caliza coquinoide)			
			3:1 a 1:3	BIOESPATITA (Biocalcarenita)	BIOMICRITA (Calclitita fosilífera)			
1:3		PELESPATITA Pelesp	PELMICRITA (Calclitita de pellets)					
Equivalencia con Durham		Grainstone	Packstone	Wackestone	Mudstone	Bedstone		
							Fantasma de Aloquímicos	
							Sin fantasmas de Aloquímicos	
							DOLOMITA INTRACLÁSTICA	
							DOLOMITA OOLÍTICA	
							DOLOMITA BIOGENÉTICA	
							DOLOMITA DE PELLETS	
							DOLOMITAS GRUESAS, MEDIAS Y FINAMENTE CRISTALINAS	

Figura 4. Clasificación de rocas carbonatadas

Fuente: Folk (1959)

### 3.3.5. Clima y meteorología

Los distintos parámetros climáticos que definen o caracterizan el clima de un área determinada son los siguiente: temperatura, precipitación, humedad relativa

y evaporación; todos los mencionados son de gran importancia en cuanto a la caracterización de la cantera. Estos parámetros están administrados por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI)

### **3.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

#### **Cuenca hidrográfica**

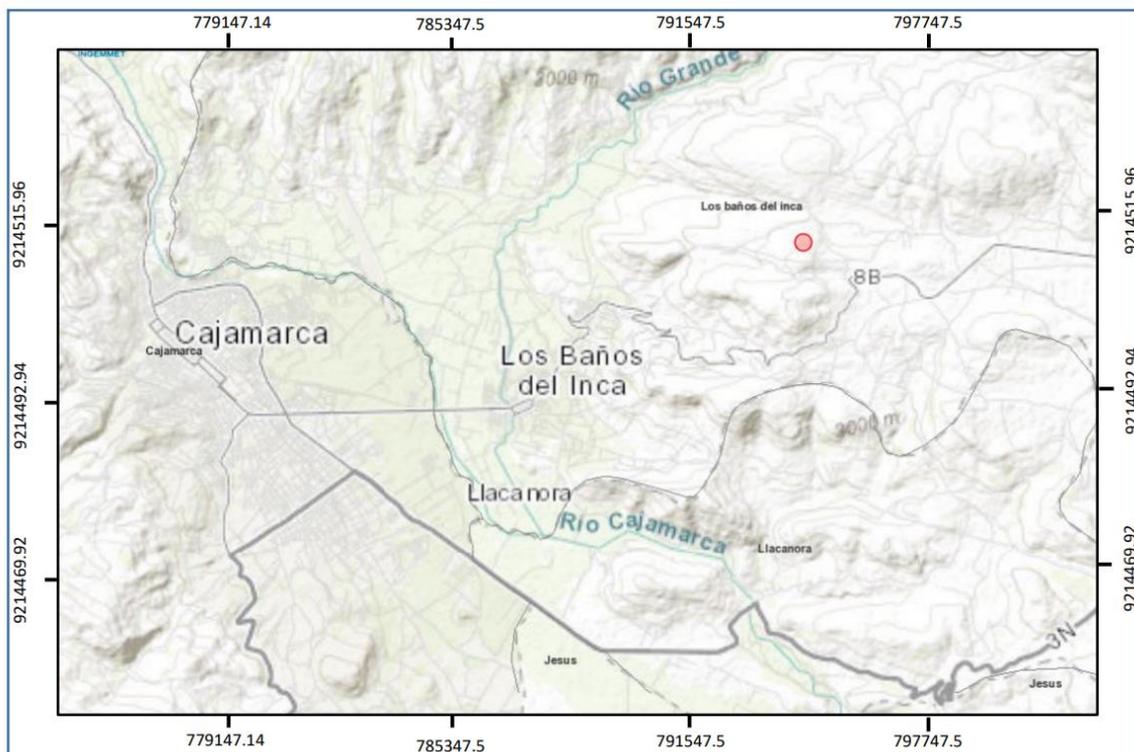
La cuenca hidrográfica se define a un espacio geográfico que está limitado por las líneas de cumbre de las cordilleras y ondulaciones geográficas, inclinadas, laderas o pequeñas pendientes que unen al flujo del agua de la lluvia hacia un solo curso o fuente, formando una quebrada un río, una laguna, un lago o un mar respectivamente.

El lugar donde se realizará la explotación se encuentra cerca del rio grande que escurre sus aguas al rio cajamarquino, ver anexo 3.

#### **Características de la cuenca**

#### **Ubicación y extensión**

Cerca del área en estudio se encuentra ubicado la cuenca del rio grande que en épocas de lluvia octubre marzo el caudal es considerable mientras que en los meses de abril hasta septiembre el caudal disminuye.



**Figura 5.** *Ubicación hidrográfica de la concesión*

*Fuente: propia*

### **3.4.1. Estudio hidrogeológico**

La cantera en estudio y el área efectiva de explotación, presenta en toda su extensión parte de un acuífero fracturado - kárstico en rocas calizas del tipo sedimentarias de la formación Cajamarca. Mapas temáticos (hidrogeología de la concesión). Ver Anexo 4

**Tabla 4.**

*Descripción de las unidades hidrogeológicas de la cantera no metálica*

Clasificación hidrogeológica		Unidades estratigráficas
Acuífero fracturado - Kárstico	Sedimentario	Formación Cajamarca

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Descripción de las unidades hidrogeológicas

El acuífero fracturado - kárstico de la formación Cajamarca pertenece al periodo cretácico superior y posee características insitu como huellas de disolución y alto grado de fracturamiento.

## 3.5. PELIGRO SÍSMICO

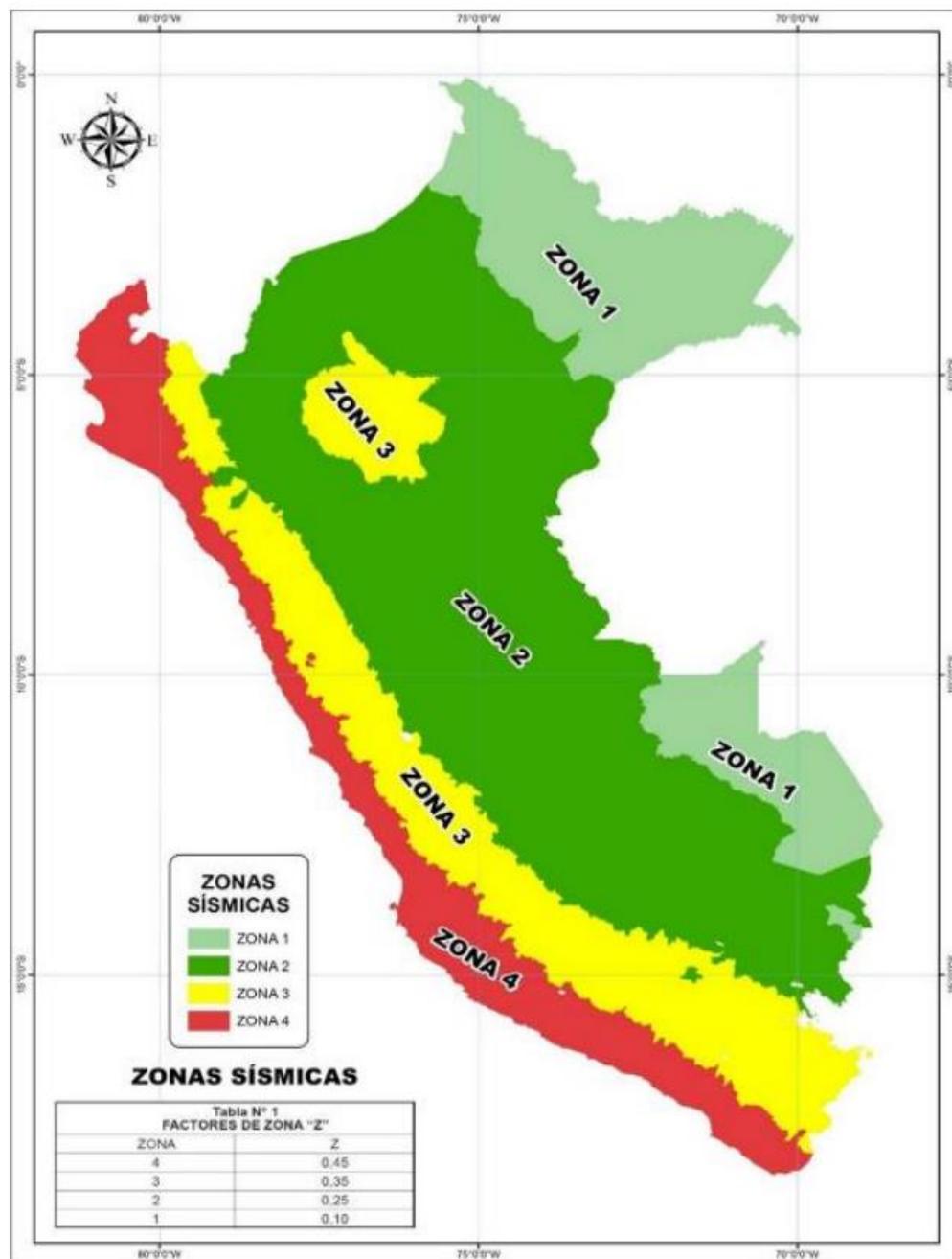
### 3.5.1. Geodinámica interna

El Perú se ubica en la franja de fricción de movimiento relativo entre dos placas tectónicas: por un lado, la placa sudamericana que comprende desde la fosa marina de Perú y Chile y por otro lado la placa de Nazca que ocupa parte del subsuelo del océano pacífico, se extiende desde Panamá hasta el sur de Chile. Por esta razón el Perú es considerado una zona de frecuente actividad sísmica.

### **3.5.2. Zonificación sísmica**

Según la última versión elaborada por la consultoría de Aspectos Físicos-Especiales para la Estrategia de Reducción de Riesgos muestra 3 zonas de actividad sísmica, las mismas que presentan características que van desde la mayor a menor intensidad.

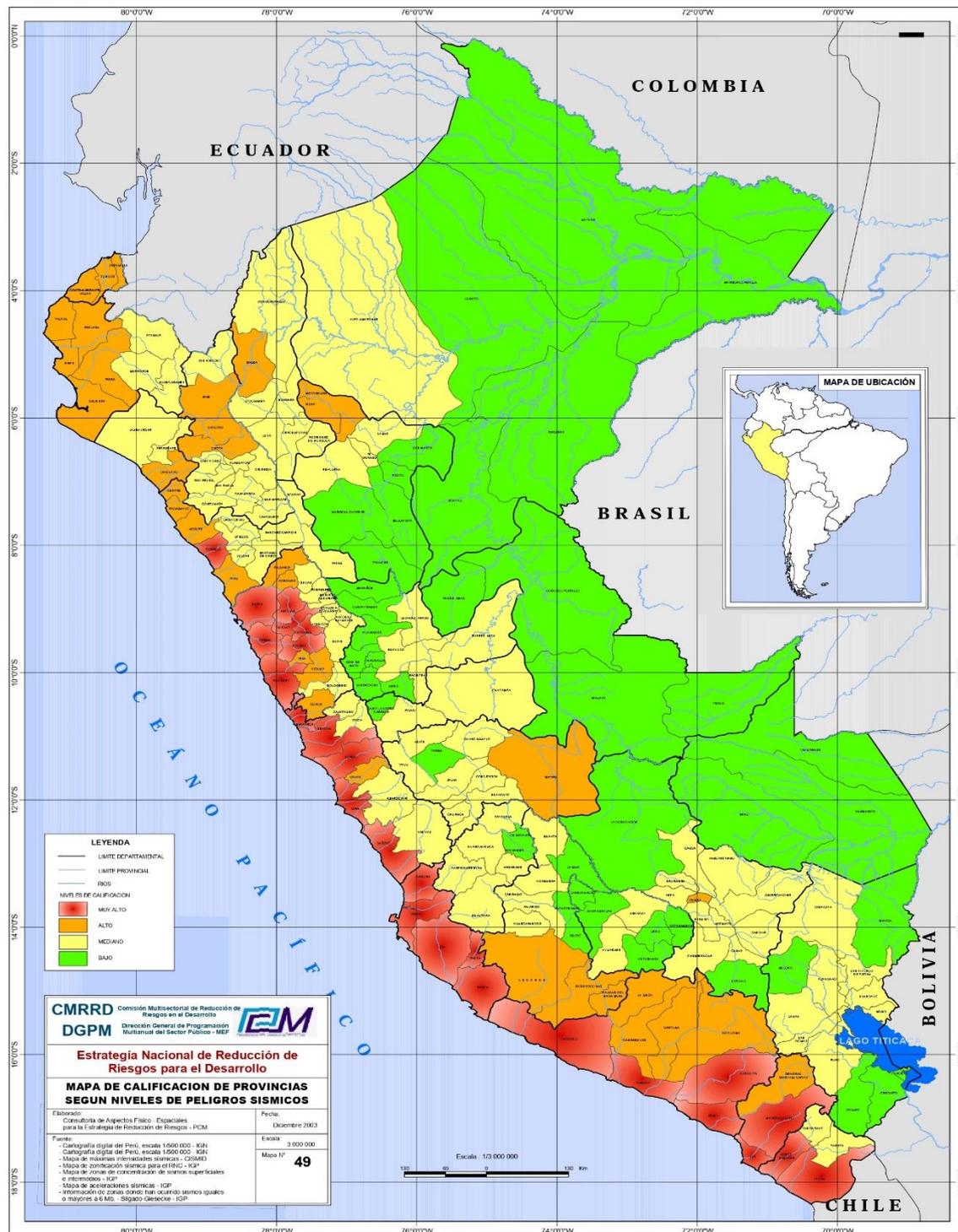
La concesión minera en estudio se encuentra en la Zona III y se caracteriza por tener una sismicidad media.



**Figura 6.** Zonificación sísmica del Perú

*Fuente: Cartografía digital del Perú, escala 1/500 000 – IGN y Atlas de Peligros*

*Naturales del Perú – INDECI*



**Figura 7.** Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos

Fuente: Consultoría de Aspectos Físico – Espaciales para la Estrategia de Reducción de Riesgos – PC

### 3.5.3. Intensidad sísmica

La intensidad sísmica se mide por el grado de daños a las construcciones construidas por el humano, el número de perturbaciones en la superficie del suelo

La intensidad sísmica mide cualitativamente los efectos de un terremoto y delimita las áreas con efectos similares. La primera escala de intensidad en los tiempos modernos fue desarrollada por Rosi, de Italia, y Florel, de Suiza, en el año 1880. Esta escala que todavía es utilizada algunas veces para describir un terremoto tiene un intervalo que van desde I a X. Una escala más refinada, con 12 valores, fue construida en 1902 por el sismólogo y vulcanólogo italiano Mercalli, llamada escala de intensidad Mercalli modificada abreviada. La valoración de la intensidad sísmica es mediante una escala descriptiva, no depende de la medida del movimiento del suelo con instrumentos, sino que depende de las observaciones reales de los efectos en la zona macrosísmica, de acuerdo al Mapa la cantera no metálica se ubica en un nivel IV de intensidad sísmica.

**Tabla 5.**

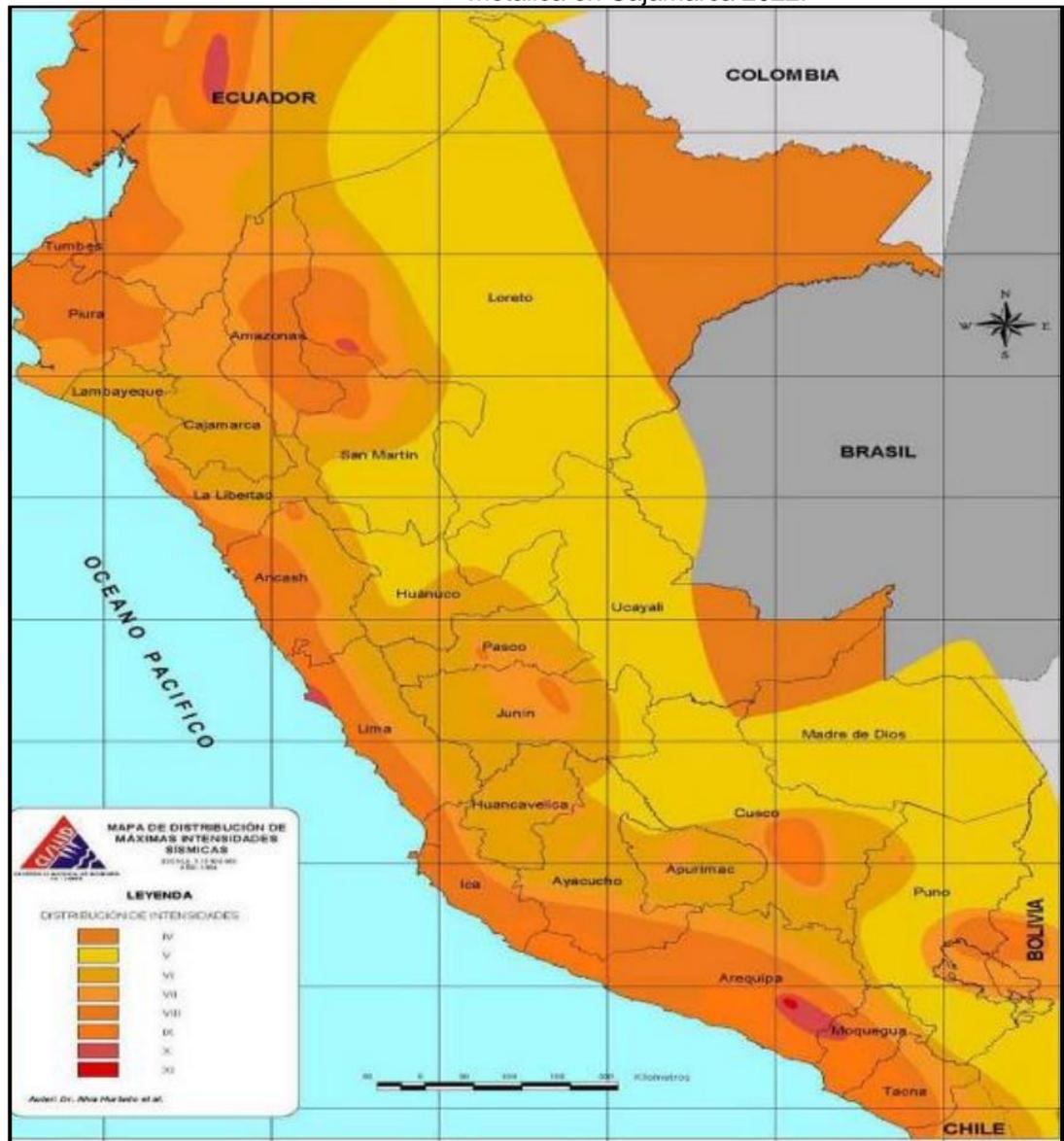
*Niveles de intensidad sísmica de la cantera no metálica*

GRADO (MM)	DESCRIPCION
IV fuerte	Movimiento sentido por todo el país, muebles son sacudidos cambiado de posición provocando daños leves en viviendas de material rustico.

Fuente: Elaboración propia

En el área de estudio la aceleración máxima de la fuerza sísmica a considerar para el período de retorno de 100 años corresponde a 0.33 cm/seg<sup>2</sup>, este valor es utilizado para el análisis de estabilidad dinámica.

Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022.



**Figura 8.** Nivel de intensidad sísmica de la concesión minera

Fuente: elaboración propia

#### **3.5.4. Intensidad sísmica máxima**

La intensidad sísmica máxima también se le conoce como escala de magnitud local. Es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar la energía producto de un terremoto, denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Richter (1900-1985).

Richter definió la magnitud de un evento local como el logaritmo en base a diez de

la amplitud máxima de una onda sísmica registrada en un sismógrafo patrón (Wood - Anderson o su equivalente) a una distancia de 100 kilómetros del epicentro del terremoto.

**Tabla 6.**

*Escala de Richter*

<b>MAGNITUD DE ESCALA DE RICHTER</b>	<b>EFFECTOS DEL TERREMOTO</b>
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero si es registrado.
3.5 – 5.4	A menudo se siente, pero causa daños menores
5.5 – 6.0	Ocasiona daños ligeros a estructuras
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos al área donde habita gente.
7.0 – 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mas	Gran terremoto. destrucción a gran escala

Fuente: Instituto Geológico Minero

### **3.6. Estudio geomecánico y geotécnico**

La caracterización geomecánica del macizo rocoso de la cantera no metálica en estudio se realizó con los datos consignados en campo y fueron procesados utilizando el método de BIENIAWSKI (1989) y el método SMR de Romana (1995) para determinar la estabilidad del talud.

**Tabla 7.**

*Parámetros y valoraciones para la Clasificación RMR (Bieniawski, 1989)*

RMR BÁSICO = $\sum$ VALORACIONES								
1-Resistencia de la matriz rocosa	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple (MPa)		
	Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-1	5-1	<1
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2-RQD	Valor	90%-100%	75%-90%	50%-75%		25%-50%	<25%	
	Puntuación	20	17	13		8	5	
3-Separación entre diaclasas	>2m	0.6-2m	0.6-0.2m	0.2-0.06m		<0.06m		
	20	15	10	8		5		
4-Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m		10-20m	>20	

Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022.

	Puntuación	6	4	2	1	0
	Abertura	0mm	<0.1 mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm
	Puntuación	6	5	4	1	0
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
	Puntuación	6	5	3	1	0
	Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm
	Puntuación	6	4	2	2	0
	Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
	Puntuación	6	5	3	1	0
5-Agua subterránea	Caudal por 10m de túnel	Nulo	<10litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	>125 litros/min

	Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
	Puntuación	15	10	7	4	0

*Fuente: Elaboración Propia*

La **Tabla 7** muestra los parámetros considerados para la caracterización RMR del macizo rocoso de la cantera en estudio y sus respectivas valoraciones, realizando la sumatoria se obtiene un valor de 64 lo que indica que el macizo rocoso es de buena calidad - Clase II.

**Tabla 8**

*Factores de ajuste de la Clasificación SMR (Romana, 1985)*

<b>SMR = RMR<sub>b</sub> + (F1 x F2 x F3) + F4 (ROMANA, 1985)</b>					
Factores de ajuste de las juntas (F1, F2, F3)	$\alpha_j$ = dirección de buzamiento de la junta $\alpha_s$ = dirección de buzamiento del talud $\beta_j$ = buzamiento de la junta $\beta_s$ = buzamiento del talud				
	Muy Favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy Desfavorable
Rotura plana $ \alpha_j - \alpha_s  =$ vuelco $ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ  =$	$>30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$<5^\circ$
Valores	0.15	0.4	0.7	0.85	1
Rotura plana/vuelco $ \beta_j  =$	$<20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$36^\circ - 45^\circ$	$>45^\circ$
Valores	0.15	0.4	0.7	0.85	1
Rotura plana $\beta_j - \beta_s =$	$>10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< (-10^\circ)$
Vuelco $\beta_j + \beta_s =$	$<110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$>120^\circ$	-	-

Valores	0	-6	-25	-50	-60
Factor de ajuste por el método de excavación	F4 = valores empíricos establecidos para cada método de excavación				
	Talud Natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
	15	10	8	0	-8

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 8 muestra los factores de ajuste de la clasificación SMR, tomando como datos de entrada una dirección de buzamiento de la junta ( $\alpha_j$ ) de  $46^\circ$  y una dirección de buzamiento del talud ( $\alpha_s$ ) de  $25^\circ$ , del mismo modo para el ajuste se considera una posible rotura plana, en cuanto al método de excavación se considera una excavación mecánica de los taludes con voladuras poco cuidadas por ello el método no mejora ni empeora la estabilidad  $F4=0$ . Realizando el cálculo de SMR se obtiene un valor de 58 lo que nos indica que la estabilidad en el talud es buena y que necesita un tratamiento preventivo periódico por ejemplo mediante zanjas y vallas de pie.

**Tabla 9**

*Medidas de corrección propuestas según el SMR*

VALORES DEL SMR PARA CADA FORMA DE ROTURA (EMPÍRICOS)																	
Roturas planas			Muy grandes				Importantes				Ninguna						
Roturas en cuña							Muchas				Algunas	Muy pocas	Ninguna				
Roturas por vuelco							Importantes		Menores				Ninguna				
Roturas completas		Posibles										Ninguna					
SMR	0	10	15	20	30	40	45	50	55	60	70	75	80	90	100		
Reexcavación	Reexcavación, Muros																
	de contención																
Drenaje			DRENAJE SUPERFICIAL														
			DRENAJE PROFUNDO														

Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022.

Hormigon					HORMIGÓN PROYECTADO						
					HORMIGÓN DENTAL						
					CONTRAFUERTE y/o VIGAS						
					MUROS DE PIE						
Refuerzo					BULONES						
					ANCLAJES						
Protección						ZANJA DE PIE					
						VALLAS (DE PIE O DE TALUD)					
						REDES y/o					
						MALLAS (DE TALUD)					
Sin sostenimiento										SANEAMIENTO	
										NINGUNO	

**MÉTODOS DE SOSTENIMIENTO SUGERIDOS**

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 9 muestra los valores para cada forma de rotura, para el caso de la cantera no metálica en estudio al tener una valoración de SMR de 58 vemos que presenta importantes roturas planas, presencia de cuñas, roturas por vuelco menores y baja posibilidad de roturas completas, por lo que se sugiere realizar zanja de pie y valla de taludes como medida preventiva.

### **3.7.Método de explotación**

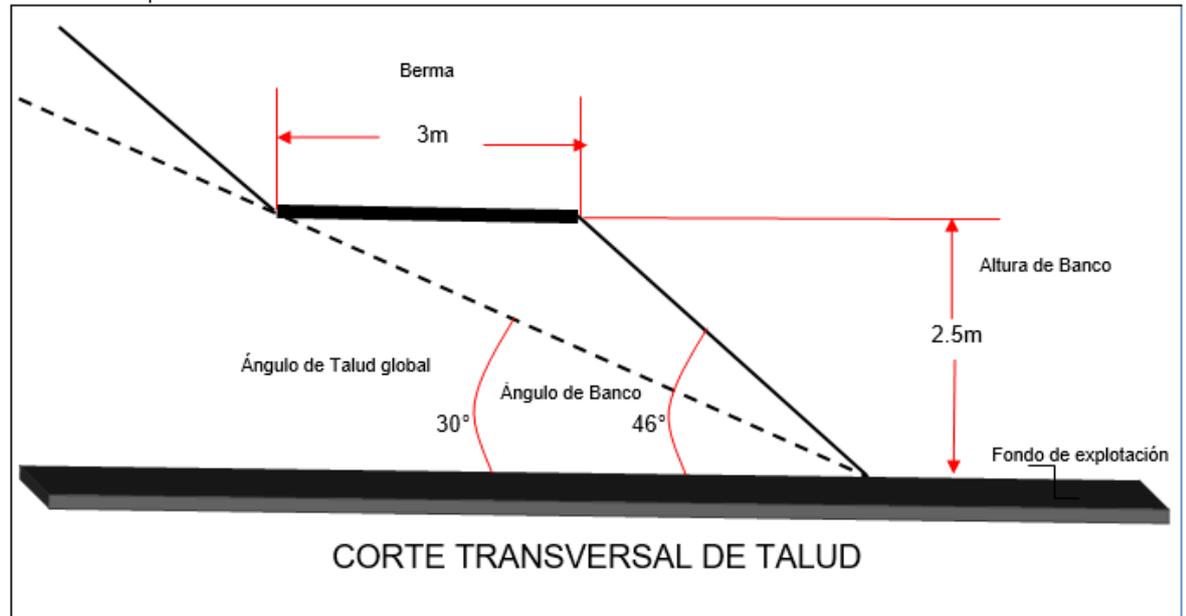
Para el presente plan de minado se propone el método de explotación a tajo abierto; mediante banqueo descendente ya que la cantera presenta una cobertura de material estéril de pequeñas proporciones (2.5m) y además porque el volumen de roca caliza rentable es grande. Para el diseño de la cantera se tomaron en cuenta los siguientes parámetros que se detallan a continuación:

- Angulo Global:30°
- Angulo de banco: 46°
- Ángulo final de talud: 25°
- Numero de bancos: 5
- Altura de bancos: 2.5m
- Ancho de bancos: 3m
- Ancho de berma: 3m
- Ancho de Rampa: 7m
- Altura final del tajo: 15m
- Cota mínima explotable: 2779 msnm
- Cota máxima explotable: 2794 msnm

**Figura 9**

*Corte de talud propuesto para la cantera no metálica en Cajamarca 2022.*

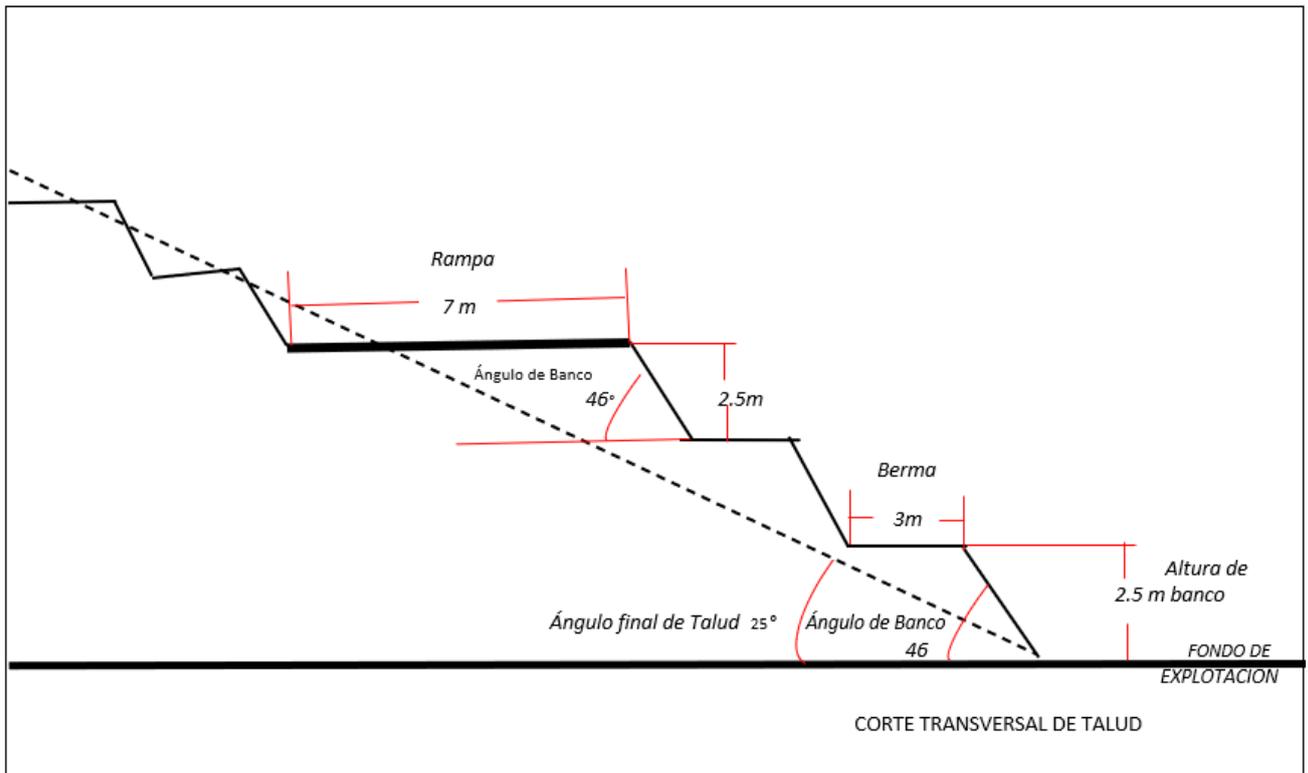
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 10**

*Elementos de la cantera no metálica propuestos en el presente plan de minado.*

Fuente: Elaboración Propia



### 3.7.1. Cálculo de reservas probadas

Las reservas minerales fueron calculadas tomando como referencia a las dimensiones existentes en la cantera, excavaciones y zanjas; en cuanto a la ley se tomó en cuenta los resultados arrojados de un muestreo insitu de la cantera en estudio. En lo referente al área superficial de la cantera se consideró una hectárea de la concesión.

Datos:

- Área superficial de la cantera no metálica: 7000 m<sup>2</sup>
- Potencia del mineral: 6 m
- Densidad de roca caliza: 2.24TM/m<sup>3</sup>

**Cálculos:**

- Volumen de mineral de la cantera:  $7000 \text{ m}^2 * 6 \text{ m}$
- Volumen de mineral de la cantera:  $42\,000 \text{ m}^3$
- Peso en toneladas de la cantera:  $42000 \text{ m}^3 * 2.24 \text{ TM/m}^3$
- Peso en toneladas de la cantera:  $94\,080 \text{ TM}$
- Material útil 80 %:  $75\,264 \text{ TM}$

**3.7.2. Reservas probables**

El tonelaje y la ley son calculados parcialmente en base de proyecciones hechas para un área y profundidad razonables sobre evidencia geológica existente.

Datos:

- Potencia del mineral :13m
- Área Superficial de la Cantera :7000m<sup>2</sup>
- Densidad de roca caliza: 2.7 TM/m<sup>3</sup>

Cálculos

- Volumen de mineral de la cantera:  $7\,000 \text{ m}^2 * 13 \text{ m}$
- Volumen de mineral de la cantera:  $91\,000 \text{ m}^3$
- Peso en toneladas de la cantera:  $91\,000 \text{ m}^3 * 2.24 \text{ TM/m}^3$
- Peso en toneladas de la cantera:  $203\,840 \text{ TM}$
- Material útil 70 %:  $142\,688 \text{ TM}$

**Reservas Probables:  $142\,688 \text{ TM} - 75\,264 \text{ TM} = 67\,424 \text{ TM}$**

**Tabla 10**

*Detalle de reservas probadas, probables y totales de la cantera no metálica Cajamarca-2022*

<b>Reserva Probadas</b>	<b>Reservas Probables</b>	<b>Reservas Totales</b>
75 264 TM	67 424 TM	142 688TM

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11**

*Programa de producción propuesto para el presente plan de minado.*

<b>Extracción de Caliza</b>			
Días Laborables/mes	Producción Diaria	Producción Mensual	Producción Anual
27	50TM/día	1350TM	16200TM

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.3. Vida útil de la cantera

El tiempo de vida útil de este proyecto en su etapa de extracción está determinado por las reservas de roca caliza y por la producción anual estimada. Las reservas totales de la cantera en estudio ascienden a 142 688 TM de roca caliza económicamente rentable y la producción diaria es de aproximadamente 50 TM/día, los cálculos son hechos proyectando 27 días laborables por mes y con una ley del 80%.

$$\text{Vida Útil} = (\text{Reservas Totales}) / (\text{Producción Anual})$$

$$\text{Vida Útil} = 142\,688\text{ TM} / 16\,200\text{TM}$$

$$\text{Vida Útil} = 8.8079$$

Vida Útil=8 años con 8 meses

#### **3.7.4. Cálculos de diseño de perforación y voladura**

Considerando el estudio geomecánico, análisis de estabilidad y las dimensiones de explotación, se considera los siguientes parámetros de perforación y voladura:

Altura de banco: 2.5 m

Diámetro de taladro: 1.2pulgada=30mm

#### **3.7.5. Cálculo de la altura crítica del banco**

La altura crítica o máxima altura que puede alcanzar un talud de suelo o roca, vertical o inclinado, sin soporte lateral se da en función del diámetro del taladro.

Así para  $\varnothing = 1.2'' = 30 \text{ mm}$

$H_{\text{CRITICA}} = 30 \text{ mm} / 15$

$H_{\text{CRITICA}} = 2\text{m}$

#### **3.7.6. Altura de banco**

En este punto la altura del banco debe ser mayor a la altura crítica de banco, como se muestra a continuación, dicho parámetro está en función directa del diámetro del taladro.

$H_{\text{Banco}} \geq H_{\text{Critica}} \geq 2 \text{ m.}$

$H_{\text{Banco}} = 2,5 \text{ m} \geq 2 \text{ m}$

#### **3.7.7. Selección de explosivo**

Los explosivos serán seleccionados considerando la resistencia del macizo rocoso y el promedio del espaciamiento de las fracturas.

**Figura 11**

*Correlación entre el tipo de explosivo y las propiedades del macizo rocoso de la cantera no metálica en estudio.*

Fuente: Lloverá J. Vásquez. (2020)



Según el estudio geomecánico la cantera no metálica presenta una resistencia a la compresión simple entre 50Mpa y 100 Mpa y un espaciamiento promedio de las fracturas menor a 1m, en tal sentido realizando la correlación en la Figura 11 vemos que se debe utilizar ANFO aluminizado o un explosivo en base de Nitroglicerina, como la Dinamita.

### 3.7.8. Sobreperforación (Sp)

La sobre perforación es igual a doce veces el diámetro del taladro

$$SP = 12 \varnothing$$

$$SP = 12 (30 \text{ mm}) = 360 \text{ mm}$$

$$SP = 0.36 \text{ m}$$

Longitud de taladro (LT)

$$LT=(H)+(SP)$$

$$LT=2.5\text{m}+0.36\text{m}$$

$$LT=2.86\text{m}$$

### 3.7.9. Cálculo de taco(T)

Es la porción del taladro que se rellena con materia inerte para confinar la carga (detritos o arcilla).

$$T = 30 * \varnothing \text{ (Para cantera)}$$

$$T = 30 * (30 \text{ mm}) = 900 \text{ mm}$$

$$T = 0.9 \text{ m}$$

### 3.7.10. Cálculo de Burden (B)

Es la distancia perpendicular desde la fila de taladros hacia la cara libre.

Calidad de roca RMR de 64.

$$B = 36 \varnothing$$

$$B = 36 \times 30\text{mm}=1080 \text{ mm}$$

$$B = 1.08 \text{ m}$$

### 3.7.11. Cálculo de espaciamiento (E)

Es la distancia que separa un taladro del otro y se determina mediante la siguiente ecuación donde KS es igual a 1 debido a que se trata de una iniciación de una secuencia con mucho retardo (López Jimeno).

$$E = K_e * B$$

$$E = 1 * B$$

$$E = 1 * 1.08 \text{ m}$$

$$E = 1.08 \text{ m}$$

### 3.7.12. Cálculo de carga de fondo (CF)

Es la columna de carga alojada en el fondo del taladro que desarrolla una gran potencia y ayuda a formar un nuevo pie de banco.

$$CF = 1.3 B$$

$$CF = 1.3 * 1.08 \text{ m}$$

$$CF = 1.4 \text{ m}$$

### 3.7.13. Carga de columna (CC)

Es la carga de explosivo alojada entre la carga de fondo y el retacado final.

$$CC = LT - (CF + T)$$

$$CC = 2.86 \text{ m} - (1.4 \text{ m} + 0.9 \text{ m})$$

$$CC = 2.86 \text{ m} - 2.3 \text{ m}$$

$$CC = 0.56 \text{ m}$$

### 3.7.14. Cantidad de explosivo por taladro (Qf)

Es la cantidad total de explosivo que se carga en un taladro, incluyendo la carga de fondo.

$$Q_f = \frac{de (3.15) \emptyset (CF)}{8}$$

Donde:

de: densidad del explosivo

Ø: diámetro del taladro

CF: longitud de carga de fondo

$$Q_f = \frac{1.5(3.15)0.30(1.4)}{8}$$

$$Q_f = 0.25Kg$$

### 3.7.15. Cantidad de explosivo en la columna del taladro (Qc)

$$Q_c = \frac{de (3.15)\varnothing(cc)}{4}$$

Donde:

de: densidad del explosivo.

Ø: diámetro del taladro

CC: longitud de carga de columna

$$Q_c = \frac{1.5 (3.15) * 0.30(0.56)}{4}$$

$$Q_c = 0.198Kg$$

### 3.7.16. Cantidad de explosivo total por taladro (Q)

$$Q = Q_f + Q_c$$

$$Q = 0.25Kg + 0.198 Kg$$

$$Q = 0.448 Kg$$

### 3.7.17. Parámetros de perforación

Altura de banco = 2.5 m

Altura de Banco Parcial = 1.7 m

Diámetro de taladro = 30 mm

Sobre perforación = 0.36 m

Longitud de perforación = 2.86 m

Burden = 1.08 m

Espaciamiento = 1.08 m

Carga de fondo = 1.4 m

Carga de columna = 0.56 m

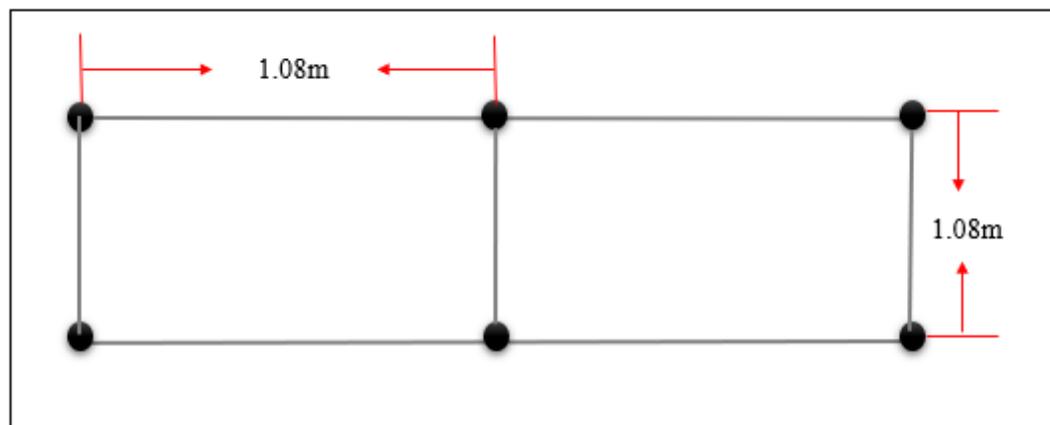
Explosivo carga de fondo = 0.25 Kg

Explosivo carga columna = 0.198 Kg

### Figura 12

*Malla de perforación propuesta para la cantera no metálica*

*Fuente: Elaboración propia*



### 3.7.18. Volumen de taladro

$$V = B \times E \times H$$

$$V = 1.08\text{m} \times 1.08\text{m} \times 2.5\text{m}$$

$$V = 2.9 \text{ m}^3/\text{taladro}$$

$$T = V \times Pe$$

$$T = 2.9 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Tn/m}^3$$

$$T = 7.25 \text{ Tn}$$

### **3.7.19. Parámetros de voladura**

Tonelaje programado por mes: 1350TM

Tonelaje por día: 50 TM

Taladros por disparo: 05 taladros

Cartuchos por taladro: 04 cartuchos

Cartuchos por disparo: 20 cartuchos

Tonelaje por taladro: 7.25 TM

Profundidad por taladro: 2.8 metros

Fulminante N° 6 por taladro: 1 unidad

Peso de cartucho de dinamita: 0.0800 kg.

Mecha de seguridad por taladro: 2.50 metros

### **3.7.20. Cálculos de explosivos por día**

Taladros por día: 05 taladros

Cartuchos por día: 20 cartuchos

1 taladro se carga: 0.45 Kg

Fulminantes por día: 05 fulminantes

Mecha lenta: 10 metros por día

## **3.8. Reglamento interno de seguridad y salud ocupacional (RISST)**

Dando cumplimiento a lo estipulado en la Ley 29783 Ley de Seguridad y

Salud en el Trabajo; su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N.º 005-

2012-TR y el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería

aprobado por Decreto Supremo N° 024-2016-EM y su modificatoria Decreto

Supremo N°023-2017-EM;es expedido el presente Reglamento Interno de

Seguridad y Salud en el Trabajo (RISST) para el plan de minado propuesto

en la cantera no metálica en Cajamarca; con ello se busca promover la

cultura de la seguridad dentro del trabajo y velar por la integridad de los

recursos tanto humano como material.

### **Objetivos**

- Minimizar los riesgos laborales
- Concientizar a los trabajadores sobre la seguridad en el trabajo
- Facilitar a los EPP a los trabajadores.
- Desarrollar un ambiente de trabajo seguro

### **Actividades**

- Charla de cinco minutos antes de cada jornada.
- Capacitación del personal sobre los peligros y riesgos existentes en el lugar de trabajo. (agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos)
- Implementación de la herramienta IPERC
- Permiso Escrito para Trabajos de Alto Riesgo (PETAR)
- Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS)
- Señalización de las áreas de trabajo y código de colores según la normativa.
- Inspecciones periódicas
- Plan de evacuación en caso de emergencias.
- Control de emisiones de gases tóxicos (según los LMP del MINAM)

- Los trabajadores están en la obligación de usar los EPP correspondientes en cada actividad según corresponda y la empresa está obligada a facilitar dichos implementos de seguridad en buenas condiciones.
- Los trabajadores tienen la obligación de asistir a todas las capacitaciones programadas.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

La Geología regional de la cantera en estudio se realizó con la finalidad de poder identificar que depósitos existen, en la Figura 2, se aprecia la litología del proyecto que consta de calizas de grano fino gris oscuras con concentraciones de calcita bien cristalizada, intercaladas con margas modulares en bancos uniformes pertenecientes a la Formación Cajamarca. Los estratos de calizas varían de 55 cm. hasta 1.20 m. de espesor.

El cálculo de reservas se le llevó a cabo para cuantificar las reservas probadas y probables como lo indica la tabla 8 de ello se deduce que la cantera tendrá una vida útil de 06 años y 5 con una producción diaria de 40 TM, producción mensual de 880 TM y producción anual de 10560 TM.

Se propone un plan de minado a tajo abierto por el método de banqueo descendente dado que la cantera presenta una cobertura de material estéril de pequeñas proporciones (2.5m) de espesor y además porque el volumen de roca caliza rentable es grande. El diseño de la cantera tendrá un ángulo global de 30°. ángulo banco de 46° y ángulo de talud final de 25°. Según (Herbert, 2006) en su estudio “Métodos de minería a cielo abierto” indica que para yacimientos tumbados y con recubrimientos de estéril menores se aplica el método de descubiertas el cual consiste en un avance unidireccional de un módulo con un solo banco realizando el arranque desde el estéril, el mismo que es vertido en el hoyo de las fases anteriores, de esta manera el mineral es extraído desde el fondo de la explotación. La maquinaria empleada dependerá de las reservas con las que

se cuenta, en canteras frecuentemente se trabaja con equipos convencionales como cargadores, palas hidráulicas entre otros.

#### **4.2 Conclusiones**

La geología de la zona de estudio está constituida por rocas sedimentarias de la Formación Cajamarca, constituida de secuencias calcáreas pertenecientes al Cretáceo Superior, cuya potencia está determinada hasta los 220 metros; se destaca por su homogeneidad en la litología y ocurrencia bancos duros y gruesos, además presenta una estratificación regular y uniforme de color gris. Según el RMR la roca es de calidad buena.

Analizando los factores hidrológicos e hidrogeológicos se concluye que cerca del área de estudio pasa el río grande, drenando sus aguas al río Cajamarca además en el área de explotación presenta parte de un acuífero fracturado - kárstico en rocas sedimentarias calcáreas de la formación Cajamarca.

Se ejecutó la clasificación del macizo rocoso teniendo como resultado un RMR de 64, lo que indica que el macizo rocoso es de buena calidad - Clase II., La evaluación SMR arrojó un valor de 58 lo que nos indica que la estabilidad en el talud es buena y que necesita un tratamiento preventivo periódico por ejemplo mediante zanjas y vallas de pie.

Se determinó desarrollar la explotación a tajo abierto; mediante banqueo descendente ya que la cantera presenta una cobertura de material estéril de

Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022.

pequeñas proporciones (2.5m), con ángulo global de  $30^\circ$ , ángulo de banco de

$46^\circ$ , ángulo final de talud  $25^\circ$ , altura de banco de 2.5m y ancho de banco de 3m.

## REFERENCIAS

ADEX. (2015). Minería no metálica impulsará crecimiento económico peruano. Lima.

Recuperado de: <https://www.rumbominero.com/peru/noticias/mineria/mineria-no-metalica-impulsara-crecimiento-economico-peruano/>

Guerrero C.J.(Agosto 2001). Rocas calizas. Recuperado de

[https://www.utm.mx/edi\\_anteriores/pdf/ensayo1t14R.pdf](https://www.utm.mx/edi_anteriores/pdf/ensayo1t14R.pdf)

Cruzado.G.(Junio 2009). Estudio De Geología. Recuperado de

<file:///C:/Users/HT%20MSI/Downloads/REFERENCIAS/GILBERTO.pdf>

Llovera, J. y Vásquez, S. (2020). Propuesta De Plan De Minado En La Concesión

Minera No Metálica Monte Alto Caserío De Shiguas, Distrito De Bambamarca,

Provincia De Hualgayoc, Cajamarca 2020 (Tesis de pregrado). Recuperado de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24488/Llovera%20Alc%20c3%a1ntara%20John%20Paul%20-%20Vasquez%20Delgado%20Segundo%20Manuel.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Aguirre, S. (2020). Plan de minado para mejorar la productividad de la cantera de yeso

El Tablazo 41 de San Pedro de Mórrope(Tesis de pregrado). Recuperado de

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53212/Aguirre\\_TSG%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53212/Aguirre_TSG%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Propuesta de un plan de minado para  
incrementar la productividad en una cantera  
no metálica en Cajamarca 2022.

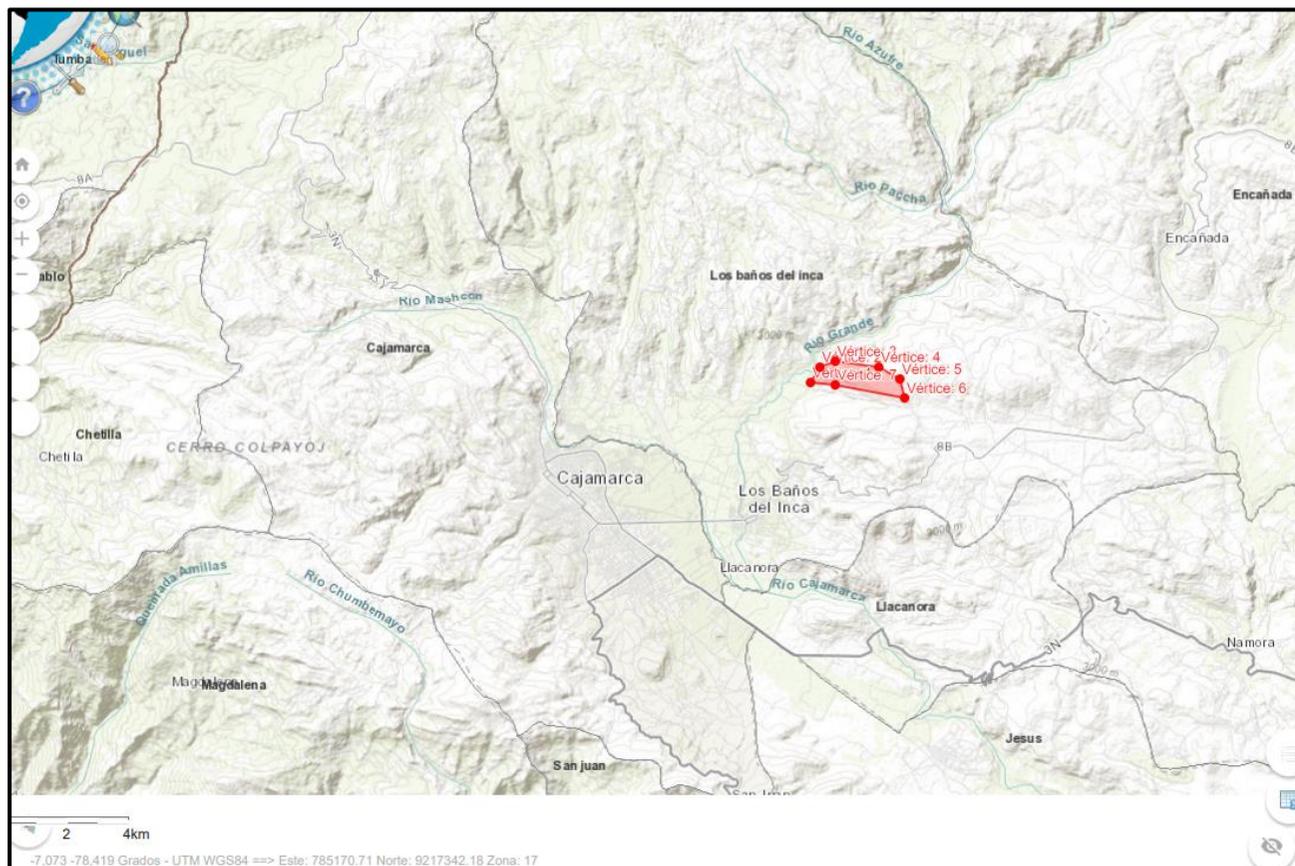
Montaño, J. (28 de marzo de 2021). Investigación no experimental. Liferder.

Recuperado de <https://www.liferder.com/investigacion-no-experimental/>.

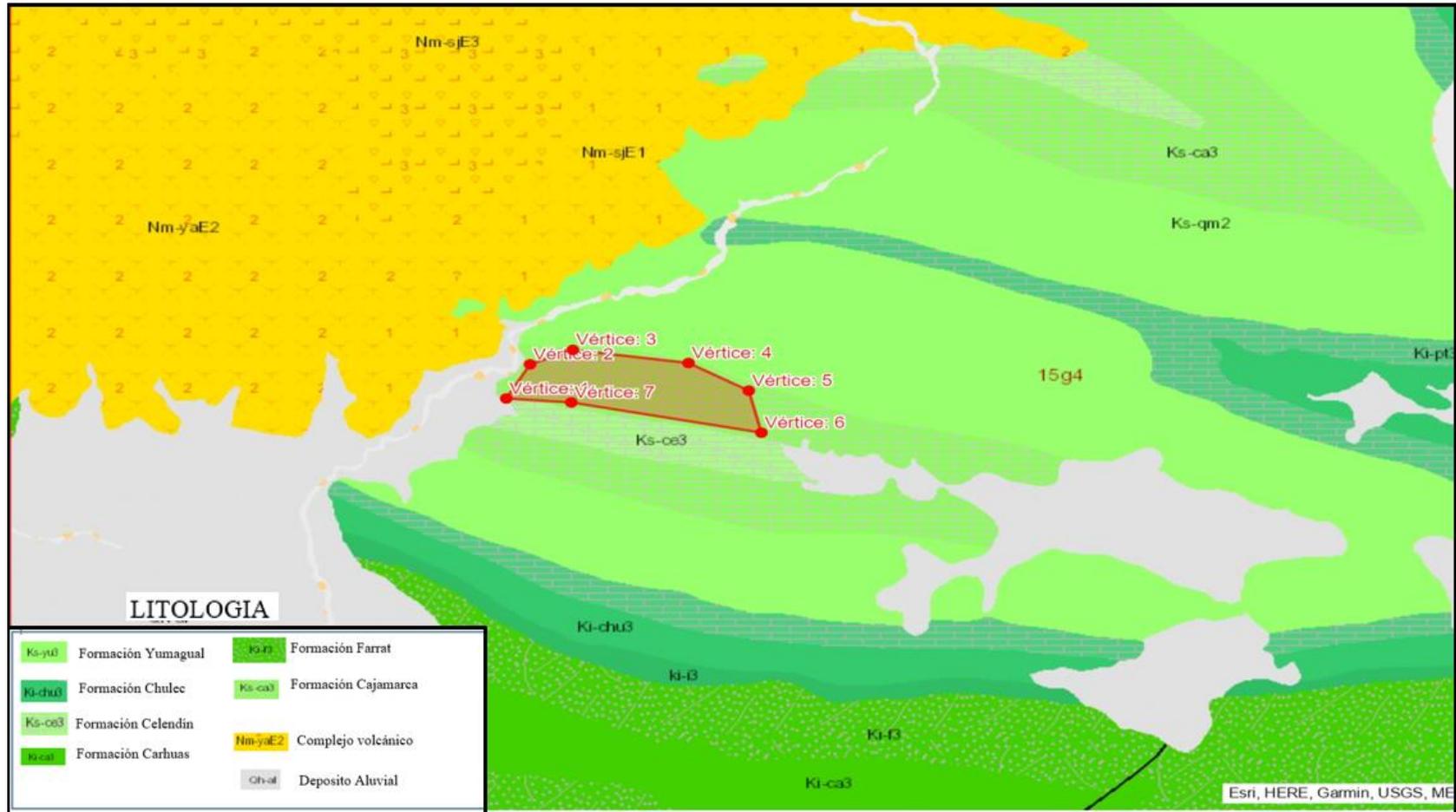
Seron.J., Montalar.E.(2001). La clasificación geomecánica SMR: aplicación  
experiencias y validación. Madrid.

## ANEXOS

### Anexo 1: *área de influencia de la cantera no metálica*



ANEXO 2: Mapa geológico de la concesión



**ANEXO 3: Mapa hidrológico de la concesión**

