



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ESTUDIO GEOMECÁNICO MINERO PARA EL
DISEÑO DE EXPLOTACIÓN DE LA CONCESIÓN
MINERA ALCONES DE SANTA ROSA V,
BAMBAMARCA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Vilda Luna Tello

Edwin Rafael Becerra Culqui

Asesor:

Ing. Msc. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al master Daniel Alejandro Alva Huamán, tutor de nuestro trabajo de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y a los habitantes de la comunidad de Santa Rosa por su valioso aporte para nuestra investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE FORMULAS.....	7
ÍNDICE DE FOTOS.....	8
ÍNDICE DE CUADROS.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	18
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	19
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	59
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Descripción de accesos al proyecto Alcones de Santa Rosa V.	20
Tabla N° 2: Coordenadas de concesión Minera “Alcones de Santa Rosa V” en sistema	21
Tabla N° 3: Coordenadas del área efectiva de explotación del proyecto Alcones de Santa Rosa VI. Sistema WGS 84.	21
Tabla N° 4: Nivel de intensidad sísmica de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.	28
Tabla N° 5: Puntos de control.....	30
Tabla N° 6: Características de las discontinuidades.	31
Tabla N° 7: Puntos de las estructuras de la estación 1.....	32
Tabla N°8: Puntos de las estructuras de la estación 2.....	33
Tabla N° 9: Puntos de las estructuras de la estación 3.....	34
Tabla N° 10: Comportamiento del macizo rocoso.	35
Tabla N° 11: Cuadro de Resultados.	41
Tabla N° 12: Determinación del número de bancos.	43
Tabla N° 13: Determinación de la altura de banco.....	44
Tabla N° 14: Parámetros de explotación.....	46
Tabla N° 15: Reservas del proyecto Alcones de Santa Rosa V.	48
Tabla N° 16: Resumen del cuadro de reservas del proyecto Alcones de Santa Rosa V.....	48
Tabla N° 17: Cálculo de extracción de reservas actuales.	49
Tabla N° 18: Cálculo de producción.	49
Tabla N° 19: Parámetros de Perforación.....	55
Tabla N° 20: Parámetros de Voladura.	56
Tabla N° 21: Cálculo de explosivos por día.	57
Tabla N° 22: Cálculo de explosivos por mes.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1:, Braja M. Das (2001). Falla de un talud. [figura]. Recuperado de https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9509/3/AC-CIV-ESPE-048534.pdf	14
Figura N° 2: Ubicación Política de la concesión minera.....	19
Figura N° 3: Plano geológico. Ver plano PM-05	23
Figura N° 4: Columna estratigráfica del área.	24
Figura N° 5: IGN y Atlas de Peligros Naturales del Perú - INDECI (2003). Cartografía digital del Perú, escala 1/500 000. [figura]. Recuperado de http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/PCM/Mapa%20de%20distribucion%20de%20maximas%20intensidades%20sismicas%20-%20Peru.pdf	26
Figura N° 6: IGN y Atlas de Peligros Naturales del Perú - INDECI (2003). calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos. [figura]. Recuperado de http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/PCM/Mapa%20de%20distribucion%20de%20maximas%20intensidades%20sismicas%20-%20Peru.pdf	27
Figura N° 7: Representación estereográfica de la estación 1	32
Figura N° 8: Representación estereográfica de la estación 2.....	33
Figura N° 9: Representación estereográfica de la estación.....	34
Figura N° 10: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°1.	36
Figura N° 11: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°1.	36
Figura N° 12: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°3.	37
Figura N° 13: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°3.	37
Figura N° 14: Análisis en condiciones naturales. Macizo Rocoso: Fm. Celendín Strength Type: Mohr-Coulomb.	40
Figura N° 15: Análisis en condiciones no drenadas Macizo Rocoso: Fm. Celendín Strength Type: Mohr-Coulomb.	40
Figura N° 16: Plano geotécnico de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V	41
Figura N° 17: Partes de una sección de un talud.	43
Figura N° 18: Sección transversal con ángulo de banco.	45
Figura N° 19: Sección transversal con ángulo interrampa.	45
Figura N° 20: Interacción empírica entre el explosivo y las propiedades del macizo rocoso.	51
Figura N° 21: Trazo de malla de perforación.	55

ÍNDICE DE FORMULAS

1) $F_{ss} = \tau f \tau d$ (B).....	14
2) $\tau f = c + \sigma' \tan \phi$ (A).....	14
3) $\tau d = cd + \sigma' \tan \phi d$ (C).....	15
4) $F_{ss} = c + \sigma' \tan \phi cd + \sigma' \tan \phi d$	15
5) $F_{sc} = ccd$	15
6) $F_{s\phi} = \tan \phi \tan \phi d$	15
7) $CCd = \tan \phi \tan \phi d$	15
8) $w = 0.2 (H) + 4.6$	44
9) $AP = a (0.5 + 1.5n)$	46
10) $H_{critica} = (\phi \text{ (mm)})/15$	50
11) $SP = 12 \phi$	52
12) $LT = (H) + SP$	52
13) $T = 30 X \phi$ (Para cantera).....	52
14) $B = 36 \phi$	52
15) $E = K_e X B$	53
16) $RAD = LD = 2.90.9 = 3.2$	53
17) $CF = 1.3 B$	53
18) $CC = LT - (CF + T)$	53
19) $Q_f = de 3.5\phi(CF)8$	54
20) $Q_c = de (3.15)(\phi)(CC) 4$	54
21) $Q_c = 1.143.150.025425.43x1000 4$	54
22) $Q = Q_f + Q_c$	55

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N° 1: Muestra MR-01	38
Foto N° 2: Muestra MR-03	38
Foto N° 3: Macizo rocoso correspondiente a la Formación Celendín.	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Características técnicas de la dinamita Famesa semigelatina	66
Cuadro N° 2: Características técnicas de la dinamita Famesa semigelatina	67

RESUMEN

En Perú y exclusivamente en Cajamarca, la mayoría de los yacimientos no metálicos como son las canteras de roca caliza, o de agregados, son explotados sin ningún criterio técnico, ni planificación de explotación.

La finalidad de la presente investigación es realizar el estudio geológico minero para diseñar la explotación de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V, ubicada en Bambamarca. La técnica de recolección de datos aplicada fue la observación directa, registrando en formatos especializados las características geológicas y geotécnicas, para luego realizar los cálculos de volumen, reservas de roca caliza, además del detalle de voladura, obteniendo como resultados que la geología de la concesión minera está compuesta principalmente por la formación Cajamarca y Huambos, la calidad de los máficos rocosos de la concesión de estudio mediante las clasificaciones geomecánicas RMR, GSI arrojan una Clase III correspondiendo a calidad Regular, el método de explotación será a tajo abierto, con un ángulo Inter-rampa de 39° , talud de banco de 60° , altura del banco de 7 metros, berma de seguridad de 4.0 metros, ancho de rampa de 5.0 metros, Gradiente entre 10 – 12%, además la vida útil de la cantera de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V. será de 15 años.

Palabras clave: Estudio geológico, diseño de explotación

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El aumento de la demanda en el sector de la construcción a nivel internacional durante los últimos años, ha generado un incremento en la extracción de materia prima; donde la roca caliza es una de las que mayor demanda presenta. La mayoría de los yacimientos no metálicos son explotados sin ningún criterio técnico, y mucho menos tienen dentro de su planificación de explotación, el estudio geológico minero a detalle que es la base fundamental para la ejecución de cualquier proyecto. Al no tener un adecuado diseño de explotación se pueden generar diversos problemas, como son: desplazamientos de terreno, explotación descontrolada, sobre excavación de los taludes, accidentes, impactos al medio ambiente, etc.

La producción de cal generalmente se procesa en cinco pasos básicos y se describe de la siguiente manera: la piedra caliza se extrae por primera vez; las rocas de cantera se transfieren luego a la unidad de trituración y cribado para dimensionar las piedras para la etapa de calcinación; las piedras de tamaño correcto se alimentan al horno y se calientan, donde el CaCO_3 se disocia en CaO y CO_2 ; la cal viva se muele, se hidrata con agua y se clasifica para aumentar la calidad del producto; y el producto finalmente se empaca y almacena (Shan et al., 2015).

Con un diseño de ingeniería básico inicial, se puede planificar a futuro y predecir las áreas a explotar según los requerimientos. También se pueden afinar las operaciones básicas como perforación, voladura, carga y acarreo para lograr aumentar la producción o disminuir los costos, minimizando la agresión al medio ambiente y cumpliendo con la demanda nacional del mercado local y nacional de la industria de la construcción.

En cuanto a la sismicidad y peligro sísmico, el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos, cuya versión más reciente ha sido elaborado por Consultoría de Aspectos Físico - Espaciales para la Estrategia de Reducción de Riesgos – PCM, establece 3 zonas de actividad sísmica (Zona I, Zona II y Zona III), las cuales presentan diversas características de acuerdo a la mayor o menor actividad sísmica. PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS (PCM). (2003). Mapa de peligros múltiples - Perú. 2020, de sigrid Sitio web: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/1019>

La intensidad sísmica mide cualitativamente los efectos de un terremoto y delimita las áreas con efectos similares. La intensidad se mide por el grado de daños a las construcciones realizadas por el hombre, la cantidad de perturbaciones en la superficie del suelo y el alcance de la reacción animal en la sacudida. La primera escala de intensidad en los tiempos modernos fue desarrollada por Rosi, de Italia, y Florel, de Suiza, en el año 1880. (Rosi y Florel., 1880).

Jiménez (2018), en su trabajo de investigación “incremento de producción elaborando un plan de minado en la cantera Josmar-empresa Mabeisa SAC –Ferreñafe, 2017” determina que las reservas probadas fueron de 1249771.5 m³. La planificación minera se realizó para determinar la producción actual y así poder determinar en qué déficit se encuentra la cantera y se pueda realizar el incremento de la producción. La utilidad del incremento de producción aumentó un 39% que la utilidad de la producción actual. El método de explotación seleccionado que es por descubiertas, es de fácil explotación y bajo costo, y se utiliza equipos convencionales para que se extraiga el material, el desmonte se llevara al área donde ya se va extrayendo el material.

En de Benito y Huaman (2018) concluyen que la optimización de las operaciones unitarias que determinó el diseño del método de explotación tipo canteras de avance

frontal y la modernización del proceso de obtención de arena de sílice mediante la implementación de una planta de tratamiento integral; incrementó en 415% la producción actual de la cantera, definieron el método de explotación óptimo "Tipo Canteras de Avance Frontal"; con este se determinó el planeamiento de minado para 25 años con la explotación de 22 niveles.

Buendia y Valdivia (2018) en su propuesta de un plan de minado para la cantera de Agregados San Isidro – Unidad Minera Cobriza, concluyen que el volumen de agregado neto a remover será igual a 1 590 000 m³ y el volumen de agregado utilizable (70%) que corresponde a 1 133 000 m³, con una producción de 18720 m³/año, la vida útil calculada fue de 60 años. Determinaron que la explotación será por el método superficial con ángulo de talud final de 28°, ángulo de talud operacional de 55°, altura de bancos de 8m, ángulo interrampa w 35°, gradientes de rampa de 10-12%.

Taipe (2016), en su investigación "diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi, nos dice que con el diseño de explotación realizado se determinó el método a cielo abierto, sistema totalmente discontinuo y parámetros de la cantera para la extracción de los agregados en el cauce del río Mantaro. El volumen acumulado debido al transporte de sedimentos es 3, 158,545.50 m³/año el cual es depositado en un área de 1, 308, 370.25 m², por lo tanto, solo tomaría 36 días para reponer el material extraído producto del fenómeno de la agradación.

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

Cálculo del factor de seguridad se define como:

$$1) F_{S_s} = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (B)$$

Donde:

F_{S_s} = factor de seguridad respecto a la Resistencia.

τ_f = Resistencia cortante promedio del suelo.

τ_d = esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de la falla.

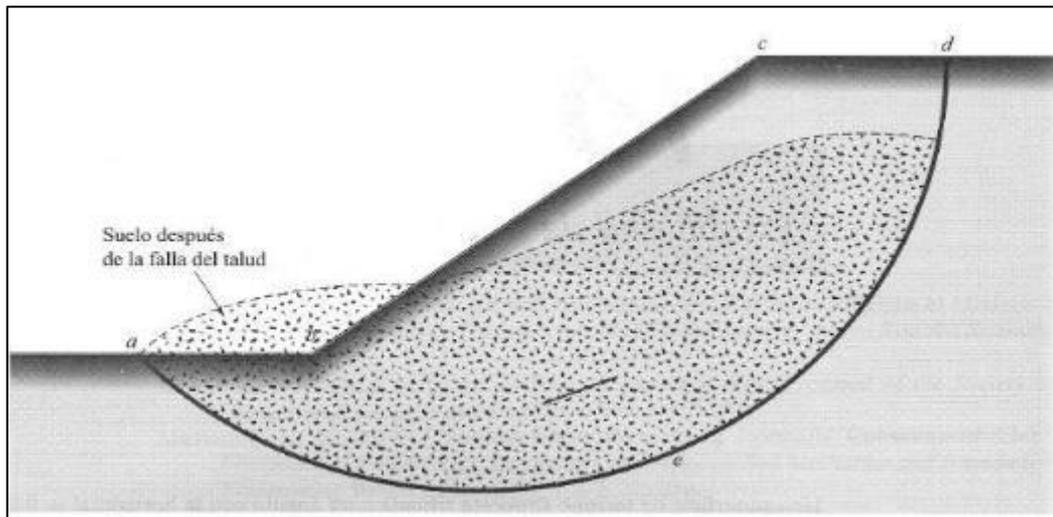


Figura N° 1:, Braja M. Das (2001). Falla de un talud. [figura]. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9509/3/AC-CIV-ESPE-048534.pdf>

La resistencia cortante de un suelo consta de dos componentes, la cohesión y la fricción, y se expresa como:

$$2) \tau_f = c + \sigma' \tan \phi \quad (A)$$

Donde

C = Cohesión

ϕ = ángulo de fricción drenada

σ' = esfuerzo normal efectivo sobre la superficie potencial de falla

De manera similar también escribimos

$$3) \tau_d = c_d + \sigma' \tan \phi_d(C)$$

Donde c_d y ϕ_d son, respectivamente, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción que se desarrolla a lo largo de la superficie potencial de falla. Sustituyendo las ecuaciones (B) y (C) en la ecuación (A), obtenemos:

$$4) F_{S_s} = \frac{c + \sigma' \tan \phi}{c_d + \sigma' \tan \phi_d}$$

Podemos ahora introducir algunos otros aspectos del factor de seguridad, es decir el factor de seguridad con respecto a la cohesión F_{S_c} y el factor de seguridad con respecto a la fricción F_{S_ϕ} y se definen como sigue:

$$5) F_{S_c} = \frac{c}{c_d}$$

$$6) F_{S_\phi} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d}$$

Cuando se comparan las ecuaciones (D), (E), (F) vemos que cuando F_{S_c} y se vuelve igual a F_{S_ϕ} , éste es el factor de seguridad con respecto a la resistencia. O si:

$$7) \frac{c}{c_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d}$$

$$F_{S_s} = F_{S_c} = F_{S_\phi}$$

Cuando F_s es igual a 1, el talud está en un estado de falla incipiente. Generalmente, en valor de 1.5 para el factor de seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud estable.

El estudio geológico minero permitirá realizar el diseño de explotación de roca caliza de la cantera de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño de explotación de roca caliza al realizar un estudio geomecánico minero en la concesión minera Alcones de Santa Rosa V, Bambamarca 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar la explotación de roca caliza en función al estudio geomecánico minero de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V, Bambamarca 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir la geología de la concesión minera.
- Determinar la calidad de los macizos rocosos mediante las clasificaciones geomecánicas RMR, GSI de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.
- Calcular el volumen de roca caliza que será explotado.
- Calcular la vida útil de la cantera de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.
- Diseñar el programa de producción
- Realizar el diseño de perforación y voladura.
- Calcular la cantidad de explosivos a utilizar.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al realizar un estudio geomecánico minero se podrá diseñar una eficiente explotación de roca caliza de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con un cartografiado se podrán determinar las formaciones geológicas de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.
- Al realizar un estudio geológico minero se determinará la calidad de los macizos rocosos mediante las clasificaciones geomecánicas RMR, GSI, de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.
- Al realizar un estudio geológico minero se podrá calcular el volumen de roca caliza que será explotado.
- Con el cálculo de volumen de roca calizas se determinará la vida útil de la cantera de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.
- Al calcular la vida útil de la cantera se podrá diseñar el programa de producción.
- Con el estudio se podrá realizar el diseño de perforación y voladura.
- Con el diseño de perforación y voladura se podrá calcular la cantidad de explosivos a utilizar.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación de acuerdo al fin es aplicada ya que, busca modificar una realidad sobre la forma como se viene explotando la roca caliza, por el alcance es correlacional, ya que los parámetros del estudio nos permitirán determinar el tipo de explotación, y la cantidad de explosivos a utilizar y, según el enfoque es cuantitativa ya que se procesarán datos medibles.

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

- **Población:** son todas las concesiones de caliza de Bambamarca
- **Muestra:** la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Las técnicas utilizadas son la observación, el análisis y caracterización del macizo rocoso de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V a través de un registro geomecánico determinado la calidad y propiedades geotécnicas que permitan diseñar la explotación adecuada de la roca caliza.

2.4. Procedimiento

Se caracterizan los macizos rocosos de la concesión minera.

Para la estabilidad de taludes se utiliza los parámetros obtenidos del software RockLab y DIPS, se define la estabilidad de taludes en condiciones drenadas y en condiciones no drenadas. Esta estabilidad se define en el programa SLIDE según la distribución de taludes a realizar en el proyecto, en este caso se definirá un solo talud, y el tajeo se ira avanzando de acuerdo a la dirección de reservas obtenidas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Ubicación

La concesión minera políticamente la concesión minera “ALCONES DE SANTA ROSA V” se encuentra ubicada en la jurisdicción del departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, Distrito de Bambamarca y Caserío de Apan Bajo, dentro de la carta nacional Chota (14-F), zona 17 Sur, entre las altitudes de 2770 Y 2975 m.s.n.m comprendiendo 100 hectáreas de extensión. Ver plano PM-03

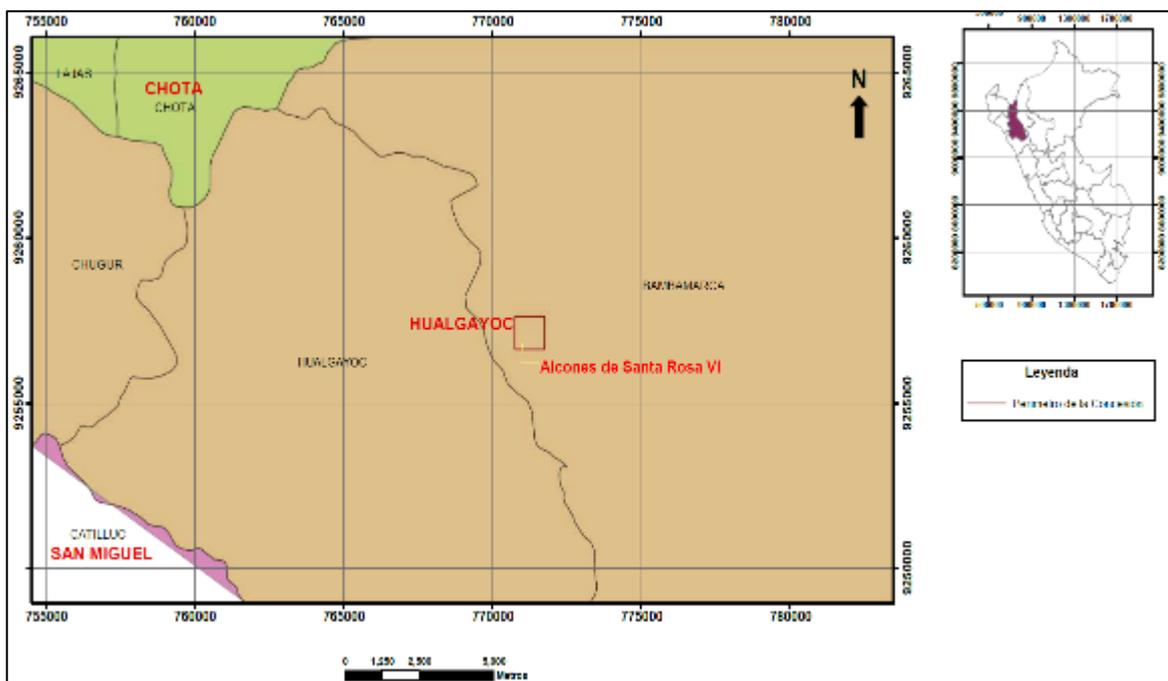


Figura N° 2: Ubicación Política de la concesión minera

3.2. Accesibilidad:

Para acceder a la cantera de la concesión se parte de la ciudad de Cajamarca, por la ruta 3N Cajamarca-Hualgayoc-Bambamarca, antes de llegar a la ciudad de Bambamarca como aproximadamente a 7.8 km se toma un desvío con carretera afirmada de 1 km aproximadamente donde al término del trayecto se encuentra el área de explotación efectiva del proyecto minero no metálico Alcones de Santa Rosa V.

En el cuadro siguiente se describe el acceso, tiempo y distancia para llegar al proyecto minero no metálico.

Tabla N° 1

Descripción de accesos al proyecto Alcones de Santa Rosa V.

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (horas/min)	Tipo de vía
Cajamarca-Hualgayoc	85	2 horas	Asfaltado/Afirmado
Hualgayoc-Desvío al proyecto	19	30 minutos	Asfaltado/afirmado
Desvío-Proyecto	1	5 minutos	Afirmado
Proyecto-Bambamarca	7.8	10 minutos	Asfaltado/afirmado

La concesión minera “Alcones de Santa Rosa V” de la empresa CALERA EL ZASAL E.I.R.L tiene un área de 100 hectáreas correspondientes a la zona 17, las que se muestran en la tabla.

Tabla N° 2

Coordenadas de concesión Minera “Alcones de Santa Rosa V” en sistema

Proyecto Alcones de Santa Rosa V				
1	PSAD 56		WGS84	
	Norte	Este	Norte	Este
Cuadrícula	925800	772000	9257630.2	771739.7287
	925700	772000	9256630.2	771739.7261
	925700	771000	9256630.2	770739.7383
	925800	771000	9257630.2	770739.7408

El área efectiva de explotación se limita a un perímetro reducido de toda la concesión ya que presenta una superposición de denuncia minero anterior

Tabla N° 3

Coordenadas del área efectiva de explotación del proyecto Alcones de Santa Rosa VI. Sistema WGS 84.

Coordenadas del Área efectiva de explotación: Sistema WGS 84		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
P	9257598.841	771519.9123
P	9257624.272	771514.7314
P	9257630.272	771591.5305
P	9257630.272	771670.4795
P	9257611.272	771651.7297
P	9257600.272	771650.7297
P	9257588.555	771660.8195

3.3. Geología Local

3.3.1. Volcánico Huambos (Ts-vh)

La topografía del volcánico Huambos es bastante característica, generalmente forma llanuras delimitadas por farallones o escarpas donde se aprecia la estratificación, sobre estas superficies se ha desarrollado un sistema dendrítico de drenaje. Está compuesto por tobas y brechas de composición ácida. La litología común muestra fragmentos de cuarzo hasta de 3 mm. De diámetro y cristales de biotita en una matriz feldespática que probablemente corresponde a una toba dacítica. En la mayoría de los casos los piroclásticos del volcánico Huambos están bien estratificados en capas medianas a gruesas, parcialmente compactadas con escasos niveles de toba soldada o ignimbrita. El volcánico Huambos tiene un grosor promedio de 50 a 100 m. y un máximo de aproximadamente 400 en la localidad de Huambos.

3.3.2. Grupo Quilquiñan (Km-q)

La base consiste en una secuencia de calizas nodulares, seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas con abundantes elementos del género *Exogyra*.

Continúan delgados lechos de calizas nodulares con margas de color pardo amarillento, también fosilíferas. Finalmente se encuentran bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles. Alcanza un espesor aproximado de 500 m.

Edad y correlación: La fauna identificada en la formación Mujarrún y formación Quilquiñán ubica a estas unidades entre el Cenomaniano medio y el Turoniano inferior.

3.3.3. Formación Cajamarca (Km- c)

Los afloramientos de la formación Cajamarca se ubican en el sector de la Pampa de la Culebra y hacienda Sangal. Esta formación consiste de calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Las calizas se presentan en bancos gruesos con escasos fósiles. Esta formación yace concordantemente sobre la formación Quilquiñán y con la

misma relación infrayace a la formación Celendín. Su grosor varía entre los 600 y 700 m. Edad y correlación. - el Coilopoceras neweli asigna a la formación Cajamarca la edad perteneciente al Turoniano superior. Se correlaciona con la parte superior de la formación Jumasha, corresponde a la parte inferior de la formación Otuzco.

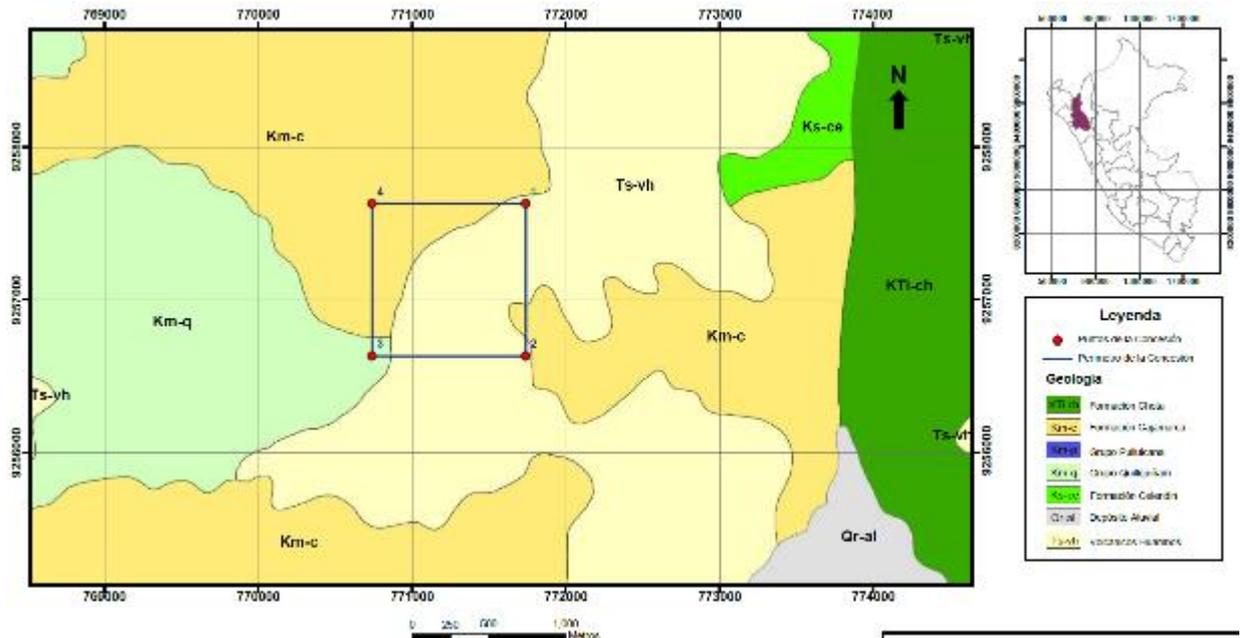


Figura N° 3: Plano geológico. Ver plano PM-05

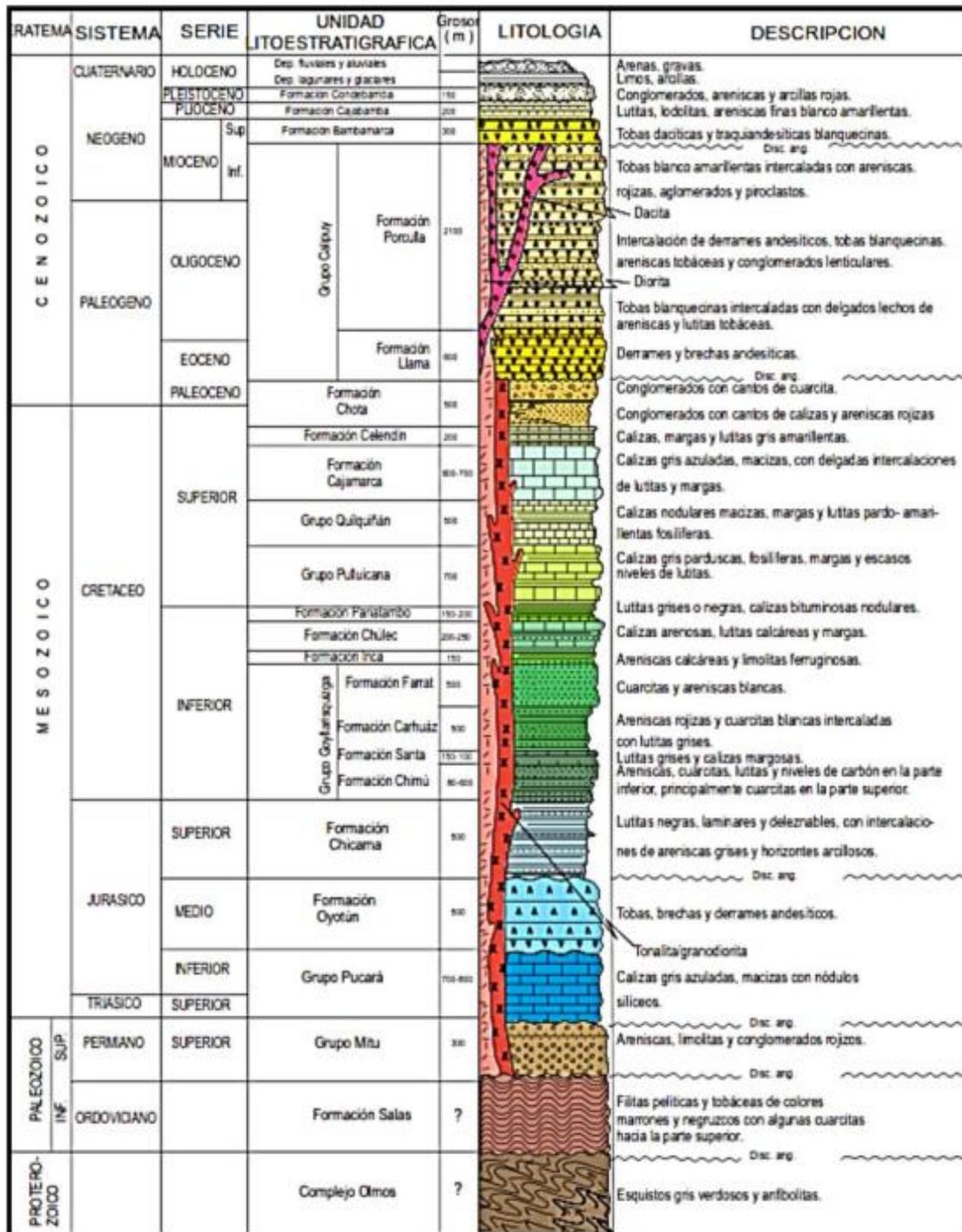


Figura N° 4: Columna estratigráfica del área.

Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

3.4. Sismicidad

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.

Según este mapa, la concesión minera "ALCONES DE SANTA ROSA V" se encuentra comprendida en la Zona III. Según el mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos la concesión minera "ALCONES DE SANTA ROSA V" se caracteriza por tener una sismicidad mediana.

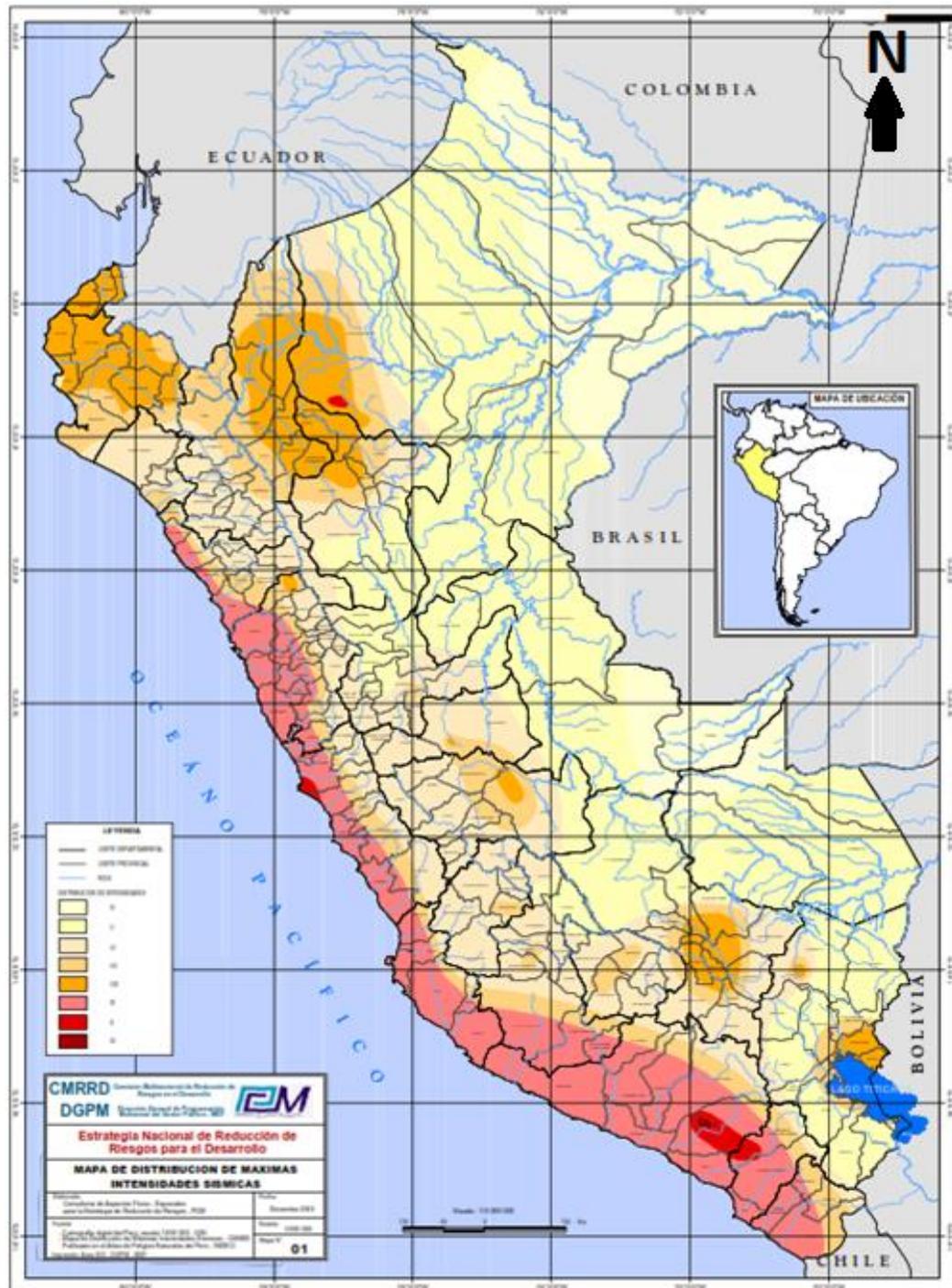


Figura N° 5: IGN y Atlas de Peligros Naturales del Perú - INDECI (2003). Cartografía digital del Perú, escala 1/500 000. [figura]. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/PCM/Mapa%20de%20distribucion%20de%20maximas%20intensidades%20sismicas%20-%20Peru.pdf>

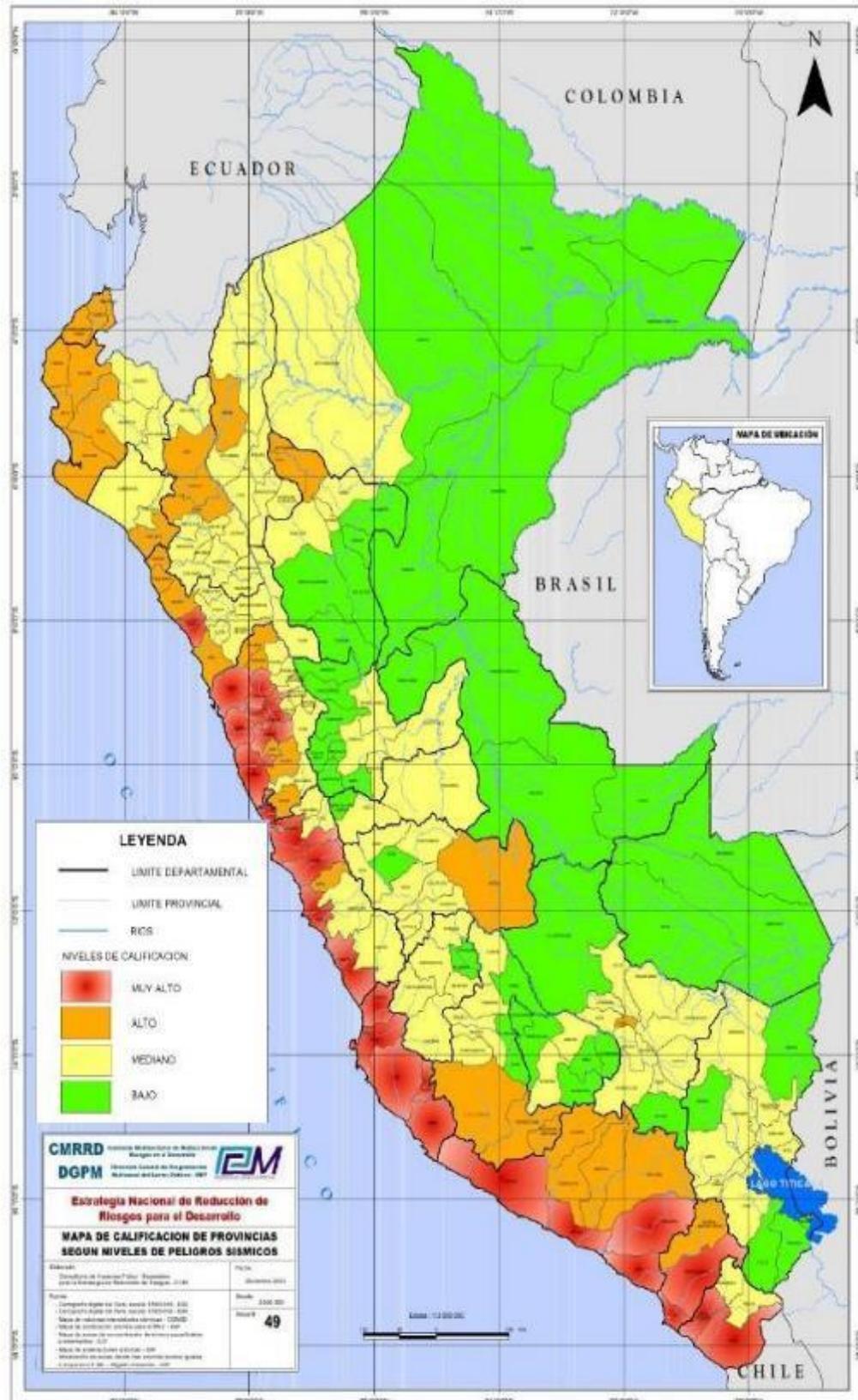


Figura N° 6: IGN y Atlas de Peligros Naturales del Perú - INDECI (2003). calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos. [figura]. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/PCM/Mapa%20de%20distribucion%20de%20maximas%20intensidades%20sismicas%20-%20Peru.pdf>

Tabla N° 4

Nivel de intensidad sísmica de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V.

Grado (MM)	Descripción
IV Fuerte	Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal.

Los valores de aceleraciones máximas deben considerarse como valores medios esperados en suelo firme, donde no se considera la influencia de las condiciones locales del suelo, ni los efectos de la interacción suelo- estructura. Las curvas de isoaceleraciones prácticamente se mantienen paralelas a la costa, lo que coincide con el mecanismo de subducción. Se observa que los valores más altos de aceleraciones máximas están localizados a lo largo de toda la costa y van disminuyendo a medida que se avanza hacia al Este. 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/seg², este valor es utilizado para el análisis de estabilidad dinámica.

Perímetro del área efectiva de explotación

Coordenadas de delimitación, con un área total de 4861.16 m²

Coordenadas del Área efectiva de explotación: Sistema WGS 84		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
P1	9257598.841	771519.9123
P2	9257624.272	771514.7314
P3	9257630.272	771591.5305
P4	9257630.272	771670.4795
P5	9257611.272	771651.7297
P6	9257600.272	771650.7297
P7	9257588.555	771660.8195

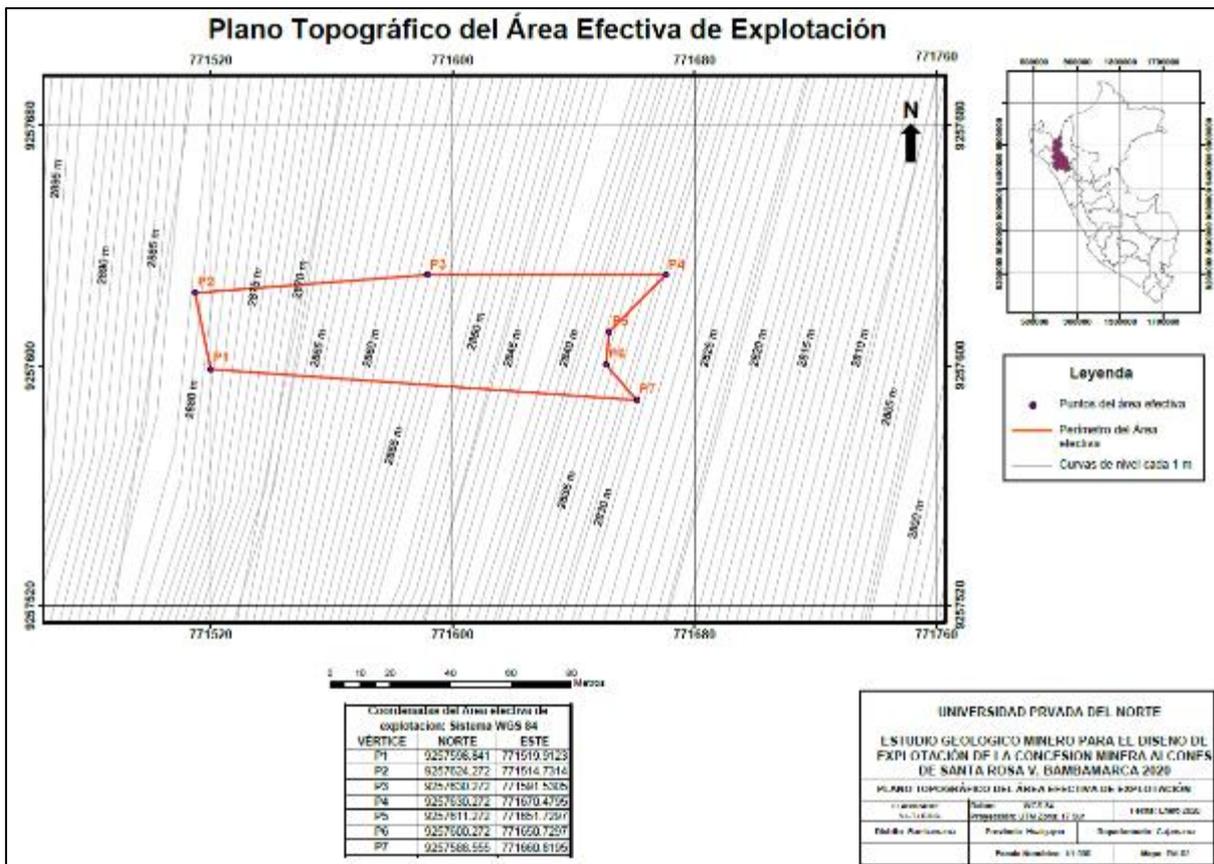


Figura N° 7: Figura: Área efectiva de explotación.

3.5. Puntos de control geotécnico

Los puntos tomados para el análisis geotécnico fueron dentro del área efectiva de explotación y se concentró en el afloramiento y la parte del diseño del talud, siendo:

Tabla N° 5

Puntos de control.

PUNTOS DE CONTROL		
ESTACION 1		
Coordenadas		
Norte	Este	Altitud
9257611.8	771670.79	2837
ESTACION 2		
Coordenadas		
Norte	Este	Altitud
9257597	771669	2835
ESTACION 3		
Coordenadas		
Norte	Este	Altitud
9257601	771664	2838

Celdas geomecánicas

Las celdas geomecánicas han sido evaluadas según los datos de las estructuras principales del macizo rocoso, como son DIP y DIPDIRECTION para analizar el comportamiento del macizo rocoso, las características del macizo fueron:

Descripción del afloramiento:

El talud tiene una altura aproximada de 5.6 metros con 70° de inclinación. El afloramiento tiene una longitud de 20m, con un aspecto litológicamente heterogéneo, en el cual se logra apreciar deslizamientos de roca.

-LITOLOGIA

CLASIFICACION GENETICA: Roca sedimentaria.

CLASIFICACION LITOLOGICA: calizas.

-METEORIZACION:

En la descripción de meteorización de la roca intacta (Duque –Escobar, 1998) la podemos ubicar en un término de moderadamente meteorizada, Debido a que la oxidación y disolución solo se encuentra a manera de patina.

-CARACTERISTICAS RESISTENTES:

A partir del ensayo realizado se consideró un promedio de los valores siendo este 117.515 MPa el cual se encuentra según cuadro hace referencia a roca muy fuerte.

-CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

Tabla N° 6

Características de las discontinuidades.

PARÁMETRO	SET
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL (MPa)	117.515
ESPACIADO (m)	0.2-0.6
PERSISTENCIA (m)	3-10
ABERTURA (mm)	1-5
RUGOSIDAD	Ligeramente Rugosa
RELLENO	Duro > 5mm
METEORIZACIÓN	Moderadamente alterada
AGUA	Ligeramente húmeda
Talud	Dip 115 DD 40

Análisis de comportamiento de discontinuidades

Para realizar el análisis se obtienen los parámetros de DIP y DIPDIRETION de las estructuras principales del macizo rocoso, siendo los siguientes según los puntos de control:

Tabla N° 7

Puntos de las estructuras de la estación 1.

ESTACION 1			
Coordenadas			
Norte		Este	Altitud
9257611		771670	2837
Tipo		DIP DIRECTON	DIP
J1		220	30
J2		220	25
J3		225	30
J4		230	35
J5		223	30
J6		220	28
J7		215	29
J8		216	36
J9		219	24
J10		223	22
J11		225	30
J12		226	35
J13		231	36
J14		236	32
J15		230	31
J16		233	29
J17		234	28

Estación 1

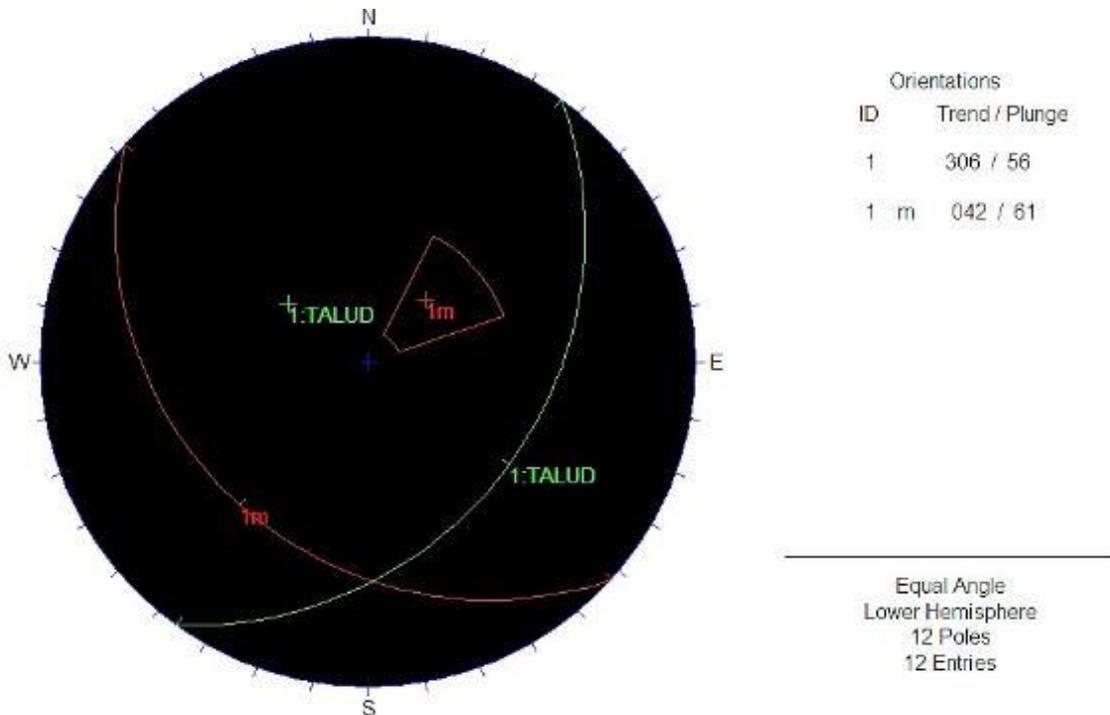


Figura N° 8: Representación estereográfica de la estación 1

Tabla N°8

Puntos de las estructuras de la estación 2.

ESTACION 2		
Coordenadas		
Norte	Este	Altitud
9257597	771669	2835
Tipo	DIP DIRECTON	DIP
J	130	3
J	135	1
J	130	3
J	133	2
J	140	2
J	145	2
J	138	3
J	140	3
J	136	2
J1	135	2
J1	134	2
J1	130	2
J1	125	2
J1	120	2
J1	139	3
J1	135	2
J1	128	3

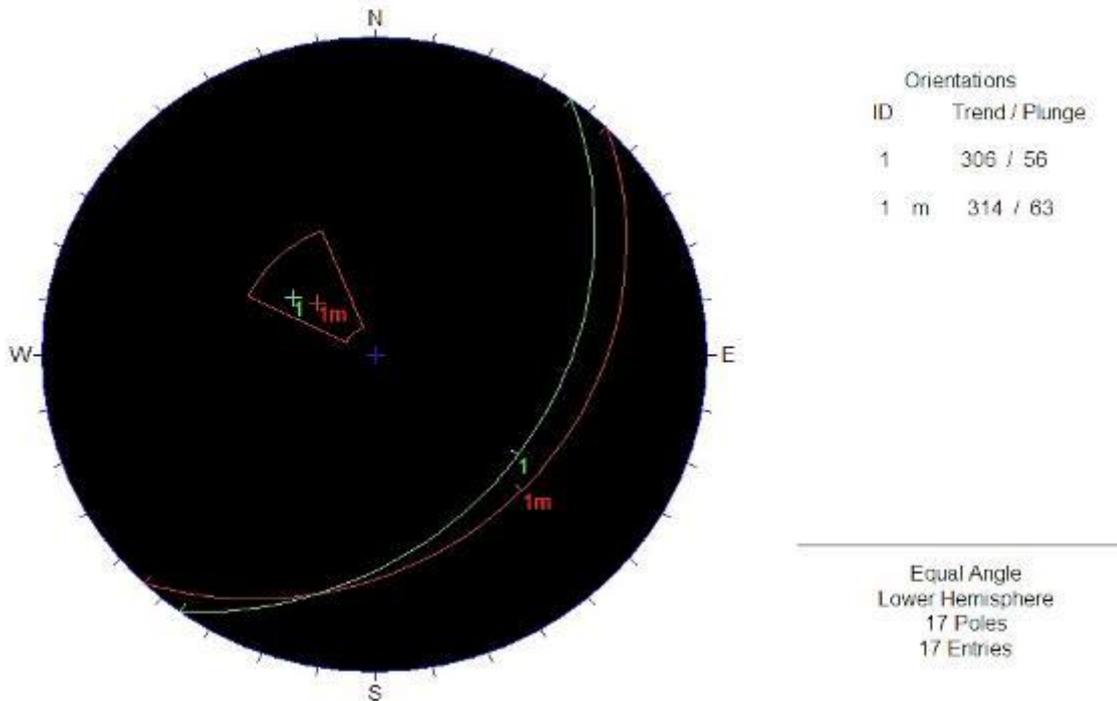


Figura N° 9: Representación estereográfica de la estación 2.

Tabla N° 9

Puntos de las estructuras de la estación 3.

ESTACION 3		
Coordenadas		
Norte	Este	Altitud
9257601	771664	2838
Tipo	DIP DIRECTON	DIP
J	22	3
J	20	2
J	22	3
J	23	2
J	21	3
J1	22	3
J1	22	2
J1	23	2
J1	22	3
J1	22	2

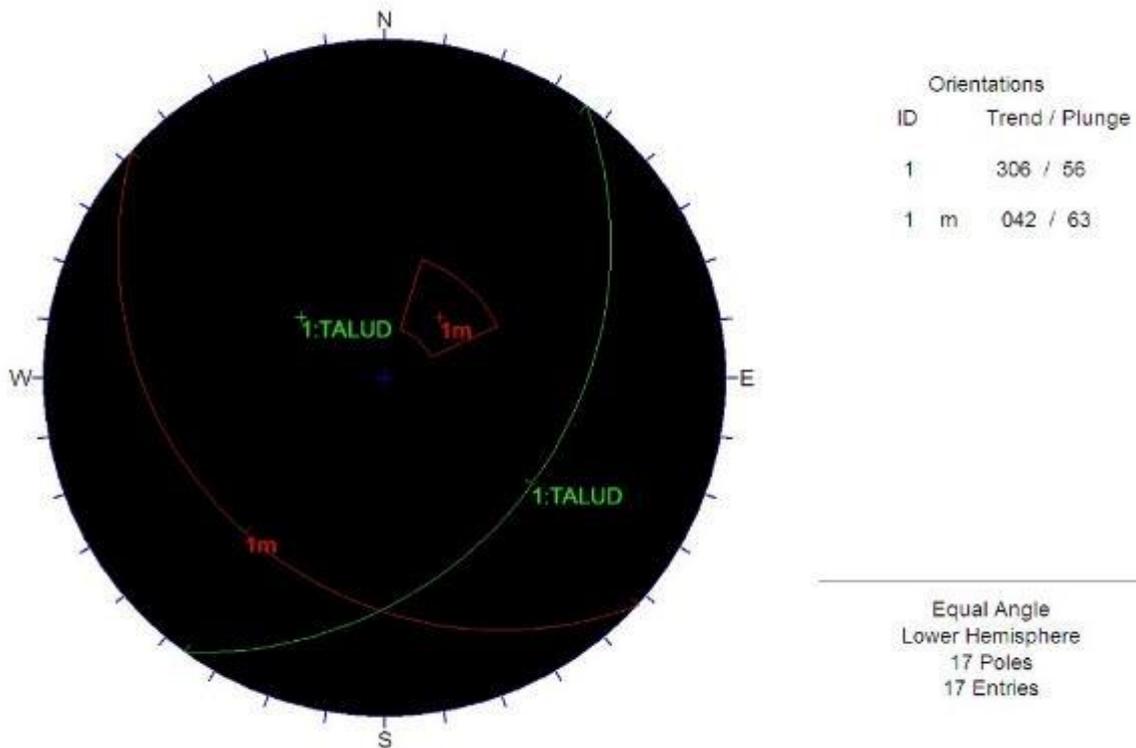


Figura N° 10: Representación estereográfica de la estación.

3.6. Comportamiento del macizo rocoso

Una vez determinadas las estructuras principales del macizo rocoso, se procede a analizar el comportamiento del macizo y sus parámetros en base a índices de resistencia, evaluación del RMR de Bieniawski (89) y consideraciones sobre los criterios de rotura generalizado de Hoek & Brown, representados por el programa RockLab.

Tabla N° 10

Comportamiento del macizo rocoso.

PARAMETROS	VALOR	PUNTAJE
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL (Mpa)	117.515	12
RQD (%)	25 %-50%	8
ESPACIADO (m)	0.2-0.6	10
CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES	PERSISTENCIA ABERTURA RUGOSIDAD	3 - 10 m 1- 5 mm Ligeramente Rugosa
	RELLENO METEORIZACION	Duro > 5mm Mod. alterada
AGUA SUBTERRANEA	Lig.Húmedo	3 10
RMR	51	
TIPO DE MACIZO ROCOSO	REGULAR	
CALIDAD	III	

Análisis de Rotura de Hoek y Brow:

Muestra: MR-01

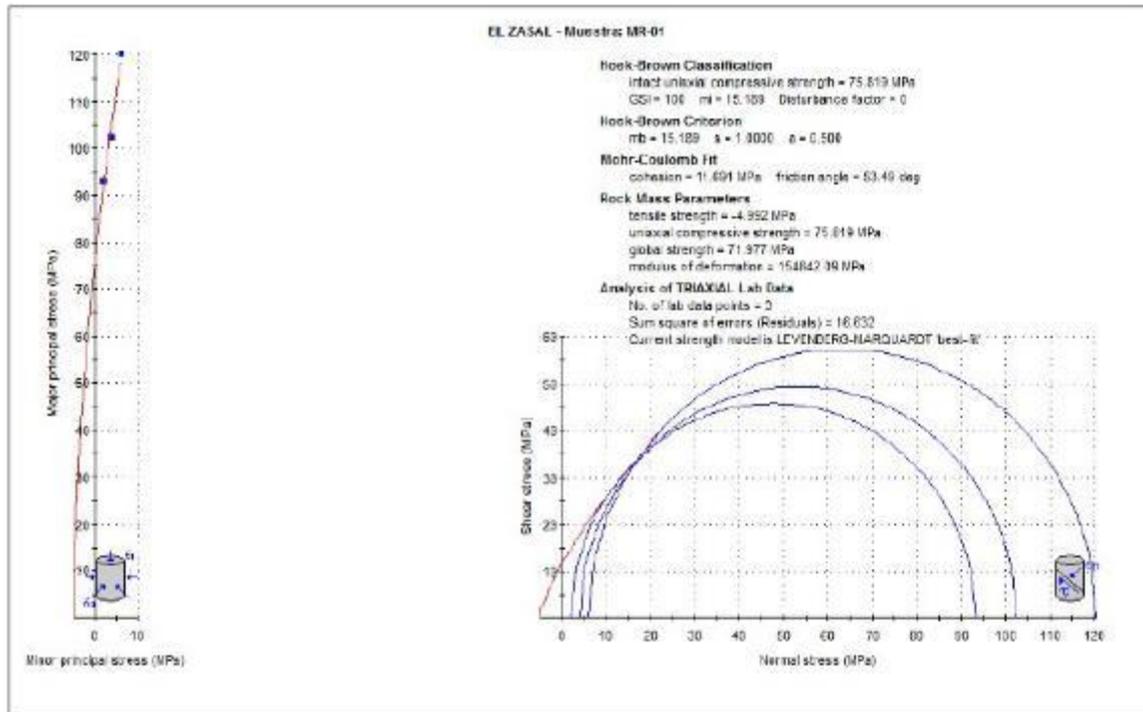


Figura N° 11: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°1.

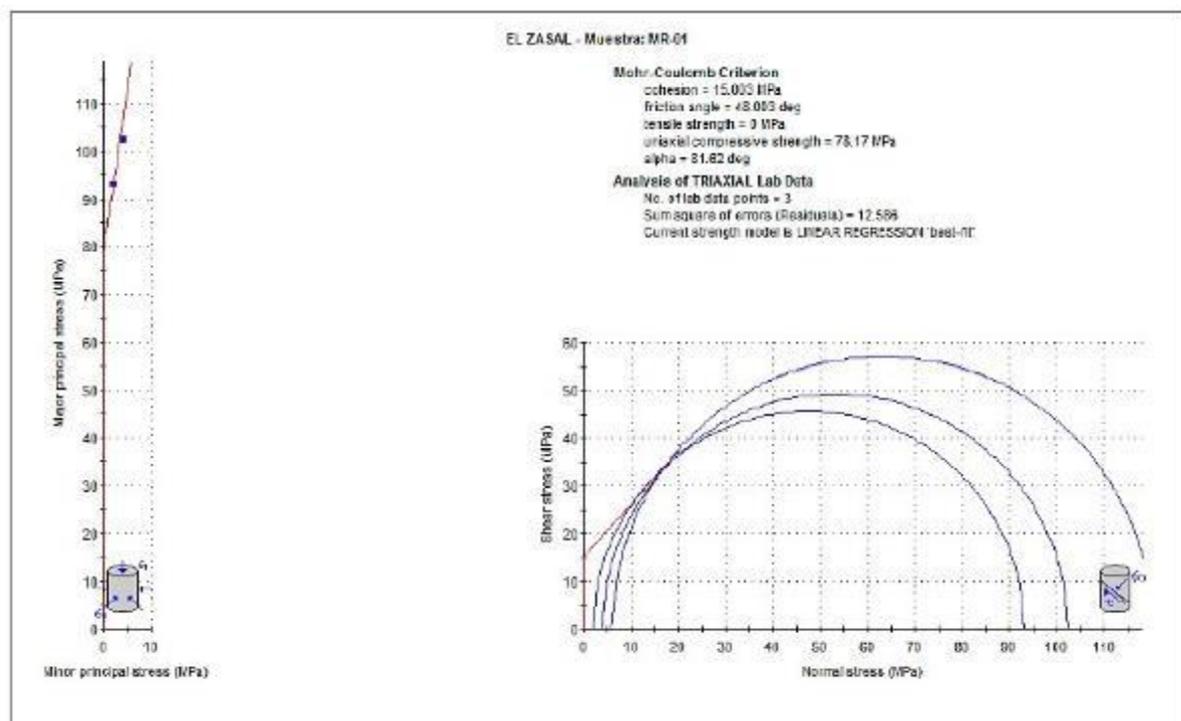


Figura N° 12: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°1.

Figura N° 10: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°1.

Muestra: MR-03

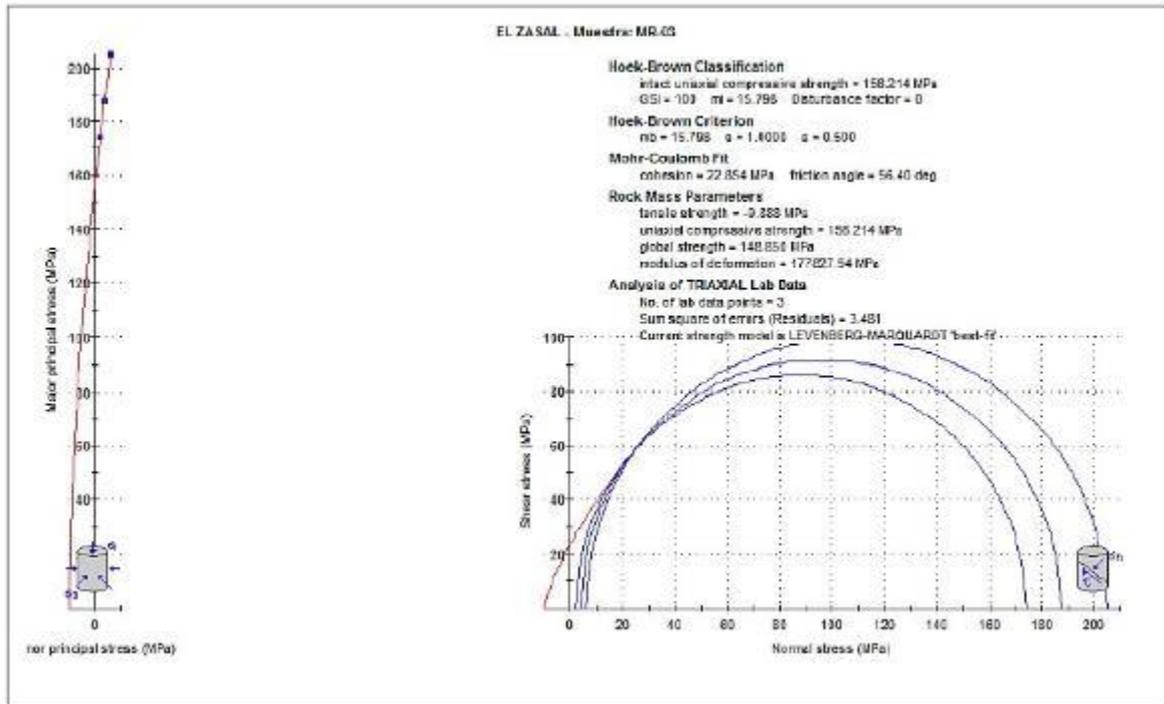


Figura N° 13: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°3.

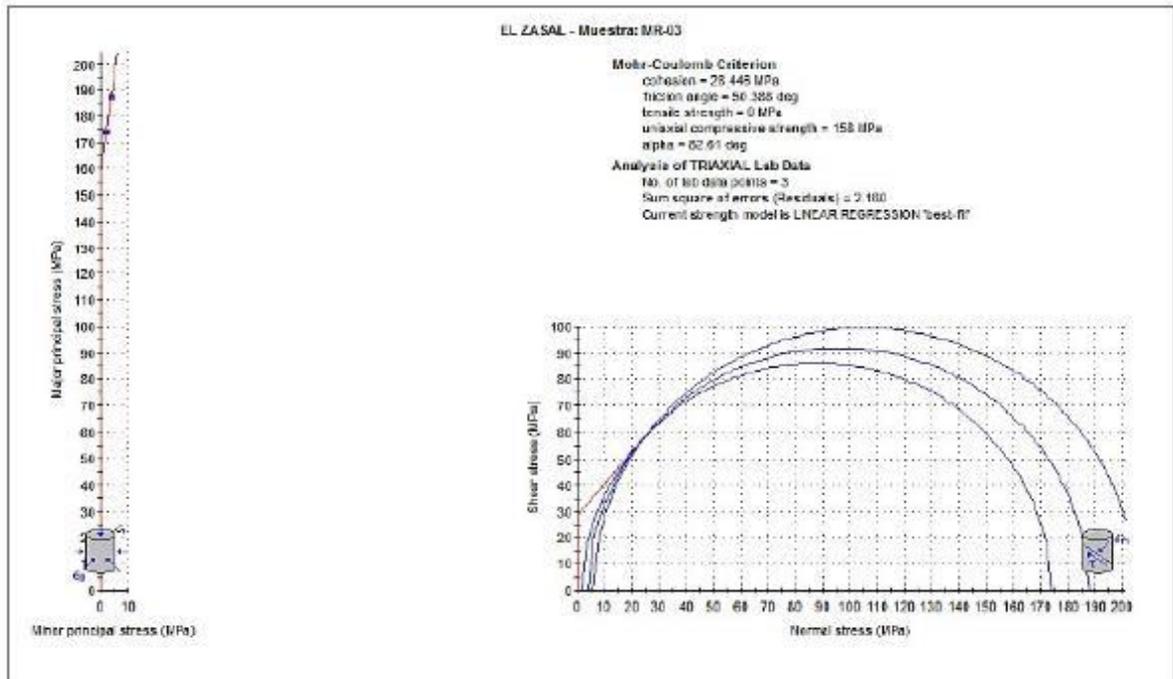


Figura N° 14: Análisis de rotura, fuente software RockLab. Muestra N°3.

Estabilidad Global

En la zona de estudio se analizó 1 talud en roca representativo a lo largo de la carretera, dicho talud fue determinado a partir del plano de pendientes, eligiendo las zonas que presentaban pendientes mayores a 25° que se encontraban a lo largo de la carretera.

Para los taludes se utilizó el software Slide mediante el método de Bishop simplificado, considerando condiciones naturales y no drenadas y tomando un factor de seguridad (FS) mínimo de 1.5 para que se pueda considerar como estable.

Talud 1



Foto N° 3: Macizo rocoso correspondiente a la Formación Celendín.

-Determinación del RQD ($< 25\%$)

-Determinación del GSI

$$\text{RMR} = \text{GSI} + 5 \Rightarrow \text{RMR} = 42 + 5 \quad \text{RMR} = 47$$

-En condiciones naturales presenta un FS=2.605

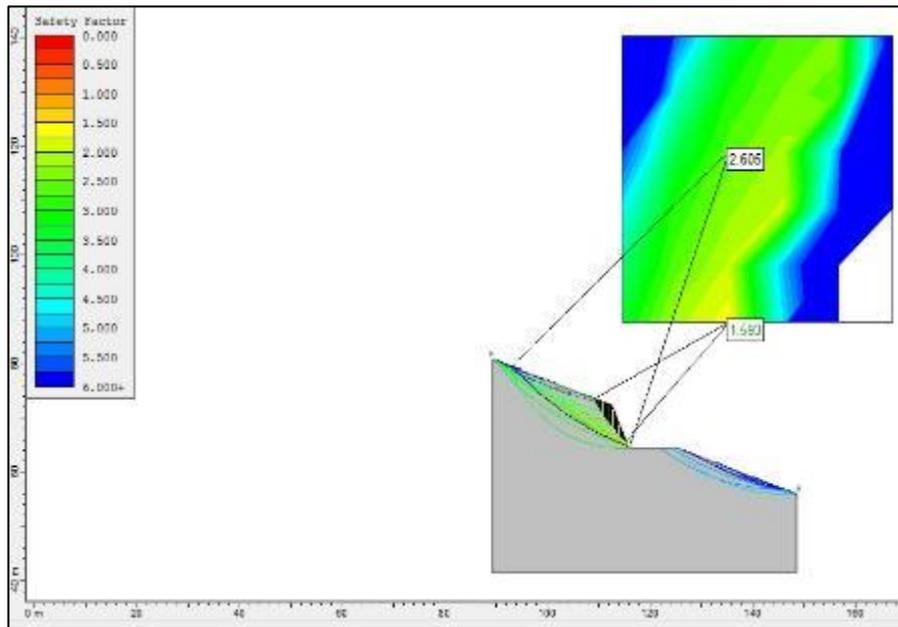


Figura N° 15: Análisis en condiciones naturales. Macizo Rocoso: Fm. Celendín Strength Type: Mohr-Coulomb.

En condiciones no drenadas presenta un FS=2.160

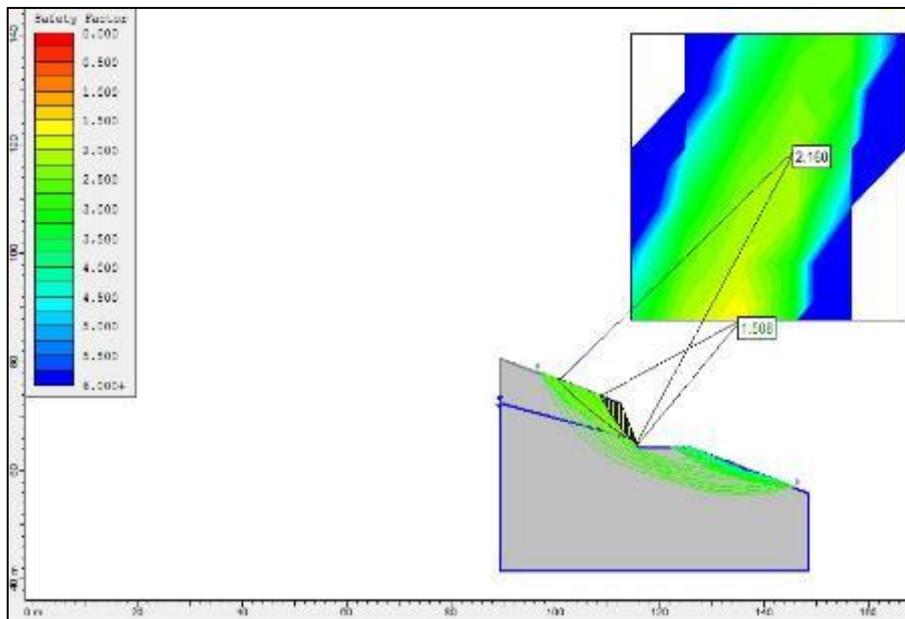


Figura N° 16: Análisis en condiciones no drenadas Macizo Rocoso: Fm. Celendín Strength Type: Mohr-Coulomb.

Tabla N° 11

Cuadro de Resultados.

TALUD	UBICACIÓN	MACIZO ROCOSO / GSI	RMR / ÁNGULO DE TALUD	CLASE / CALIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	
					CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NO DRENADAS
1	LONGITUD: 771678.17	42	51/60°	III / MEDIA	FS = 2.605	FS = 2.160
	LATITUD: 9257607.029					
	COTA: 2884 m.s.n.m.					

Determinando que mientras conservemos nuestro ángulo de banco entre 51 y 70° no excederemos el factor de seguridad, permitiendo que la labor sea estable y segura para trabajar.

Para mayor detalle del plano geotécnico, ver plano PM-07.

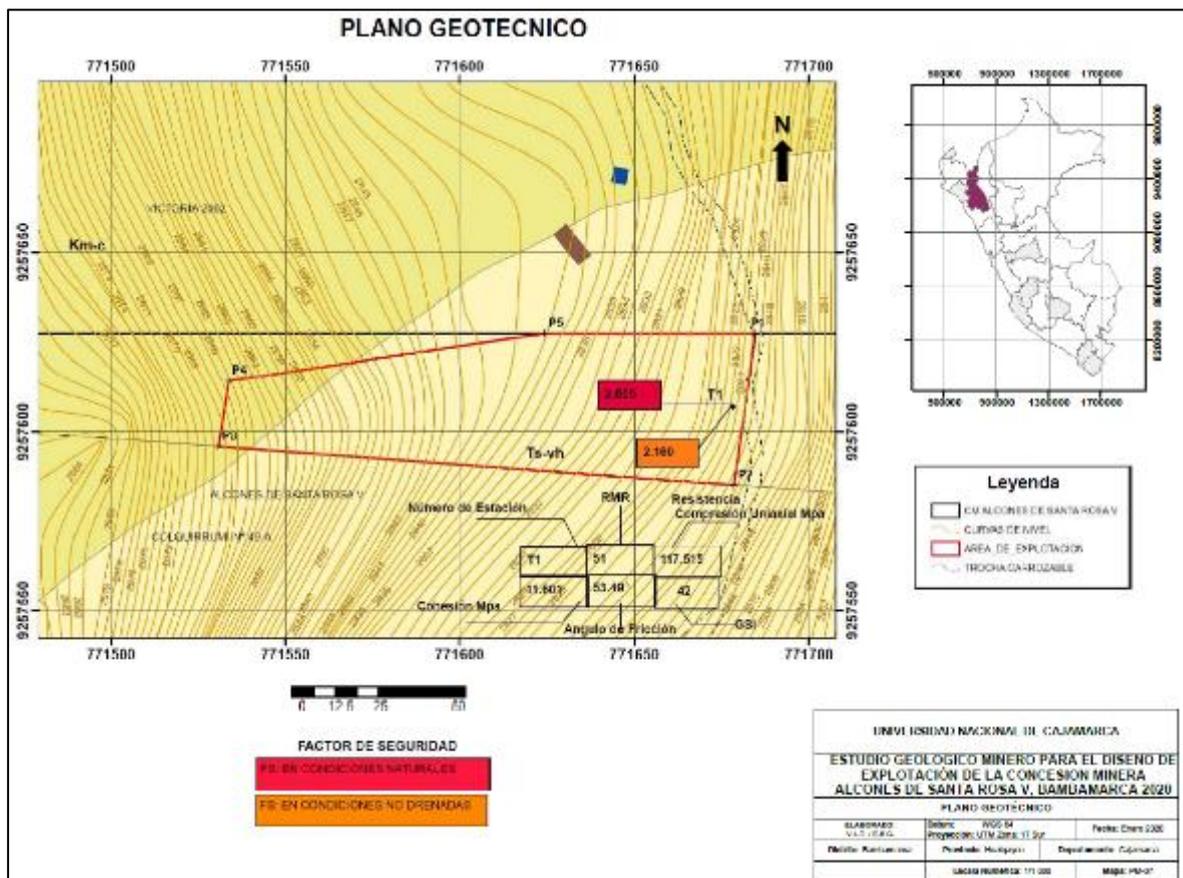


Figura N° 17: Plano geotécnico de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V

3.7. Método de explotación

El mineral dentro del derecho minero “ALCONES DE SANTA ROSA V” se explotará por método a cielo abierto debido a que el material se encuentra en superficie y se profundiza. Para la extracción de la roca caliza en la cantera de explotación se diseñarán bancos superficiales. Mediante una compresora de aire incorporada de un martillo neumático se procederá a colocar barrenos en las paredes de la cantera para luego realizar el proceso de voladura como máximo 3 veces por semana, luego de este proceso con el uso de la retroexcavadora se derribará el material fragmentado hasta la plataforma de carguío, una vez terminado el primer corte se inicia con el segundo corte y así repetidamente.

La voladura con máximo desplazamiento permitirá que un porcentaje del material caiga directamente hasta la plataforma de carguío y el otro remanente quedará en el banco, éste será empujado hacia la plataforma de carguío con una retroexcavadora. En la plataforma se realizará el carguío con ayuda de maquinaria que acarreará el material a la zona de acopio a una distancia de 1 km aproximadamente.

3.8. Diseño de tajo

El diseño del tajo estará realizado en base a todos los parámetros calculados anteriormente y presentará una distribución de tal manera que permita una seguridad y evitar deslizamiento de taludes.

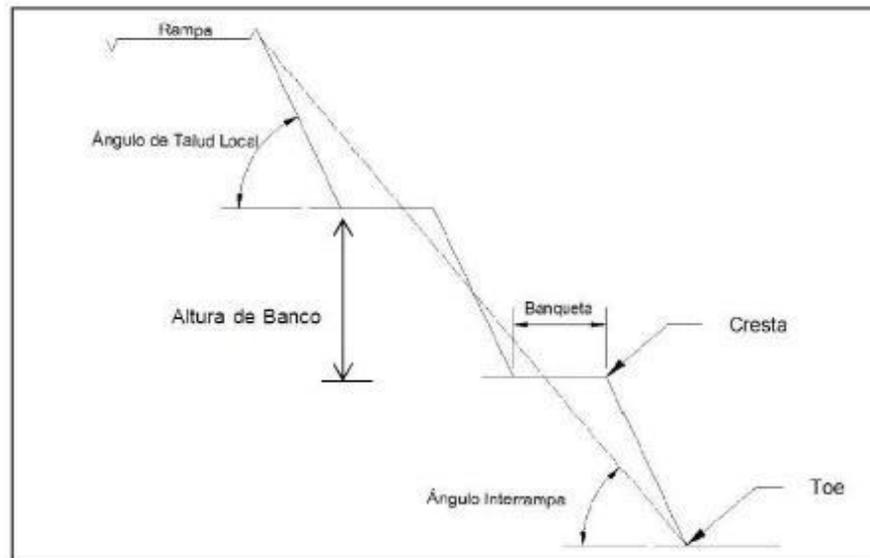


Figura N° 18: Partes de una sección de un talud.

Tabla N° 12

Determinación del número de bancos.

NÚMERO DE BANCOS		
Altura según potencia de reservas para 2020		
Reservas Probadadas		
Potencia del Yacimiento	m	25
Reservas Probables		
Potencia del Yacimiento	m	12.5
Total		37.5
Altura de banco		
Altura de banco	m	7
Altura total de yacimiento	m	37.5
N° de Bancos		5.3571429
	Total	5 Bancos

Considerando una altura de 7 metros de altura de banco, se realizarán 5 bancos en el año 2020, siendo una variable dependiente del ritmo y cantidad de producción.

3.8.1. Altura de Banco (H)

La altura depende del equipo que se utilizará en la operación, siendo una Excavadora CAT, modelo 345 LRE, con capacidad de altura máxima de corte de 14.875 metros, pero debido a la producción diaria de la mina solo se ha establecido un banco de 7 metros de altura.

Tabla N° 13

Determinación de la altura de banco.

ALTURA DE BANCO		
EXCAVADORA CAT		
MODELO	345 LRE	
CAPACIDAD DE CARGA	KG	55800
ALTURA MAXIMA DE CORTE	M	14.875
Altura de banco		
Altura de banco	m	7

3.8.2. Ancho de banquetta (w)

El ancho mínimo de banquetta viene dado por la fórmula:

$$8) \quad w = 0.2 (H) + 4.6$$

Donde

W: Ancho de banquetta (metros)

H: Altura de banco (metros)

Ancho de banquetta = 6 m

3.8.3. Ángulo de banco

El ángulo de banco se determinó con los análisis en el programa SLIDE, considerando un ángulo de 65° para los bancos del proyecto Alcones de Santa Rosa V.

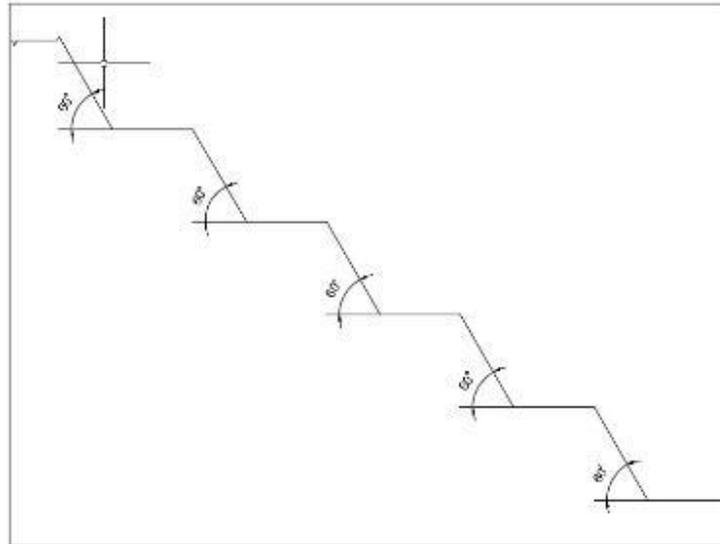


Figura N° 19: Sección transversal con ángulo de banco.

3.8.4. Ángulo Interrampa

Con los datos de ancho de banquetas y la cantidad de taludes proyectados para el 2020 se obtiene un ángulo interrampa de 39° .

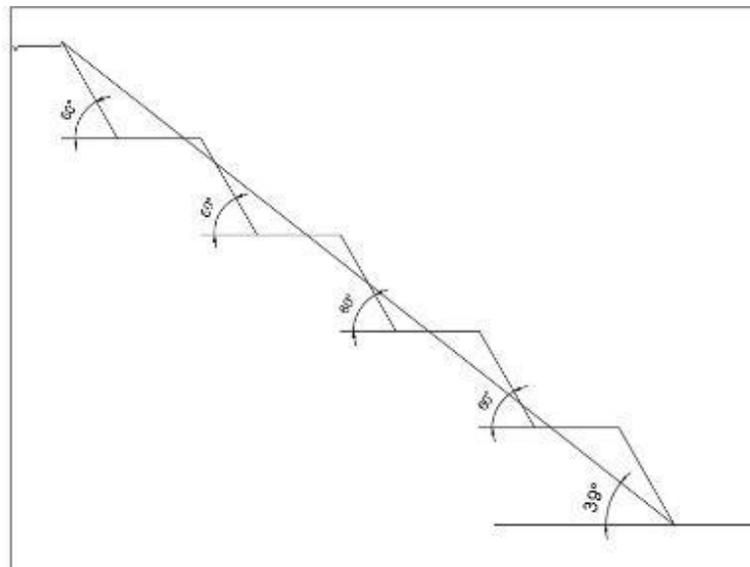


Figura N° 20: Sección transversal con ángulo interrampa.

3.8.5. Ancho de rampa

El cálculo del ancho de rampa se realiza a través de la siguiente fórmula, y es uno de los parámetros muy importante a tomar en cuenta ya que una de las principales variables de la fórmula es el ancho máximo del vehículo más grande de la operación.

$$9) AP = a(0.5 + 1.5n)$$

$$AP = 5$$

Donde:

AP: Ancho de pista (rampa)

a: Ancho del vehículo más grande.

n: Número de carriles.

3.9. Parámetros de explotación

Los parámetros de explotación fueron determinados en base al estudio de estabilidad de taludes realizados, determinando los siguientes resultados.

Tabla N° 14

Parámetros de explotación.

PARÁMETROS DE EXPLOTACIÓN	
Ángulo Inter-rampa	39°
Talud de banco	60°
Altura del banco	7 metros
Berma de seguridad	4.0 metros
Ancho de rampa	5.0 metros
Gradiente	10 – 12%

3.10. Ciclo de Minado para la extracción de la roca Caliza

1°) Desbroce:

En el área de la Cantera no se observa un gran recubrimiento orgánico, la mayor parte del área superficial está conformada por afloramientos rocosos. El material económico se encuentra cubierto por escaso material estéril de desbroce siendo necesario el retiro de dicho material, el desbroce se realizará generalmente a pulso, cuando la formación no lo permita se utilizará explosivos.

2°) Extracción:

Luego de eliminar el material estéril el mineral económico se extraerá usando explosivos, generalmente se extraerá material que es fragmentado utilizando una retroexcavadora y en cantidades menores de manera manual con el uso de barretas y combas para luego proceder a su almacenamiento en la plataforma de carguío.

3°) Carguío y Acarreo:

Se procederá a cargar la piedra caliza con ayuda de una retroexcavadora, para luego acarrearla en dos volquetes hacia las zonas de acopio y preparación de piedra de las diferentes plantas de quemado.

3.11. Cálculo de reservas

La estimación de recursos se ha desarrollado por el método geométrico, obteniendo parámetros de dimensiones para realizar este método como son; largo, ancho y altura del material.

Tabla N° 15

Reservas del proyecto Alcones de Santa Rosa V.

PLAN DE MINADO: ALCONES DE SANTA ROSA V		
Reservas Probadas		
Area del Terreno Superficial	m2	4861.16
Potencia del Yacimiento	m	25
Densidad de Roca (Caliza)	TM/m3	2.85
Volumen del Yacimiento	m3	121529
Peso del Yacimiento	TM	346357.65
Total		346357.65
Reservas Probables		
Area del Terreno Superficial	m2	4861.16
Potencia del Yacimiento	m	12.5
Densidad de Roca (Caliza)	TM/m3	2.85
Volumen del Yacimiento	m3	60764.5
Peso del Yacimiento	TM	173178.83
Total		173178.83

Tabla N° 16

Resumen del cuadro de reservas del proyecto Alcones de Santa Rosa V.

	CANTIDAD TM
Reservas probadas	346 357.65
Reservas probables	173 178.825
RESERVAS TOTALES	519536.475

3.12. Programa de producción

Producción Proyectada

Se basa en la extracción de roca caliza (CaCO_3), debido al posible incremento de la demanda del mercado se verá en la necesidad de ampliar extracción anual de roca caliza y se estimará de acuerdo a la extracción diaria en toneladas métricas y los días laborables.

Tabla N° 17

Cálculo de extracción de reservas actuales.

Extracción de roca caliza			
Días Laborables/Mes	Producción Diaria	Producción Mensual	Producción Anual
26	100 TM	2500 TM	30000 TM

Esta producción depende del mercado al cual se comercializa el producto, existiendo días en los cuales se llegará a la producción proyectada, pudiendo mantenerse o disminuir según la demanda lo amerite.

Productos a generar y cantidad de producción proyectada

El producto a generar en el proyecto: "ALCONES DE SANTA ROSA V" será únicamente Roca Caliza (CaCO_3), la cantidad de producción de material útil se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla N° 18

Cálculo de producción.

Reservas totales	Material útil	Total de material útil	Total de material Inerte
519536.475	0.9	467582.8275	51953.6475

Generación de subproductos

Se obtendrán residuos de piedra caliza, aproximadamente 51953.6475 TM durante toda la vida útil del proyecto. Estos residuos obtenidos serán recolectados y dispuestos en una cancha de desmonte.

3.13. Vida esperada de la Mina

El tiempo de vida del proyecto, en la etapa de operación está determinada en función a la reserva de roca caliza y el consumo estimado proyectado con un promedio anual 30 000 TM/año, como se demuestra en los siguientes cálculos:

- Reservas totales: 519 536.475 TM
- Extracción Anual: 30 000 TM/año
- Total de material útil: 467 582.8275 TM
- Vida de Mina = Total de material útil / Extracción anual

$$\text{Vida de Mina} = 467\ 582.8275\ \text{TM} / 30\ 000\ \text{TM/año}$$

Vida de Mina = 15 años

3.14. Cálculos del diseño de perforación y voladura

Basándose en la estabilidad de taludes, clasificación geomecánica y las dimensiones de la cantera, el estudio presenta los resultados de los cálculos de diseño de perforación y voladura para una altura de banco y diámetro de broca como se indican a continuación:

$$\text{Altura de banco} = 7\ \text{m}$$

$$\text{Diámetro de taladro} = 1''$$

Cálculo de la altura crítica del banco

La altura crítica es función del diámetro del taladro (\emptyset).

$$10) H_{\text{crítica}} = (\emptyset(\text{mm}))/15$$

Para $\varnothing = 1.0'' = 25.4 \text{ mm}$

$H_{CRITICA} = 25.4 \text{ mm} / 15 = 1.69 \text{ m}$

$H_{CRITICA} = 1.69 \text{ m}$

Altura de Banco

La altura del banco debe ser mayor que la altura crítica, para ello, a continuación, se realiza el cálculo de la altura crítica que está en función directa del diámetro del taladro.

$H \text{ Banco} \geq H \text{ Critica} \geq 1.69 \text{ m.}$

$H \text{ Banco} = 7 \text{ m} \geq 1.69 \text{ m}$

Selección de Explosivo

La selección de explosivos se realizará a través del siguiente cuadro, teniendo en cuenta los datos de resistencia a la compresión simple de la roca Caliza y el espaciamiento promedio de las fracturas.

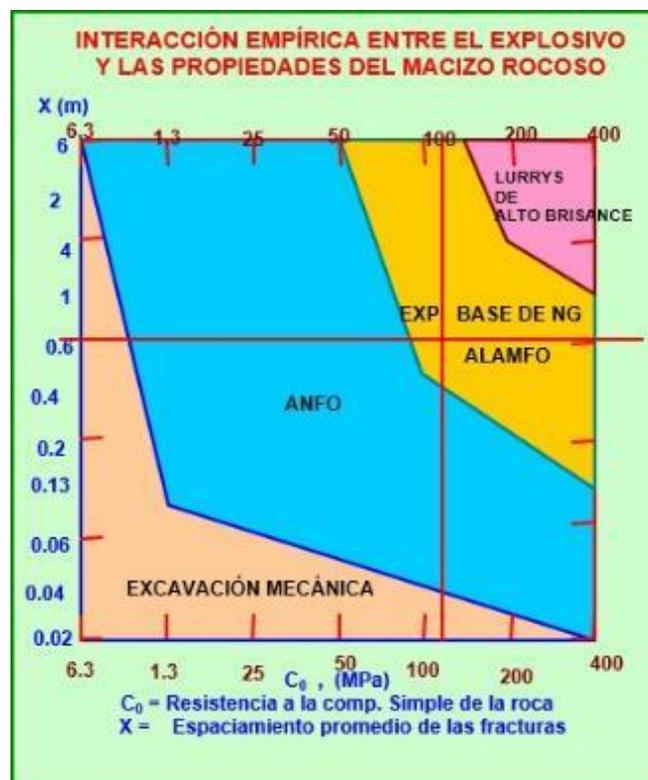


Figura N° 21: Interacción empírica entre el explosivo y las propiedades del macizo rocoso.

En Alcones de Santa Rosa V la resistencia a la compresión simple es 117.515 MPa y el espaciamiento promedio de las fracturas es de 1 m. De esta manera se puede seleccionar un ANFO aluminizado o un explosivo en base de Nitroglicerina, como la Dinamita.

Sobre Perforación (SP).

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

$$11) \quad SP = 12 \varnothing$$

$$SP = 12 (25.4 \text{ mm}) = 304.8 \text{ mm}$$

$$SP = 0.30 \text{ m}$$

Longitud de Taladro (LT)

La longitud de perforación es igual a la altura de banco más la sobre perforación.

$$12) \quad LT = (H) + SP$$

$$LT = 7 + 0.3$$

$$LT = 7.3 \text{ m}$$

Cálculo de Taco (T)

Es la longitud del taladro que se coloca el material inerte (detritos o arcilla).

$$13) \quad T = 30 X \varnothing \text{ (Para cantera)}$$

$$T = 30 X (25.4 \text{ mm}) = 762 \text{ mm}$$

$$T = 0.7 \text{ m}$$

Cálculo del Burden (B)

El burden es la distancia entre la fila de taladro y la cara libre.

Roca dura RMR de 65 A 70.

$$14) \quad B = 36 \varnothing$$

$$B = 36 X 25.4 = 914.4 \text{ mm}$$

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

Cálculo del Espaciamento (E)

Es la distancia entre los taladros de una fila.

$$15) E = Ke \times B$$

$$Ke = 1$$

$$E = 1 \times B$$

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

Radio de Longitud del Burden (L / B)

Es la relación de la longitud del taladro y el burden, esta distancia no debe ser superior a 3.2.

Consignando bancos de 7 metros esta medida se logrará realizando voladuras parciales de 2.9 m de altura de banco, hasta llegar a cumplir con los 7 metros del banco.

$$16) RAD = \frac{L}{D} = \frac{1.69}{0.9} = 1.88$$

Cálculo de Carga de Fondo (CF)

Es la columna de carga de explosivo iniciando del fondo del taladro para obtener una mejor distribución de carga explosiva.

$$17) CF = 1.3 B$$

$$CF = 1.3 \times 0.9 = 1.17$$

$$CF = 1.17 \text{ m}$$

Carga de Columna (CC)

Es la columna de carga de explosivo que va luego de la carga de fondo.

$$18) CC = LT - (CF + T)$$

$$CC = 7.3 \text{ m} - (1.17 + 0.70 \text{ m}) \quad CC = 7.3 \text{ m} - 1.87 \text{ m}$$

$$CC = 5.43 \text{ m}$$

Cantidad de Explosivo por Taladro (Q)

La cantidad de explosivo por taladro es la suma entre la carga de fondo y la carga de columna, el cálculo se realiza de la siguiente forma:

Cantidad de explosivo en el fondo del taladro (Qf)

$$19) Qf = \frac{de (3.5)(\emptyset)(CF)}{8}$$

Donde:

de : densidad del explosivo

\emptyset : diámetro del taladro

CF : longitud de carga de fondo

Entonces:

$$Qf = \frac{1.14(3.15)(0.0254^2)(1.17)x1000}{8}$$

$$Qf = 0.3388 Kg$$

Cantidad de explosivo en la columna del taladro (Qc)

$$20) Qc = \frac{de (3.15)(\emptyset)(CC)}{4}$$

Donde:

de : densidad del explosivo.

\emptyset : diámetro del taladro

CC : longitud de carga de columna

Entonces:

$$21) Qc = \frac{1.14(3.15)(0.0254^2)(5.43)x1000}{4}$$

$$Qc = 3.1450 Kg$$

Cantidad de explosivo total por taladro (Q)

$$22) Q = Q_f + Q_c$$

$$Q = 0.3388 + 3.1450 = 3.4838 \text{ Kg}$$

$$Q = 3.4838 \text{ Kg}$$

Parámetros de Perforación

Tabla N° 19

Parámetros de Perforación.

Altura de banco	7 m
Altura de Banco crítico	1.69 m
Diámetro de taladro	25.4 mm = 1.0"
Sobre perforación	0.30 m
Longitud de perforación	7.3 m
Burden	0.90 m
Espaciamiento	0.90 m
Carga de fondo	1.17 m
Carga de columna	5.43 m
Explosivo carga de fondo	0.3388 Kg
Explosivo carga columna	3.1450 Kg

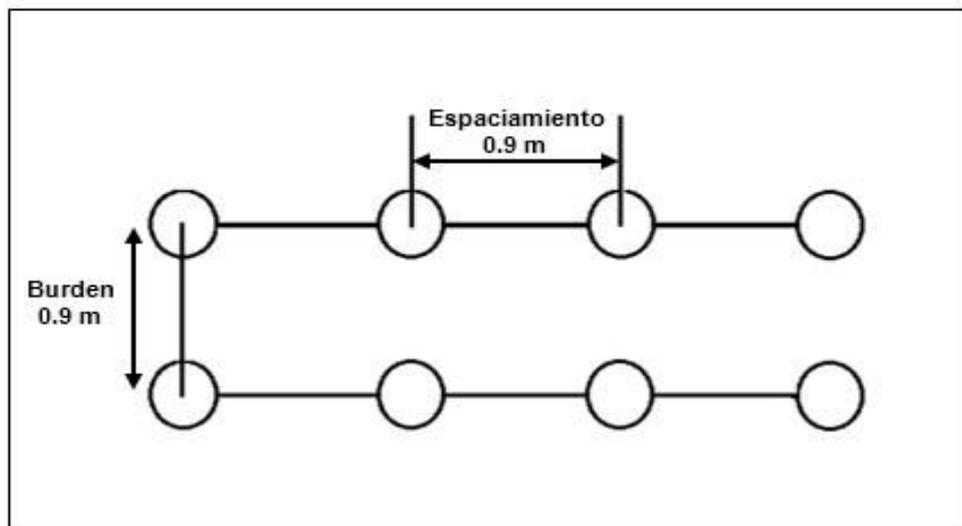


Figura N° 22: Trazo de malla de perforación.

3.15. Parámetros de Explosivos

Para la voladura en la cantera se trabajó con FAMESA SAC.

Para nuestro caso usaremos **dinamita Famesa Semigelatina 65**, es un explosivo fabricado a base de Nitroglicerina, es sensible al Fulminante Común N° 6 que presenta un alto poder rompedor y tiene buena resistencia al agua, para voladuras en rocas de dureza intermedia a dura, son explosivos versátiles y adecuadamente utilizados proporcionan buenos resultados en cuanto a fragmentación y economía.

Parámetros de Voladura

Tabla N° 20

Parámetros de Voladura.

Tonelaje programado por mes	2500 TM
Tonelaje por día	100TM
Taladros por disparo	08 taladros
Cartuchos por taladro	05 cartuchos
Cartuchos por disparo	40 cartuchos
Tonelaje por taladro	12.5 TM
Profundidad por taladro	2 metros
Fulminante N° 6 por taladro	1 unidad
Peso de cartucho de dinamita	0.0801 kg.
Mecha de seguridad por taladro	2.4384 metros

Cálculo de explosivos por día

Tabla N° 21

Cálculo de explosivos por día.

Taladros por día	8 taladros
Cartuchos por día	40 cartuchos
1 taladro se carga	0.4141 Kg
Fulminantes por día	8 fulminantes
Mecha lenta	19,5072 m/día

Cálculo de explosivos por mes

Tabla N° 22

Cálculo de explosivos por mes.

25 disparos por mes	1000 cartuchos
25 disparos por mes	82,82 Kg.
25 disparos por mes	200 fulminantes
25 disparos por mes	487,68 de mecha

Cantidad de explosivo calculado

- Dinamita:

$12000.00 \text{ cartuchos} \times 0.0801 \text{ kg/cartuchos} = 961.2 \text{ kg}$

$25 \text{ kg/caja} = 38.448 = \mathbf{38 \text{ cajas.}}$

- Anfo: $993.84 \text{ kg} / 50 \text{ kg/caja} = 19.8768 = \mathbf{20 \text{ cajas.}}$

- Fulminante: $2400.00 \text{ unidades} / 100 \text{ unidades/caja} = 24 \text{ cajas} = \mathbf{24 \text{ cajas.}}$

- Mecha lenta: $5852.16 \text{ metros} / 1000 \text{ metros/caja} = 5.85216 \text{ cajas} = \mathbf{6 \text{ cajas}}$

Posterior a la voladura

Derribo

Luego de la voladura el 70% de la caliza queda fracturada, es ahí donde se hace uso de combos, barretas y con la fuerza del recurso humano, se reduce el material a tamaños entre 2 – 4 pulgadas.

Una vez reducido el material se derriba hacia las plataformas de recepción para luego ser cargadas por la maquinaria pesada para ser trasladada hacia el lugar donde se realizará su recuperación.

La caliza es transportada mediante volquetes desde la plataforma de carguío hacia la cancha de almacenamiento o directamente hacia los hornos para su adecuada calcinación.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Jiménez (2018), determina que las reservas probadas fueron de 1249771.5 m³, sin mencionar las reservas probables ni totales, mientras que en nuestra investigación calculamos las reservas probables 346357.65 TM, probadas de 173178.83 TM, y totales de 519536.475 toneladas.

Benito y Huaman (2018) determinan como método de explotación óptimo "Tipo Canteras de Avance Frontal"; con este se determinó el planeamiento de minado para 25 años con la explotación de 22 niveles, en nuestro estudio determinamos que la vida útil de la mina es de 15 años.

Buendía y Valdivia (2018) calculan una producción de 18720 m³/año, la vida útil calculada fue de 60 años. Determinaron que la explotación será por el método superficial con ángulo de talud final de 28°, ángulo de talud operacional de 55°, altura de bancos de 8m, ángulo interrampa de 35°. La producción en la cantera Alcones de Santa Rosa V, fue calculada en 30 000 TM anuales.

4.2 Conclusiones

- El diseño de explotación de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V, se realizará por tajeo superficial Ángulo Inter-rampa de 39° , Talud de banco de 60° Altura del banco de 7 metros, Berma de seguridad de 4.0 metros, Ancho de rampa de 5.0 metros, Gradiente entre 10 – 12%.
- La geología de la concesión minera está compuesta principalmente por la formación Cajamarca y huambos.
- La calidad de los macizos rocosos mediante las clasificaciones geomecánicas RMR, GSI arrojan una Clase III correspondiendo a calidad Regular.
- La vida útil de la cantera de la concesión minera Alcones de Santa Rosa V. será de 15 años.
- La cantidad de explosivos a utilizar. 1000 cartuchos, 82,82 Kg. 200 fulminantes y 487,68 de mecha mensualmente.

REFERENCIAS

Benito O. Huamán I. (2014). *Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera Santa Rosa 94-I C.C. Llocllapampa*. Tesis pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.

Buendía J., Valdivia D. (2018). *Propuesta de un plan de minado para la Cantera de Agregados San Isidro – Unidad Minera Cobriza*. Tesis de grado. Arequipa.

Díaz A. Ramírez, J. (2009), *Compendio De Rocas y Minerales Industriales Del Perú – Boletín N° 19 Serie B – Geología Económica Lima – Perú*.

Duque, G. (2016). *Manuel de Geología para Ingenieros*. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/245/ciclogeologico.pdf>

FONCODES (2010). "Guía de Evaluación del Impacto Ambiental, Ley 29030", Lima, Perú.

García D. (2015). *Propuesta de un nuevo diseño para incrementar la producción de una cantera de agregados ubicada en el estado de Mexico*. Universidad Autónoma de México.

Hernández S., Fernández C. Y Baptista L. (2010). *Metodología de la investigación: Quinta Edición – INTERAMERICANA. EDITORES, S.A. DE C.V. México*.

Herrera J. (2006). *Métodos de explotación de minería a cielo abierto*. Universidad politécnica de Madrid, Escuela Técnica superior de ingenieros de minas. España.

Jiménez L. (2018). *Incremento de producción elaborando un plan de minado en la cantera Josmar-empresa Mabeisa SAC – Ferreñafe 2017*. Tesis de grado. Chiclayo.

Recalde E. (2010). *Metodología de planificación minera a corto plazo y diseño minero a mediano plazo en la cantera Pifo*. Escuela Superior politécnica del Litoral. Facultad de ciencias de la tierra. Tesis de grado. Ecuador.

Taype E. (2016). *Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayacachi*. Tesis de grado. Universidad Nacional del centro del Perú. Huancayo.

Vargas M. (2011). *Modelo de Planificación Minera de Corto y Largo Plazo Incorporando Restricciones Operacionales y Mezclas, Ubicado en Santiago de Chile*: Universidad de Chile, Recuperado de: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-vargas_mv/pdfAmont/cf-vargas_mv.pdf

ANEXOS

LEVANTAMIENTO DE DISCONTINUIDADES EN ESTACIONES GEOMECANICAS

MECANICA DE ROCAS		LUGAR: Alcones de Santa Rosa V		PROYECTO: PLAN DE MINADO ALCONES DE SANTA ROSA V	
SECTOR: Caserio Apán Bajo		FECHA: 07/07/2018		HOJA: 1 de 3	
NIVEL: N: 9257611 m		E: 771670 m		Z: 2837 m	

ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO	
ABUT	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
40		0 m	10 m

TIPO DE ROCA		FRECUENCIA	
A	%	%	Infrec. / ref.
SEDIMENTARIA	100	-	7

ESPACIAMIENTO		RELLENO		COMENTARIOS	
TIPO	ESPACIAMIENTO	TIPO	ESPESOR		
ESTRUC. DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO				
J1	220	30	-	-	-
J2	220	25	-	-	-
J3	220	30	-	-	-
J4	230	35	-	-	-
J5	223	56	-	-	-
J6	220	0	-	-	-
J7	215	28	-	-	-
J8	216	29	-	-	-
J9	219	36	-	-	-
J10	223	24	-	-	-
J11	225	22	-	-	-
J12	226	30	-	-	-

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)		RANGO DE VALORES		VALOR	
1	20-50	10-20	10-10	20-50	14
2	50-75	25-50	15-10	25-50	16
3	75-100	50-75	10-5	50-75	18
4	100-125	100-75	5-0	100-125	20
5	125-150	150-100	0-0	125-150	22

CLASE DE MACIZO ROCOSO		VALOR TOTAL RMR (Suma de valores en la 5) = 51	
I Buena	80-61	II Buena	61-41
III Buena	41-21	IV Buena	21-0
V Buena	0-0	VI Buena	0-0

Tilt Test	
Valor (°)	

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS	RANGORES
	IDENTIFICACION DE CAMPO	COMP (MPa)
R1	De donde con golpes firmes con punta de martillo de golpe se desmenuza con cascabeo	10 - 50
R2	Si de donde se dificulta en cascabeo. Necesario profundizar en el golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se resaca cascabeo. Las muestras se rompen con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con golpe firme del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 200
R6	Solo se rompe esquivando la muestra con el martillo	> 200



ESTACION GEOMECAINICA EG-01

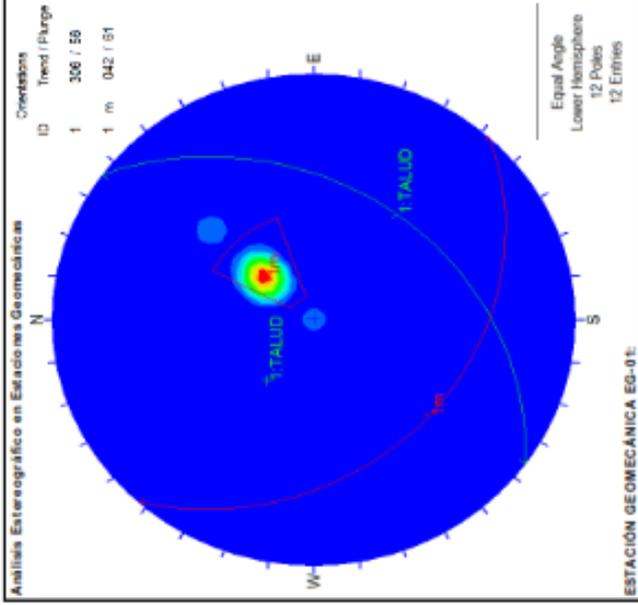
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
GRA	Roca Granítica
MET	Roca Metamórfica
MVOL	Roca Metavolcánica
ARG	Argilico

ABREVIACION TIPO DE ESTRUCTURAS	
J	Junta
F	Falla
mF	Microfalia
30	Esquelet
Dq	Diq
SH	Corte
Ct	Contacto
EQD	Esqueletad

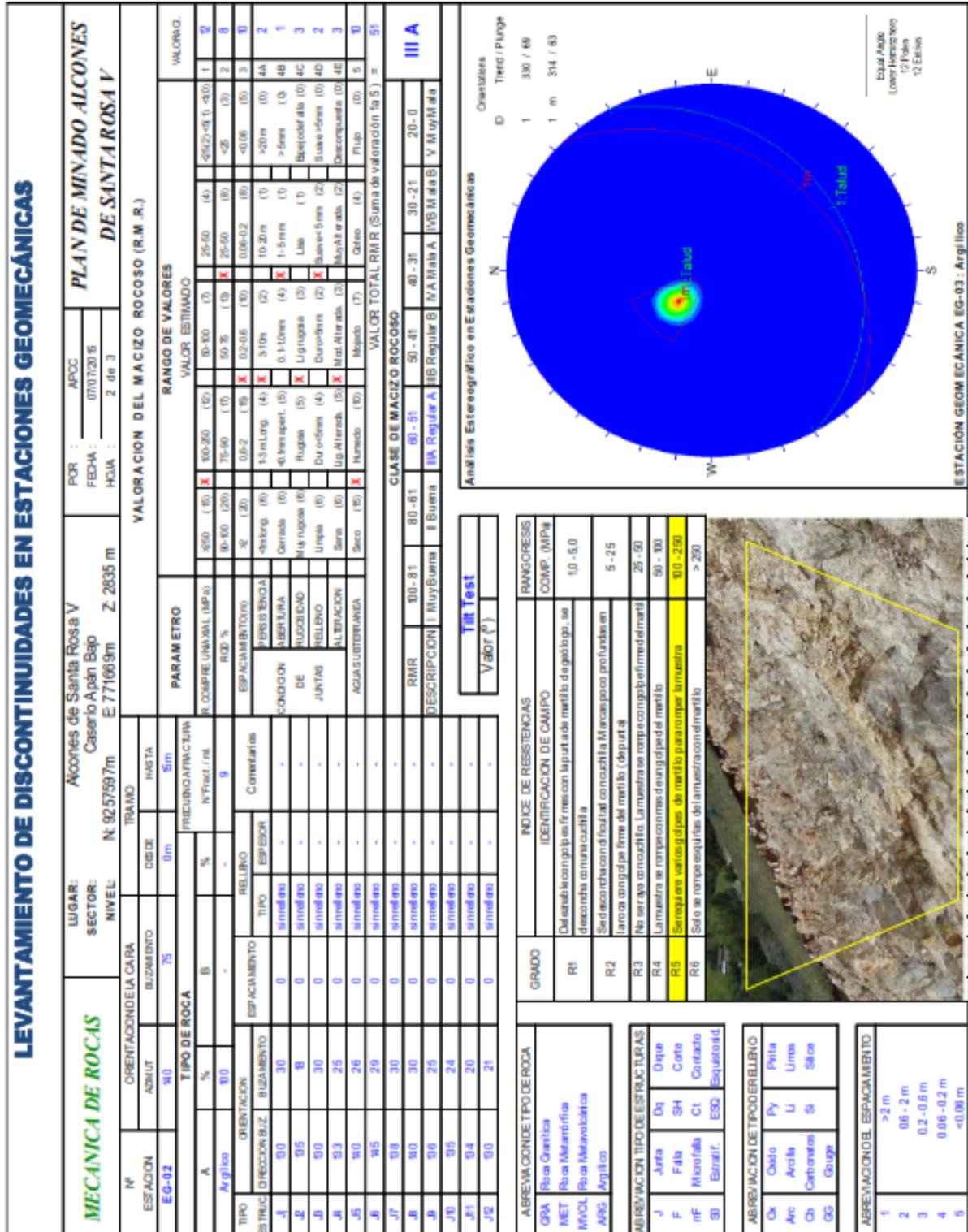
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO	
Ok	Oxido
Py	Pyritas
Arc	Arcilla
Li	Limas
Si	Siliceo
Gg	Grafito

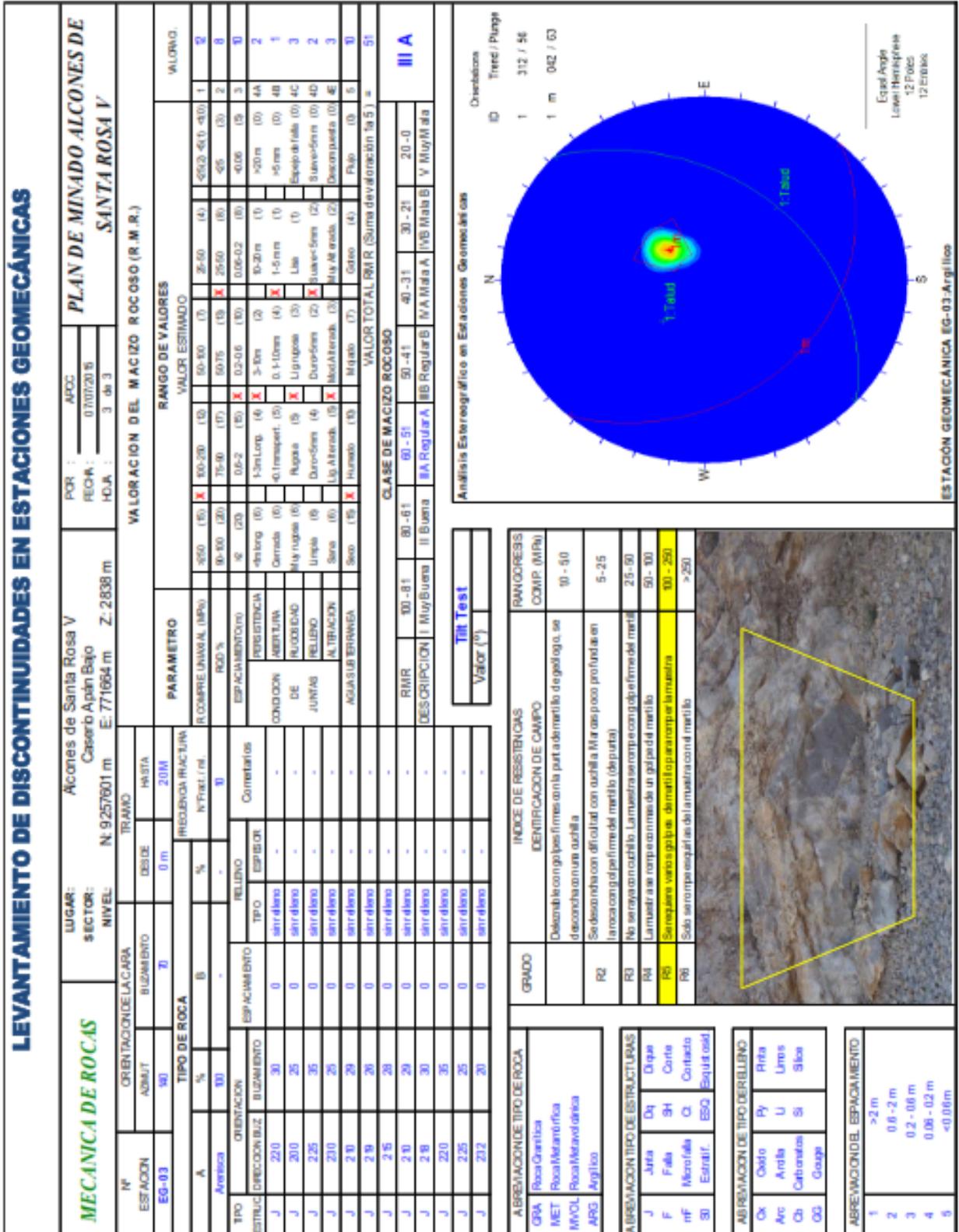
ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.2 - 0.6 m
4	0.06 - 0.2 m
5	< 0.06 m

Análisis Estereográfico en Estaciones Geomecánicas



ESTACION GEOMECAINICA EG-01





Parámetros de Explosivos

Cuadro N° 1

Características técnicas de la dinamita Famesa semigelatina

	Famesa semigelatina 45	Famesa semigelatina 65	Famesa semigelatina 80
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)	1,12	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	5 200	5 600
	S/CONFINAR **	3 500	3 900
PRESIÓN DE DETONACIÓN (Kbar)	76	83	91
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)	65	70	75
FUERZA HESS (mm)	22	22	23
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)	880	910	920
RESISTENCIA AL AGUA	Buena	Muy Buena	Muy Buena
CATEGORÍAS DE HUMOS	Primera	Primera	Primera

* Velocidad de detonación en tubo de 1½ pulgadas de diámetro.

** Velocidad de detonación como cartucho de 7/8 de pulgadas de diámetro.

*** Potencia relativa referida a la Gelatina Explosiva (Trauzl) con potencia convencional de 100.

Cuadro N° 2

Características técnicas de la dinamita Famesa semigelatina

	MATERIAL DE CAJA	CAPACIDAD DE CAJA (Pza)	PESO NETO (Kg)	PESO BRUTO (Kg)	DIMENSIONES EXTERIORES (cm)
SEMIGELATINA 45 7/8" x 7"	Cartón	316	25,0	26,5	42,0 x 30,8 x 31,3
SEMIGELATINA 45 1" x 7"	Cartón	244	25,0	26,5	42,0 x 30,8 x 31,3
SEMIGELATINA 45 1" x 8"	Cartón	212	25,0	26,5	44,6 x 30,5 x 31,0
SEMIGELATINA 65 7/8" x 7"	Cartón	312	25,0	26,5	42,0 x 30,8 x 31,3
SEMIGELATINA 65 1" x 7"	Cartón	240	25,0	26,5	42,0 x 30,8 x 31,3
SEMIGELATINA 65 1" x 8"	Cartón	208	25,0	26,5	44,6 x 30,5 x 31,0
SEMIGELATINA 80 7/8" x 7"	Cartón	296	25,0	26,5	42,0 x 30,8 x 31,3
SEMIGELATINA 80 1" x 7"	Cartón	228	25,0	26,5	42,0 x 30,8 x 31,3