



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

Estudio del Método de Circado para la Explotación de Vetas Angostas  
en la Mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera de Minas

**AUTORAS:**

De La Cruz Asalde, Katherine Vanessa (ORCID: 0000-0002-8462-2071)

Valdivia Castillo, Nahomi Antoinette (ORCID: 0000-0003-0453-1979)

**ASESORES:**

Mg. Salazar Cabrejos, Rosa Eliana (ORCID: 0000-0002-1144-2037)

Mg. Salazar Ipanaqué, Javier Ángel (ORCID: 0000-0002-7909-6433)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Evaluación de Yacimientos Minerales

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso para 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. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A la Mg. Rosa Eliana Salazar Cabrejos y al Mg. Javier Ángel Salazar Ipanaqué, por la asesoría brindada en el desarrollo del presente informe de tesis.

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.

***Las autoras***

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por bendecirnos en 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 Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Cesar Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

***Las autoras***

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos.....	16
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS.....	53

## Índice de tablas

<b>Tabla 01.</b> <i>Geología Regional del área de estudio</i> .....	18
<b>Tabla 02.</b> <i>Geología distrital del área de estudio</i> .....	20
<b>Tabla 03.</b> <i>Potencia de vetas en la Mina Nueva Esperanza</i> .....	21
<b>Tabla 04.</b> <i>Clasificación - Índice de calidad de la roca (RQD)</i> .....	22
<b>Tabla 05.</b> <i>Clasificación Rock Mass Rating de la Caja Techo</i> .....	23
<b>Tabla 06.</b> <i>Clasificación Rock Mass Rating del Mineral</i> .....	24
<b>Tabla 07.</b> <i>Clasificación Rock Mass Rating de la caja piso</i> .....	25
<b>Tabla 08.</b> <i>Características geológicas y geomecánicas</i> .....	26
<b>Tabla 09.</b> <i>Clasificación de los métodos mineros en función de la geometría y distribución de las leyes en el yacimiento</i> .....	27
<b>Tabla 10.</b> <i>Clasificación de los métodos mineros en función de las características geomecánicas de las rocas: zonas del mineral</i> .....	28
<b>Tabla 11.</b> <i>Métodos de explotación según las características geomecánicas de la caja techo.</i> .....	29
<b>Tabla 12.</b> <i>Los métodos mineros en relación a las características geomecánicas de la caja piso.</i> .....	30
<b>Tabla 13.</b> <i>Factores de peso de Nicholas</i> .....	31
<b>Tabla 14.</b> <i>Orden de selección para métodos de explotación según metodología de Nicholas</i> .....	32
<b>Tabla 15.</b> <i>Parámetros de perforación</i> .....	33
<b>Tabla 16.</b> <i>Parámetros de voladura</i> .....	34
<b>Tabla 17.</b> <i>Relación entre el valor del RQD y la calidad de la roca</i> .....	65
<b>Tabla 18.</b> <i>Parámetros y puntaje de valores para la clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)</i> .....	65
<b>Tabla 19.</b> <i>Ajuste por orientación de discontinuidades</i> .....	66
<b>Tabla 20.</b> <i>Ajuste de la valoración por orientación de discontinuidades</i> .....	66
<b>Tabla 21.</b> <i>Categorías de la clasificación geomecánica</i> .....	66

## Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Ubicación de la Mina Nivel II - Nueva Esperanza .....	17
<i>Figura 02.</i> Diseño de malla de perforación en Chimenea – Veta Cris .....	35
<i>Figura 03.</i> Diseño de malla de voladura en Chimenea 1 m x 2 m .....	36
<i>Figura 04.</i> Diseño de malla de perforación en Subnivel – Veta Rosario .....	37
<i>Figura 05.</i> Diseño de malla de voladura en Subnivel – 1.20 m x 1.80 m .....	38

## Resumen

El presente informe de investigación tuvo por finalidad realizar un estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II - Algamarca. La investigación surgió de la observación del problema vinculado con la inadecuada explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza.

Tiene un tipo de investigación básica y un diseño de investigación no experimental descriptivo simple. Asimismo, se utilizaron técnicas de observación y análisis documental junto a instrumentos empleados como guías de observación, ficha de registro de datos. Se utilizaron programas como Excel y AutoCAD. Esta metodología le da a este informe el respaldo, sustento y seriedad respectiva.

Finalmente, se obtuvo como resultados que el método del circado permite la explotación de vetas angostas, todos estos resultados se presentan por medio de tablas e imágenes con sus respectivos análisis, contribuyendo a comprobar la hipótesis: que con la realización del estudio del método de circado se determinará la explotación adecuada de vetas angostas. Este trabajo permitió concluir que el estudio del método de circado requiere evaluar las condiciones geomecánicas y geológicas, ya que permiten estudiar las condiciones de la veta, y a partir de ello evaluar la manera de explotarla selectivamente.

**Palabras claves:** circado, geología, geomecánica, vetas angostas.

## **Abstract**

The purpose of this research report was to carry out a study of the circulation method for the exploitation of narrow veins in the Nueva Esperanza Nivel II mine - Algamarca. The investigation arose from the observation of the problem related to the inadequate exploitation of narrow veins at the Nueva Esperanza mine.

It has a basic research type and a simple descriptive non-experimental research design. Likewise, observation techniques and documentary analysis were used together with instruments used as observation guides, data record sheet. Programs such as Excel and AutoCAD were used. This methodology gives this report the support, support and respective seriousness.

Finally, the results were obtained that the circado method allows the exploitation of narrow veins, all these results are presented by means of tables and images with their respective analyzes, helping to verify the hypothesis: that with the study of the circado method the adequate exploitation of narrow veins will be determined. This work allowed to conclude that the study of the circado method requires evaluating the geomechanical and geological conditions, since they allow to study the conditions of the vein, and from this to evaluate the way to exploit it selectively.

**Keywords:** circado, geology, geomechanical, narrow veins.



## I. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad económica que juega un rol muy importante en la humanidad, desde sus orígenes cuando la comenzaron a utilizar para fabricar herramientas que mejoran su calidad de vida y permitan su subsistencia en el mundo. El método de explotación en minería subterránea es una decisión importante que deben tomar los ingenieros de minas. La elección de un plan de explotación adecuado en la extracción de un depósito mineral es muy importante en términos de economía, seguridad y productividad de las operaciones mineras.

La realidad problemática en la explotación de yacimientos es un punto clave en la minería que beneficia económicamente. Sin embargo, se presentan situaciones en las cuales, debido a una mala explotación de vetas, se puede llegar a generar mayores costos de procesamiento. Tal es el caso de la explotación de vetas angostas, la cual es económicamente viable si presenta leyes altas. Es por ello, que en esta investigación se estudió el método de explotación de vetas angostas, con el propósito de minimizar costos en operaciones y generar una mayor recuperación de la veta.

El estudio se realizó en la Mina Nueva Esperanza – Nivel II, la cual está ubicada en la localidad llamada San Blas de Algamarca, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. En el lugar de estudio se evidenció la presencia de vetas angostas con contenido de sulfuros y óxidos.

Según Loayza, Zárate y Galloso (2008) comentan que con el método del circado se extrae de manera selectiva la veta. Este abarca los procesos de perforación, voladura y extracción del material estéril que está debajo de la veta (en vetas manteadas horizontales) o del material estéril que está adyacente a la veta (en vetas verticales). Pese a ello aún existe un problema relacionado con la inadecuada explotación de vetas angostas que se define como uno de los grandes inconvenientes que existen en la minería a pequeña escala. Estas vetas presentan una potencia de 10 a 30 cm, pero poseen leyes altas, lo cual las hace de gran valor para su explotación. Sin embargo, debido a la aplicación de métodos inadecuados

para la explotación de este tipo de vetas, se genera pérdidas en la producción de la mina, provocado por diversas causas como: escasa investigación e información geológica, la mano de obra poco calificada, menor inversión.

La escasa investigación e información geológica es considerada como un gasto innecesario. Por lo cual, basan el desarrollo de sus operaciones mediante el seguimiento del cuerpo mineralizado, haciendo uso de herramientas básicas, con el objetivo de acceder rápidamente al mineral, generando un porcentaje de dilución alto. Una evidencia clara es lo que sucede en el sur de las regiones Ayacucho y Huánuco, donde el INGEMMET (2017) observó que los mineros artesanales no hacen uso de brújula, GPS, planos de sus labores, no reconocen la mineralización, originando que haya desvíos en sus labores, debido a las decisiones erróneas a las que incurrir.

La mano de obra poco calificada, hace referencia al uso de técnicas ineficientes y a su falta de conocimiento de nuevos métodos, dando como resultado la repetición en los procesos de explotación, ocasionando aumento de costos en la explotación del mineral. Un ejemplo claro, ocurrió en Bolivia, donde El Diario Opinión (2015) narra que en Comibol optaron por seguir usando los mismos equipos (perforadoras y barrenos), los mismos métodos de explotación y los mismos sistemas de contrato con perforistas, los cuales preferían la productividad antes que la selectividad. Esto dio como resultado, leyes excesivamente bajas, causando millonarias pérdidas y a su vez el cierre de minas.

La menor inversión en la minería a pequeña escala se debe a que ellos no invierten por el riesgo que existe en la comercialización. Además de que los mineros no cuentan con las herramientas para el proceso de formalización, teniendo como consecuencia una baja valorización del mineral. La Republica (2020), brinda una evidencia ocurrida en Costa Rica, la molestia de los coligalleros de Abangares, al ver dificultado su trabajo de minería artesanal, ya que al comercializar el oro, las personas han sido detenidas por los operativos realizados en Crucitas, donde la minería es ilegal, dando a conocer que El Poder Ejecutivo no ha tomado acciones. No han resuelto la situación tan delicada que se vive en Abangares, donde se vive

el hambre y desempleo, debido a la delicada situación de la nación, originada por la enfermedad del Covid-19.

Frente a todo lo expuesto se planteó la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede realizar una explotación adecuada de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca? Por ello, esta investigación asumió como objetivo general, realizar un estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II - Algamarca, y para tal fin se formuló los siguientes objetivos específicos: efectuar el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza - Nivel II, determinar el método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas y describir las operaciones unitarias de perforación y voladura desarrollados en el método de circado.

Con el desempeño de los objetivos trazados, se logró probar la hipótesis que con la realización del estudio del método de circado se determinará la explotación adecuada de vetas angostas.

Asimismo, la justificación de esta investigación se evidenció desde un punto de vista teórico, se consultó en diferentes bibliografías sobre los métodos de explotación, con el objetivo de obtener conceptos, los cuales permitieron abordar el presente informe. En lo metodológico, este informe presentó un interés en estudiar un problema que fue afrontado a partir del campo científico, acudiendo a diferentes metodologías, técnicas e instrumentos para reconocer la problemática.

Económicamente, se observó que el costo de minado e inversión del método aplicado es rentable, porque este va acorde a los requerimientos de la empresa. Finalmente desde un punto de vista Legal, ya que fue imprescindible recurrir al marco legal competente que permita determinar las normas a las que deben de adaptarse los mineros artesanales, para la aplicación idónea de la ley del caso expuesto.

## II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes internacionales se tuvo a Villacrés (2016), en su investigación titulada “Optimización de costos al sistema de explotación subterránea en la veta Kathy de la empresa PRODUMIN S.A.”, orientándose a reducir los costos de explotación en minas subterráneas, con el método de corte y relleno, concluyendo que con el uso de este método se obtiene una mayor productividad a bajos costos. Esta investigación supervisa las labores con altas leyes para explotar el recurso mineral de la mejor manera realizando un registro de calidad para controlar la dilución del mineral.

Por otro lado, Muruaga (2016) en su investigación titulada “Selección de métodos de explotación para vetas angostas”, cuya finalidad fue ejecutar un método selectivo de vetas angostas según las características que esté presente en el terreno, concluyendo que debido a la existencia de inseguridad en la elección del método de explotación para las situaciones mostradas precedentemente, la cual hace referencia al estudio geomecánico del yacimiento (geometría del yacimiento, condiciones geotécnicas, estado tensional, orientación de las estructuras, orientación de la unidad de explotación).

De esta manera orienta a que una de las causas más significativas en una mala explotación de vetas angostas, es la falta del estudio geomecánico del yacimiento, además hace referencia a que el método de sublevel Caving es mejor que el método de sublevel stoping para explotar yacimientos que presenten vetas angostas.

Entre los antecedentes nacionales se tuvo a Mena (2012) en su trabajo titulado “Planeamiento de minado subterráneo para vetas angostas: caso práctico; mina “Esperanza de Caravelí” de compañía minera Titán S.R.L”, con el objetivo de originar una guía que desarrolle un plan operativo – económico a corto plazo para minas subterráneas que exploten oro y sus vetas sean angostas, concluyendo que el método de explotación más eficiente, se le considera al de corte y relleno; ya que una de sus características principales, es que tiene un buen aprovechamiento, para

este tipo de vetas que se presentan con un promedio de 0.52 m. Por ello, se resalta que este método tiene una mayor selectividad, haciendo que la explotación de estas vetas sea considerada como un aumento en la producción de la mina, aumentando el tonelaje que tenía en un principio.

Asimismo, Concha (2014) en su investigación titulada “Explotación de vetas angostas mediante los métodos de circado – corte y relleno ascendente de la veta María Elena – unidad minera Eureka – CÍA. minera Cháparra”, explicando la explotación de vetas angostas de oro, a través de los métodos de circado – corte y relleno ascendente, concluyendo que el método de corte y relleno es el método de extracción mediante el cual se obtiene un 10% de dilución en su extracción y permite aprovechar la gravedad. Además el circado permite la extracción del mineral de alta ley, mientras el material estéril será usado como relleno del tajo.

Esta investigación realiza un estudio geomecánico del yacimiento mediante las clasificaciones geomecánicas RMR y RQD, el cual es importante para el diseño de minado y al momento de evaluar las operaciones unitarias.

Por su parte, Falen (2016) en su investigación titulada “Rentabilidad en la recuperación de puentes y pilares por el método de explotación de circado en la minería artesanal de la comunidad campesina de Llacuabamba – Parcoy – Patáz – La Libertad”, con el propósito de minimizar la dilución que se obtiene durante la explotación, aplicando el método de circado. Se concluye que el método de circado, aumenta el porcentaje de recuperación de mineral, con relación a realizar solo una voladura, en la obtención de puentes y pilares.

Esta investigación efectúa un estudio preliminar para desarrollar el proyecto, dentro del cual considera diseñar la perforación y voladura teniendo en cuenta el método de explotación de circado. Se considera las características del yacimiento, para así obtener un porcentaje de dilución bajo.

Finalmente, Toribio (2019) realizó una investigación denominada “Minado por sub level stoping en vetas angostas para optimizar la rentabilidad del TJ 882 en la

compañía minera Kolpa S.A. – Huancavelica – 2018”, con el propósito de determinar que el método sublevel stoping optimiza la rentabilidad, en vetas angostas, concluyendo que se usara la explotación de vetas angostas por el método de sublevel stoping, cuando el ángulo de reposo es menor al buzamiento de la veta y que además la roca caja sea competente. Esta investigación da a entender que el método sublevel stoping no puede ser aplicable si no tiene las características que el método requiere.

En cuanto a las teorías del tema, se tuvo como variable independiente al método del circado. Según Falen (2016) señala que el método del circado, es utilizado en vetas pequeñas ya que es selectivo en la explotación, para ello en el primer disparo se explota el desmonte, seguidamente se realiza un segundo disparo, explotando la veta. De esta manera se adquiere el mineral sin estéril, es decir, con una dilución mínima a que cuando se ejecuta un solo disparo en la labor (mineral y desmonte).

El yacimiento debe presentar forma regular, una potencia variable (menor 0.50 m), pendiente sub horizontal (10° a 40°), elevación litostática entre 200 m a 600 m. Asimismo, es un método aplicable para rocas de tipo A, B y C, las cuales presentan RMR de 47 - 65, 44 - 47, 35 - 44 y Q 1.5 - 9.5, 1.0 - 1.5, 0.4 - 1.0 respectivamente.

La clasificación geomecánica Rock Mass Rating (RMR), fue desarrollada por Bieniawski en 1973, posteriormente se fue modificando, es la más utilizada en la actualidad, en un principio se usaba para determinar la estabilidad y los soportes que se requieren en un túnel sin embargo, también es usado para determinar la estabilidad en taludes. Otra de las clasificaciones geomecánicas es el RQD, El cual fue desarrollado por Deere en 1967, para el cálculo numérico de las características del macizo, que consiste en la obtención de un testigo. El RQD es la suma de los fragmentos mayores a 10 cm entre la longitud total del testigo y multiplicado por cien. Su expresión es:

$$RQD(\%) = \frac{\sum \text{Longitud de fragmentos} \geq 10 \text{ cm}}{\text{Longitud total perforada}} \times 100$$

Otra alternativa para el cálculo del RQD además de los sondeos, se realiza con la siguiente formula:

$$RQD = 115 - 3.3 J_V \rightarrow J_V > 4.5$$

$$RQD = 100 \rightarrow J_V \leq 4.5$$

Donde  $J_V$  es el número de juntas identificadas en el macizo rocoso por  $m^3$ .

Otra opción para determinar el RQD, es mediante la frecuencia de discontinuidades presentes en cada metro lineal, el cual toma en cuenta un índice en la estimación de intensidad de juntas que presenta un macizo rocoso. Se determinó teniendo en cuenta el número de discontinuidades por cada metro de muestreo. El RQD se calcula aplicando la ecuación de Priest y Hudson (1976):

$$RQD = 100 * e^{-0.1\lambda} * (1 + 0.01\lambda)$$

Donde:

$$\lambda = \frac{1}{(\text{frecuencia de discontinuidades})}$$

Para calcular el RMR, se debe tener en cuenta las siguientes variables: resistencia a compresión simple, índice de calidad de la roca (RQD), espaciado de las discontinuidades, condiciones de las discontinuidades halladas en la masa rocosa, así como la existencia de agua en interior mina. Estos parámetros son valorados, formando parte del RMR Básico, es por ello que al aplicar un factor de ajuste debido a la ubicación de las discontinuidades en relación a la excavación se convierte en un RMR corregido. Las puntuaciones de los parámetros mencionados se pueden observar en la Tabla 18, las cuales servirán para evaluar el macizo rocoso y determinar el RMR, este varía de 0 a 100%.

Según Aparicio (2018), el método de Nicholas requiere de datos geotécnicos del yacimiento que se va a explotar, para ello se hace un estudio del comportamiento geomecánico del mineral y del macizo rocoso, el cual ayuda a evaluar cuál es el método indicado para la explotación del cuerpo mineralizado.

La metodología de Nicholas es una alternativa recomendable para escoger el método de minado favorable, para la explotación de un yacimiento para la aplicación de esta metodología se debe tener en cuenta características tales como: geometría del yacimiento, características geotécnicas y los costos de minado. Sin embargo, este método y cualquier otro no satisfacen la totalidad de los requisitos y condiciones de los yacimientos.

Los métodos de explotación subterránea se clasifican en métodos con sostenimiento natural, métodos con sostenimiento artificial y en métodos por hundimiento. Dentro de los métodos con sostenimiento natural se tiene al minado por cámaras y pilares; donde Castro et al (2019) explica que; en este método se extrae la mayor parte del mineral explotado, de tal manera que un porcentaje de esta mineral es dejado para ser utilizado como pilares. Por otro lado, Harraz (2014) comenta que los pilares de rocas sirven para sostener el techo del yacimiento, estos pilares pueden ser eliminados o no después de la extracción del mineral.

El minado por chimeneas, según Zhiqiang y Yiping (2015) consiste en realizar chimeneas dentro del cuerpo mineralizado, continuando con la explotación del mineral desde plataformas ubicadas en estas chimeneas, se caracteriza por ser un método económico y que no requiere de subniveles. La ejecución de chimeneas y pozos se puede realizar mediante métodos mecanizados o convencionales. Así también se tiene el minado por subniveles (Sublevel stoping), según Kelly, Zaka y Mitri (2014) este método permite la máxima recuperación del material mineralizado debido a la extracción sin pilares, se usa mayormente para extraer depósitos de mineral de forma tabular, el mineral se recupera de una forma secuencial.

En cuanto a los métodos de explotación con sostenimiento artificial, comprende al Corte y relleno, según Garay, De la Cruz, Ortiz (2001) este método consiste en romper el mineral y luego de ser extraído se procede a rellenar para luego continuar con el siguiente corte, este relleno ayuda de sostenimiento. La explotación del cuerpo mineralizado se realiza pavimento por pavimento hasta terminar de explotarlo. Asimismo, Quispe (2015) explica que mineral volado es extraído del



tajo, para luego ser rellenado con material estéril producto de labores de avance, el cual se distribuye sobre el área que ha sido tajada.

Mena (2012) expone que dentro de las ventajas del método de corte y relleno, se tiene una selectividad alta, logrando un porcentaje de recuperación próximo al 100%, aplicándolo para explotar vetas con leyes altas y las zonas de desmonte sin explotar, esto suele pasar en vetas angostas.

El minado Shrinkage stoping, según Hudson Institute of Mineralogy (2012) es un método vertical de extracción en el cual la mayor parte del mineral roto se encuentra en el rebaje, con el propósito de originar un pavimento de trabajo para los trabajadores, además proporciona soporte hasta que el rebaje se complete y luego sea extraído. Por ello no se pueden tener ingresos del mineral que es parte del rebaje hasta que posteriormente se extraiga.

Por otra parte el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2015), comenta que el minado Square set se utiliza aún en la actualidad pese a su antigüedad, especialmente donde el mineral es débil, la roca está muy fracturada y el macizo rocoso no es lo suficientemente estable para mantenerse a sí mismo en el avance de explotación, es por ello que se utiliza el sostenimiento de madera sin embargo si el esfuerzo es elevado se debe pensar en la utilización de relleno hidráulico, para su sostenimiento.

Por lo que se refiere al minado Long Wall, según la Revista de Seguridad Minera (2013), este método se utiliza para la explotación de filones uniformes, una potencia limitada y una extensión amplia, este método es usado mayormente en las minas subterráneas de carbón, a través de este método se extrae el mineral en láminas sucesivamente para poder explotar el material en un área más extensa.

Por último dentro de la clasificación de los métodos por hundimiento, se tiene al Block Caving, donde Flores (2014) comenta que este método de hundimiento, es una alternativa viable cuando se busca poca inversión y alta producción, para yacimientos de bajas leyes y roca mineralizada más competente. Según Farshad,

Bahared, Fidelis (2014), este método subterráneo se aplica generalmente se da para grandes depósitos de mineral homogéneo.

El Sublevel Caving, según Muruaga (2016) es un método de hundimiento que consiste en el derrumbe del material estéril superpuesto, de esa manera se va llenando el vacío que quedó producto de la explotación del cuerpo mineralizado. Para utilizar este método de explotación, el ore body se debe de separar en subniveles a una distancia de 10 a 20 m. En cada uno de los subniveles se realizan galerías paralelas, las cuales de manera transversal atraviesan el cuerpo mineralizado con distancias que varían de 10 m a 15 m, para que posteriormente la explotación del mineral se realice en estos subniveles de una manera descendente.

Top Slicing, es un método aplicable a macizos de poca consistencia, se aplican para frentes verticales con un tamaño corriente y totalmente enmaderados, estas labores se inician en una galería principal, atravesando el cuerpo mineralizado uniendo con las chimeneas de acceso, al terminar la explotación, la enmaderación es retirada y se deja derrumbar.

Según Falen (2016), la evaluación de la perforación en vetas angostas, se puede realizar en seco, donde el tiempo de perforación va a depender del tipo de roca presente en el macizo rocoso, es decir que en el caso de una roca dura el tiempo de perforación es mayor, haciendo de esta manera que el barreno se desgaste, los barrenos de perforación pueden ser de diversas longitudes, mientras que el diámetro de las brocas es de 38mm. En cuanto a la voladura, esta se ejecuta con dinamita Semexa de 45% o 65%, haciendo uso de algunos accesorios para voladura tales como mecha lenta, fulminante.

Se realizan dos voladuras, dependiendo de la roca, en la primera voladura se puede extraer primero el desmonte y en la segunda voladura se extrae el mineral o viceversa. El mineral se obtiene de manera más limpia es decir con una baja dilución.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación.** Básica, según Concytec (2018) estas investigaciones tienen como propósito verificar las teorías y estudiar el vínculo que existen entre las variables de estudio, para que luego estas sean analizadas y comprendidas.

**Diseño de investigación.** Tiene un diseño No experimental – Transversal descriptivo, por ello Hernández, Fernández y Batista (2014) explican que las investigaciones de diseño descriptivo detallan los aspectos relevantes en personas, grupos, comunidades o diferentes anómalos que sean sometidos a estudios. Asimismo estas investigaciones se orientan a medir o evaluar varios criterios del fenómeno que se quiere indagar.

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### **Definición conceptual:**

Variable Independiente:

- Método de circado. Falen (2016) lo define como un método de explotación que extrae selectivamente la veta, realizando dos voladuras, en donde la primera consiste en extraer el material estéril y la segunda voladura extrae el mineral.

Variable Dependiente:

- Explotación de vetas angostas. Mena (2012) indica que estas vetas presentan potencias que varían de 0.15 a 0.80 m, sin embargo su explotación es viable debido a que presentan leyes altas.

## **Definición operacional:**

Variable Independiente:

- Método de circado. Esta variable constituye el procedimiento aplicativo de la clasificación geomecánica Rock Mass Rating, la cual forma parte del estudio geomecánico. Además de evaluar los criterios de aplicación.

Variable Dependiente:

- Explotación de vetas angostas. Esta variable requiere de la evaluación de la geología del lugar y geología del yacimiento.

## **Indicadores**

Los indicadores utilizados para clarificar y definir de forma más concreta nuestros objetivos planteados en el trabajo de investigación, fueron los siguientes: en cuanto a los criterios de aplicación del método del circado, se tomó en cuenta la forma, potencia y buzamiento de la veta; en el estudio geomecánico mediante el RMR se tuvo en cuenta la Resistencia a Compresión Simple, RQD, distancia de discontinuidades, estado de diaclasas y condiciones del agua subterránea.; en la geología se tendrá en cuenta como indicadores a la geología regional y local; y en cuanto a la topografía se toma en cuenta las coordenadas geográficas.

## **Escala de medición**

Permiten el análisis de datos de un atributo a partir de un conjunto de valores, para la realización de este trabajo de investigación. Se ha considerado la escala de medición nominal y ordinal.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Para Hernández et al. (2014), se le llama población a la agrupación de los diferentes argumentos que coinciden con una serie de descripciones. Para el desarrollo del presente trabajo, se tomó como población todas las unidades mineras ubicadas en el caserío de Algamarca, distrito Cachachi, ubicada en la provincia de Cajabamba.

- **Criterios de inclusión:** Se tomaron en cuenta las labores de la Mina Nueva Esperanza – Nivel II, que presentan vetas angostas.
- **Criterios de exclusión:** No se consideraron las labores que no presentan vetas y labores con vetas angostas de bajas leyes.

## **Muestra**

Para Quinteros (2012), la muestra es un subconjunto de la población, que recoge todas las características relevantes. Para el desarrollo del presente trabajo, se tomó como muestra la Minera Artesanal Nueva Esperanza – Nivel II – Algamarca.

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

#### **Técnicas**

Son el grupo de reglas y procedimientos que le admiten al investigador implantar, la dependencia con el objeto o sujeto de investigación, esto con el propósito de obtener datos, que luego se usaran como parte del análisis.

- **Técnica de análisis documental:** Según Castillo (2004) dice que radica en un grupo de procedimientos para representar el cuerpo de un escrito de una manera diferente de su forma original, dando lugar a un subproducto o documento secundario que es el instrumento de búsqueda entre el documento original y la persona que solicita la información. Esta técnica permitió describir la geología regional y distrital del área de estudio, a partir de los datos registrados en la plataforma GEOCATMIN – INGEMMET.
- **Técnica de observación:** Para Díaz (2010) esta es una técnica fundamental en un trabajo de investigación, de esta se adquiere la mayor cantidad de datos, trata en prestar atención fenómeno, personas, casos, hechos, objetos, acciones, etc., cuyo fin es de obtener investigación requerida. Esta técnica permitió recoger información in situ, acerca de las discontinuidades que presentan las distintas zonas geomecánicas.

## **Instrumentos**

Los instrumentos son aquellos que se emplean en situaciones particulares, cuyo fin es la de recolectar información que han sido de valor en la investigación. En esta investigación se tomó en consideración los consecutivos instrumentos:

- **Ficha de registro de datos:** Se utilizó la ficha de registro de datos para describir la geología regional y distrital presentes en el área de estudio, haciendo uso del boletín informativo de los cuadrantes del área de estudio, pertenecientes al INGEMMET.
- **Guía de observación:** Se utilizaron ciertos formatos en donde se caracterizó el contexto de esta actividad minera. Se aplicaron formatos en las guías de observación de campo para realizar el estudio geomecánico de la mina nueva esperanza, detallando la geología del yacimiento y determinando la clasificación geomecánica Rock Mass Rating del yacimiento (ver anexos 4, 5, 6 y 7).

## **Validez**

La validez del presente informe de investigación se determinó mediante los instrumentos de recolección de datos, los cuales han sido evaluados por expertos en estos temas (ver anexos 8, 9 y 10).

### **3.5. Procedimientos**

- La primera etapa consistió en la planificación del informe de investigación y observación in-situ de la realidad problemática. Para ello, se solicitó el permiso para tener acceso a las labores de la Mina Nueva Esperanza – Nivel 2 (Anexo 11).

Además se recopiló información acerca del método de circado, los métodos de explotación subterránea existentes y la clasificación geomecánica RMR, la cual se utilizó para evaluar el índice de calidad del macizo rocoso.

- La segunda etapa radicó en la aplicación de los instrumentos de recojo de información en las cuales se describe la geología regional y local, utilizando la técnica de análisis documental, con el instrumento de ficha de registro de datos (Anexo 03). También se describió la geología del yacimiento, aplicando la técnica de observación, haciendo uso del instrumento guía de observación (Anexo 04). Además se realizó la evaluación de la clasificación geomecánica Rock Mass Rating, utilizando la técnica de observación, con una guía de observación (Anexo 05).
- La tercera etapa fue la etapa de procesamiento de resultados, el análisis de teorías que permitió determinar el método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas. Se describió las operaciones unitarias de perforación y voladura, desarrollados en el método de circado, en el cual se usó como instrumento la guía de observación.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Método analítico, ya que se efectuó en base a la desintegración de un todo, descomponiéndolo en varios elementos para conseguir establecer y estudiar las causas, su naturaleza y sus consecuencias.

Método de procesos, ya que se siguió una secuencia lógica de los objetivos planteados con los resultados, utilizando diversos formatos para la recolección de información. La información recolectada fue procesada con el método de análisis, pruebas de hipótesis y las técnicas de tratamiento estadístico, para lo cual se usó MS Excel y el Dips.

Con la información procesada y ordenada se pudieron realizar gráficos los cuáles permitieron analizar de mejor manera los resultados obtenidos. Estos ayudaron a

interpretar la información bibliográfica recaudada con base en los planteamientos teóricos, los cuáles son base de la investigación realizada.

### **3.7. Aspectos éticos**

Según la normativa establecida por la Universidad Cesar Vallejo, donde reglamentan las buenas prácticas y certifican los principios éticos del presente trabajo de investigación, avalando el bienestar y autonomía de los colaboradores, los aspectos éticos que se consideran son: Autonomía, beneficencia, honestidad.

Autonomía: El presente informe de investigación evidencia la aplicación del método científico. Asimismo, los investigadores propusieron ciertos criterios de investigación, teniendo en cuenta la realidad observada.

Beneficencia: Los beneficios son especialmente para la unidad minera, ya que la presente investigación tuvo como finalidad disminuir el porcentaje de dilución en la explotación de vetas angostas, generando mayor ganancia.

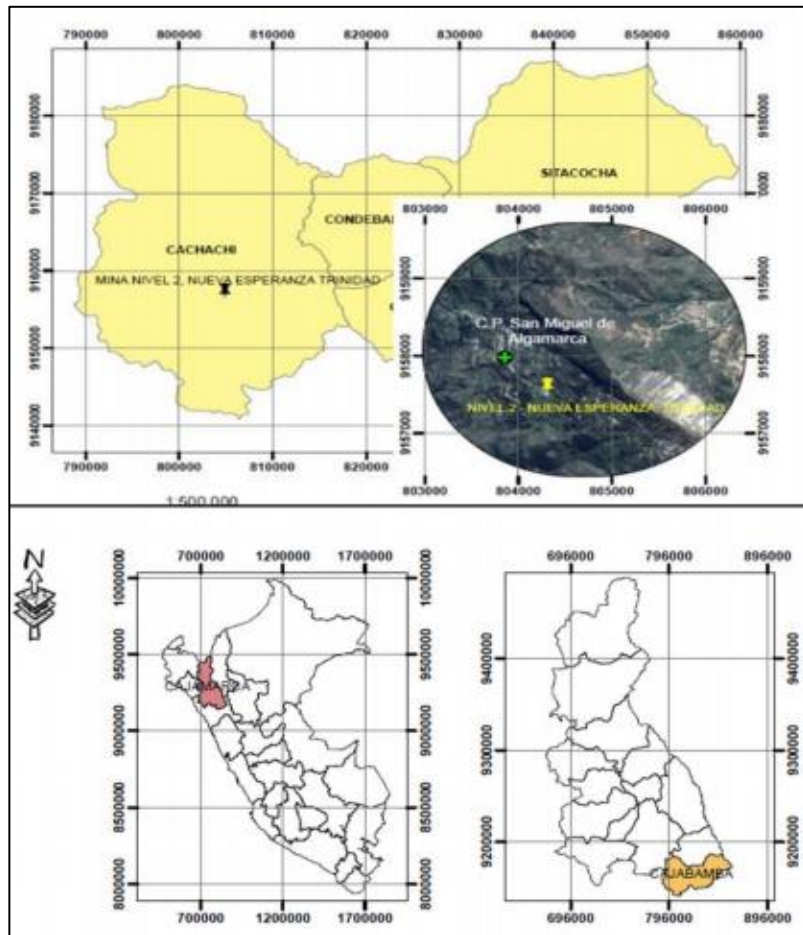
Honestidad: Los resultados se presentaron tal como se observaron en campo, de acuerdo a los procedimientos aplicados.



## IV. RESULTADOS

Los resultados evidencian o demuestran la lógica entre los instrumentos aplicados, los cuales evalúan las variables mediante los indicadores, en relación con los objetivos propuestos que implican la solución del problema. De esta manera, los resultados son los siguientes:

### 4.1. Ubicación de la mina



**Figura 01.** Ubicación de la Mina Nivel II - Nueva Esperanza

Fuente: Información proporcionada por la empresa

El área de estudio se encuentra a una altura aproximada de 3060 m.s.n.m. en una localidad llamada San Blas de Algamarca, en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca.

El estudio se llevó a cabo en la mina Nivel II - Nueva Esperanza, donde se desarrolla actividades pertenecientes a la minería artesanal.

## 4.2. Estudio geomecánico de la Mina Nueva Esperanza Nivel II

**Tabla 01.** Geología Regional del área de estudio

Era	Sistema	Época	Unidad Estratigráfica	Simbología	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos: eólicos, fluviales, coluviales, aluviales	Q-e / Q-fl / Q-co / Q-al	
		Pleistoceno	Depósitos: fluvioglaciares, glaciares, lagunares	Q-fg / Q-gl / Q-lg	
			Formación Tamborapa	Qp-ta	
	Neógeno	Plioceno	Formación Condebamba	Np-co	
		Mioceno	Formación Cajabamaba, formación Namballe	Nm-cj / Nm-n	
			Formación Bellavista, volcánico Huambos	Nm-be / Nm-vh	
			Volcánico Porculla	Nm-vp / Po-m	
		Oligoceno	Formación El Milagro		
	Paleógeno		Volcánico San Pablo		
		Eoceno	Grupo Calipuy	Volcánico Chilete / Volcánico Llama	Po-vsp / Pe-vch / Pe-vil
			Paleoceno	Volcánico Tembladera	Formación Cajaruro
	Mesozoico	Cretáceo	Superior	Formación Chota, formación Celendín	Ks-ch / Ks-ce
Formación Cajamarca				Ks-ca	
Formación Quilquiñán – Mujarrun				Ks-qm	
Inferior			Grupo Puyllucana	Formación Yumagual	Ks-yu / Ks-ya
			Form. Pariatambo		Ki-pa
			Form. Chulec, Inca		Ki-chu / Ki-in
Jurásico		Inferior		Formación Farrat	Ki-f
			Grupo Goyllarisquizga	Formación Carhuaz	Ki-ca
				Formación Santa	Ki-sa
				Formación Chimú	Ki-chim
Triásico		Superior	Formación Tinajones		Ki-t
			Formación Chicama		Js-chic
	Form. Condorsinga / Form. Oyotun			Ji-c / Ji-o	
Triásico	Superior	Grupo Pucará	Form. Aramachay	Ji-a / Ji-b	
		Form. Chamberá		Ts-ch	
Paleozoico	Pérmico	Lopingiano	Grupo Mitu	P-m	
		Cisuraliano			
	Carbonífero	Missisipiano	Grupo Ambo		Ci-a
Ordovícico	Superior	Inferior	Grupo Salas		O-s

Fuente: INGEMMET (2020)

La tabla N°1 presenta la geología regional del área de estudio, teniendo en cuenta las diferentes unidades estratigráficas presentes en cada época. La formación geológica de la Región Cajamarca, se encuentra relacionada con las eras: Cenozoica, Mesozoica y Paleozoica. A continuación se describe cada una de ellas: Dentro de la era Cenozoica, se encuentran los sistemas: Cuaternario, Neógeno y Paleógeno. En el sistema Cuaternario se encuentran depósitos eólicos, fluviales, aluviales, fluvioglaciares, glaciares, lagunares y la formación Tamborapa. El sistema Neógeno, está conformado por la formación Condebamba, Cajabamba, Bellavista y el Volcánico Huambos. Por otro lado, el sistema Paleógeno, abarca al Volcánico Porculla, Formación el Milagro, Volcánico San Pablo, Volcánico Llama, Volcánico Chilete, Volcánico Tembladera y a la Formación Cajaruro.

La era Mesozoica, está conformada por los sistemas: Cretáceo, Jurásico y Triásico. El sistema Cretáceo abarca a las formaciones Chota, Celendín, Cajamarca, Quilquiñan, Yumagual, Pariatambo, Chulec, Inca, Farrat, Carhuaz, Santa, Chimú y Tinajones. En el sistema Jurásico se encuentran las formaciones Chicama, Condorsinga y Aramachay. Por otra parte, el sistema Triásico incluye a la formación Chambará. Por último, en la era Paleozoica se encuentran los sistemas: Pérmico, Carbonífero y Ordovícico.

El Grupo Salas es la unidad estratigráfica más antigua, perteneciente al sistema Ordovícico en las épocas superior e inferior. Por otro lado, el Grupo Goyllarisquizga del sistema Cretácico – inferior, contiene lutitas, calizas y areniscas en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, las cuales presentan fracturas. Las formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Yumagual, Pullucana, Quilquiñan, y Cajamarca, pertenecen al sistema cretácico, evidenciando presencia de calizas y lutitas.

Entre los depósitos volcánicos pertenecientes a los Sistemas Neógeno y Paleógeno, se encuentran el Grupo Calipuy, Volcánico Huambos y al Volcánico Porculla. Además los depósitos eólicos, fluviales, coluviales, aluviales, fluvioglaciares, glaciares, se encuentran en el sistema cuaternario, en las épocas Holoceno y Pleistoceno, los cuales están conformados por gravas.

**Tabla 02.** Geología distrital del área de estudio

Sistema	Época	Unidad Estratigráfica	Simbología
Cuaternario			
Terciario	Superior	Formación Condebamba	Np-co
		Formación Pariatambo	Ki-pa
	Superior	Formación Chulec	Ki-chu
		Formación Inca	Ki-in
Cretáceo			
	Inferior	Formación Farrat	Ki-f
		Grupo Goyllarisquizga	
		Formación Carhuaz	Ki-ca
		Formación Santa	Ki-sa
		Formación Chimú	Ki-chim

Fuente: INGEMMET (2020)

La tabla N° 2 presenta la geología distrital del área de estudio, teniendo en cuenta las diferentes unidades estratigráficas presentes en cada época. La formación geológica del distrito Cachachi, está relacionada con los sistemas: Terciario y Cretáceo.

En el sistema Terciario superior se encuentra la formación Condebamba. Por otro lado, en el sistema Cretáceo, dentro de la época superior, incluye a las formaciones: Pariatambo, Chulec e Inca, mientras que en la época inferior, se encuentran las formaciones: Farrat, Carhuaz, Santa, Chimú.

Las formaciones Farrat, Santa y Chimú, se encuentran en el flanco occidental del anticlinal del cerro Algamarca, presentando una mineralización con contenido de calcopirita, tetraedrita y enargita.

Los yacimientos minerales corresponden a vetas angostas con mineralización de oro, plata y cobre de alta sulfuración, se evidencia un macizo rocoso de muy buena a buena calidad, estos yacimientos epitermales pertenecientes a la geología de la mina Nueva Esperanza abarca también La Arena, Virgen, María Angola, El Toro y Shahuindo. Los yacimientos se presentan en una serie de clavos mineralizados y stocks alineados, dando la forma de una franja, están asociados con la mayor parte de la mineralización polimetálica, las cuales están presentes tanto en los óxidos como en los sulfuros.

Los principales cuerpos de dacitas están representados por las intrusiones del cerro Algamarca (minas Algamarca), Hualgayoc y La Granja, ambos muestran las mismas características generales, así como la asociación con la mineralización especialmente de cobre. Se puede encontrar vetas en óxidos dominado principalmente por minerales supérgenos (limonita), en chimeneas o subniveles de extracción. Todo el material es direccionado a tolvas para la descarga final del mineral y sulfuros que se encuentran en los piques donde se presenta roca muy competente.

**Tabla 03.** Potencia de vetas en la Mina Nueva Esperanza

<b>N°</b>	<b>Veta</b>	<b>Labor</b>	<b>Potencia (m)</b>
1	Cris	Chimenea	0.30
2	Cris	Chimenea	0.32
3	Cris	Chimenea	0.29
4	Cris	Chimenea	0.31
5	Rosario 1	Subnivel	0.35
6	Rosario 1	Subnivel	0.28
7	Rosario 1	Subnivel	0.30
8	Rosario 1	Subnivel	0.26

Fuente: Elaboración propia

Las vetas de la mina Nueva Esperanza – Nivel II, presentan potencias que varía en diferentes puntos, sin embargo, presentan leyes altas. En el caso de la veta Cris, la cual se encuentra en producción, mediante una chimenea, tiene una potencia promedio de 0.31 m. Por otro lado, la veta Rosario 1, pertenece a la labor de un subnivel y presenta una potencia promedio 0.30 m.

En la mina Nueva Esperanza se observó la presencia de vetas angostas, las cuales están presentes tanto en los óxidos como en los sulfuros. Con respecto a la mineralización encontrada se tiene, limonita, pirrotina, malaquita, pirita, covelina, argentita, bornita y azurita.

**Tabla 04.** Clasificación - Índice de calidad de la roca (RQD)

Veta	Zona Geomecánica	Longitud de línea de muestreo (m)	N° de fracturas	N° de fracturas por metro lineal	RQD (%)
Rosario I	Caja techo	3	23	7.67	50.00
	Caja piso	3	25	8.33	47.10
	Mineral	1	6	6	58.17
Cris	Caja techo	3	19	6.33	56.46
	Mineral	1	8	8	48.53
	Caja piso	3	20	6.67	54.75

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 4 se muestra el índice de calidad de la roca (RQD) promedio obtenido en las diferentes zonas geomecánicas, teniendo en cuenta el número de fracturas por metro lineal. El análisis estadístico del RQD fue realizado para la caja techo, piso y mineral, por separado con la finalidad de apreciar el fracturamiento para cada zona. La veta Rosario I, presentó 23 fracturas en la caja techo y 25 fracturas en la caja piso, las cuales fueron evaluadas en una línea de muestreo de 3 m en ambas zonas geomecánicas, mientras que en el mineral se presencié 6 fracturas, a lo largo de 1 metro de longitud de muestreo.

En cuanto a la veta Cris, se observó 19 fracturas en la caja techo y 20 fracturas en la caja piso, donde su longitud de muestreo fue de 3 m para ambas zonas geomecánicas. Asimismo, en la zona geomecánica del mineral se presencié 8 fracturas en 1 metro.

El RQD se determinó haciendo uso de la fórmula de Priest y Hudson (1976). En el caso de la veta Rosario I, se obtuvo un RQD de 50.00% para la caja techo, 47.10% para el mineral y 58.17% para la caja piso. Por otro lado, en la veta Cris, se obtuvo un RQD de 56.46 % para la caja techo, 54.75% para el mineral y 48.53% para la caja piso.

Se concluye que las rocas tienen un índice de calidad de roca malo a regular, presentando un fracturamiento intermedio.

**Tabla 05.** Clasificación Rock Mass Rating de la Caja Techo

Caja Techo		Veta Rosario		Veta Cris	
Parámetro	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	
RCS (Mpa)	50 - 100	7	50 - 100	7	
RQD (%)	50.00	8	56.46	13	
Espaciado entre discontinuidades	0,2-0,6 m	10	0.06 – 0.2	8	
Condiciones de las Discontinuidades	Persistencia	1 – 3 m	4	< 1 m	6
	Apertura	Cerrada	6	< 0.1mm	5
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3	Ligeramente Rugosa	3
	Relleno	Ninguno	6	Ninguno	6
	Alteración	Ligeramente Alterada	5	Ligeramente Alterada	5
Agua Subterránea	Húmedo	10	Húmedo	10	
Dirección de buzamiento (Túnel)	Media	-5	Media	-5	
<b>Suma de Valoración para el RMR</b>			54	59	

Fuente: Adaptado de Bieniawski (1989)

En la tabla N° 5, se realizó una evaluación de los parámetros para la obtención del RMR de la caja techo de las Vetas Rosario y Cris. La resistencia a compresión simple se observó al someter a esfuerzos de compresión a la roca, donde la roca fue levemente alterada por 2 golpes de la picota, observando que presenta una resistencia dura, con una valoración de 50 MPa a 100 MPa, para ambas vetas. Asimismo, tiene un RQD de 50%, en la veta Rosario y 56.46% para la veta Cris.

Por otro lado, el estado de las discontinuidades de la Veta Rosario, consideran una longitud que van de 1 m a 3 m. Además no presentan abertura ni relleno y tiene una rugosidad ondulada, siendo favorable. En cuanto al estado de las discontinuidades de la Veta Cris, se observó que las longitudes son menores a 1 m y su abertura menor a 0.1 mm. Además no tienen relleno y presentan una ligera rugosidad. Se evaluó la presencia de agua en el área de estudio, el cual presenta humedad, esto se debe a que es originada en el proceso de perforación y la corrección por orientación de las discontinuidades, tiene una influencia media.

Como resultado se obtuvo un RMR de 54% para la caja techo de la veta Rosario y un RMR de 59% para la veta Cris, ubicándolos en una calidad de roca regular.

**Tabla 06.** Clasificación Rock Mass Rating del Mineral

Parámetro	Veta Rosario		Veta Cris		
	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	
RCS (Mpa)	50 – 100	7	50 - 100	7	
RQD (%)	58.17	13	48.53	8	
<b>Espaciado entre discontinuidades</b>	0.06-0.2 m	8	0.2 – 0.6	10	
<b>Condiciones de las Discontinuidades</b>	<b>Persistencia</b>	< 1 m	6	1 – 3 m	4
	<b>Apertura</b>	Cerrada	6	<0.1mm	5
	<b>Rugosidad</b>	Ligeramente Rugosa	3	Ligeramente Rugosa	3
	<b>Relleno</b>	Ninguno	6	Ninguno	6
	<b>Alteración</b>	Ligeramente alterada	5	Ligeramente alterada	5
<b>Agua Subterránea</b>	Húmedo	10	Húmedo	10	
Dirección de buzamiento (Túnel)	Media	-5	Media	-5	
<b>Suma de Valoración para el RMR</b>		59		53	

Fuente: Adaptado de Bieniawski (1989)

En la tabla N° 6, se realizó una evaluación de los parámetros para la obtención del RMR del mineral en las Vetas Rosario y Cris. La resistencia a compresión simple se observó al someter a esfuerzos de compresión a la roca, donde la roca fue levemente alterada por golpes de picota, observando una resistencia dura con una valoración de 50 MPa a 100 MPa, para ambas zonas. Asimismo, tiene un RQD de 58.17%, en la veta Rosario y 48.53% para la veta Cris.

Por otra parte, el estado de las discontinuidades de la Veta Rosario, consideran una longitud menor a 1 m. Además no presentan abertura ni relleno y tienen una ligera rugosidad. En cuanto al estado de las discontinuidades de la Veta Cris, se observó que las longitudes van de 1 m a 3 m y su abertura menor a 0.1 mm, inclusive no tienen relleno y muestran una ligera rugosidad. Se evaluó la presencia de agua en el área de estudio, el cual presenta humedad, esto se debe a que es originada en el proceso de perforación y la corrección por orientación de las discontinuidades tiene una influencia media.

Como resultado se obtuvo un RMR de 59% para el mineral de la veta Rosario y un RMR de 53% para la veta Cris, ubicándolos en una calidad de roca regular.



**Tabla 07.** Clasificación Rock Mass Rating de la caja piso

Caja piso		Veta Rosario		Veta Cris	
Parámetro	Valor	Puntuación	Valor	Puntuación	
RCS (Mpa)	50 – 100	7	50 – 100	7	
RQD (%)	47.10	8	54.75	13	
<b>Espaciado entre discontinuidades</b>	0,2-0,6 m	10	0,2-0,6 m	10	
<b>Condiciones de las Discontinuidades</b>	<b>Persistencia</b>	1 – 3 m	4	1 – 3 m	4
	<b>Apertura</b>	< 0.1 mm	5	<0.1mm	5
	<b>Rugosidad</b>	Rugosa	5	Rugosa	5
	<b>Relleno</b>	Ninguno	6	Ninguno	6
	<b>Alteración</b>	Ligeramente alterada	5	Ligeramente alterada	5
<b>Agua Subterránea</b>	Húmedo	10	Húmedo	10	
Dirección de buzamiento (Túnel)	Media	-5	Media	-5	
<b>Suma de Valoración para el RMR</b>		<b>55</b>		<b>60</b>	

Fuente: Adaptado de Bieniawski (1989)

En la tabla N° 7, se llevó a cabo una evaluación de los parámetros para la obtención del RMR de la caja piso de las Vetas Rosario y Cris. La resistencia a compresión simple se observó al someter a esfuerzos de compresión a la roca, donde la roca fue levemente alterada por golpes de la picota, observando una resistencia dura, con una valoración de 50 MPa a 100 MPa, para ambas zonas. Asimismo, tiene un RQD de 47.10%, en la veta Rosario y 54.75% para la veta Cris.

Por otra parte, el estado de las discontinuidades de la Veta Rosario, considera una longitud de 1 m a 3 m. Además presentan una abertura menor a 0.1 mm y no tiene relleno, incluso son rugosas. En cuanto al estado de las discontinuidades de la Veta Cris, se observó que las longitudes van de 1 m a 3 m y su abertura menor a 0.1 mm. Además no tienen relleno y son rugosas. Se evaluó la presencia de agua en el área de estudio, el cual presenta humedad, esto se debe a que es originada en el proceso de perforación y la corrección por orientación de las discontinuidades, tiene una influencia media.

Como resultado se obtuvo un RMR de 55% para la caja piso de la veta Rosario y un RMR de 60% para la veta Cris, ubicándolos en una calidad de roca regular.

#### 4.2. Determinación del método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas

**Tabla 08.** Características geológicas y geomecánicas

<b>Características geológicas y geomecánicas</b>		
<b>Características geológicas del yacimiento</b>	<b>Veta Rosario</b>	<b>Veta Cris</b>
Forma	Tabular	Tabular
Potencia	Baja Potencia (0.30m)	Baja Potencia (0.31m)
Buzamiento	Vertical (87°)	Vertical (85°)
Profundidad	200 m	200 m
Distribución de leyes	Uniforme	Uniforme
<b>Características geomecánicas para roca del mineral</b>	<b>Veta Rosario</b>	<b>Veta Cris</b>
Resistencia de la matriz rocosa	Mediana	Mediana
Espaciamiento fracturas	Poco fracturado	Poco fracturado
Condición de estructuras	Competente	Competente
<b>Características geomecánicas de la caja techo</b>	<b>Veta Rosario</b>	<b>Veta Cris</b>
Resistencia de la matriz rocosa	Mediana	Mediana
Número de estructuras	Poco fracturado	Poco fracturado
Condición de estructuras	Competente	Competente
<b>Características geomecánicas de roca caja piso</b>	<b>Veta Rosario</b>	<b>Veta Cris</b>
Resistencia de la matriz rocosa	Mediana	Mediana
Número de estructuras	Poco fracturado	Poco fracturado
Condición de estructuras	Competente	Competente

Fuente: Nicholas (1981)

Referente al segundo objetivo, se tiene como resultado que, en la elección del método de recuperación de vetas angostas, se aplicó el método numérico Nicholas, que se desarrollaron en base a las características geológicas del yacimiento. Para ello se describió las diferentes características de las vetas y consecutivamente procesarlas numéricamente a través de la metodología de Nicholas.

En la anterior tabla se pueden especificar las características geológicas del yacimiento, que se requieren para ser evaluados en la metodología numérica de

Nicholas. Además de las condiciones geomecánica de la roca del mineral, la roca caja techo y la roca caja piso del yacimiento que se encuentran las vetas.

Es por ello que en los cuadros se refleja los parámetros de la geometría de yacimiento, tales como la descripción de la geometría del yacimiento, la potencia, la inclinación, profundidad y la distribución de las leyes. En cuanto a los parámetros a tener en cuenta respecto a las características geotécnicas en la roca mineral, roca caja techo y roca caja piso, tenemos la resistencia de la roca intacta, número de distribuciones y sus condiciones.

Esta metodología numérica de Nicholas consiste en asignar los datos obtenidos en campo, para asignar las calificaciones correspondientes en función a las características y los parámetros que se representan en el cuerpo mineralizado. A continuación, se indicarán las calificaciones recolectadas en las siguientes tablas para su procesamiento en la metodología de Nicholas, cuyo propósito es el de hallar cuales son los métodos de explotación favorables para la explotación de la veta.

**Tabla 09.** Clasificación de los métodos mineros en función de la geometría y distribución de las leyes en el yacimiento

<b>A. Yacimiento</b>	<b>Forma General Yacimiento</b>	<b>Potencia del yacimiento</b>	<b>Orientación</b>	<b>Distribución de las leyes</b>
<b>Método de explotación</b>	<b>Tabular</b>	<b>Baja</b>	<b>Vertical</b>	<b>Uniforme</b>
Block Caving	2	-49	4	4
Sublevel Stopping	2	1	4	3
Sublevel Caving	4	-49	4	4
Longwall mining	4	4	-49	4
Room and Pillar	4	4	0	3
Shrinkage Stopping	2	1	4	3
Cut and Fill Stopping	4	4	4	3
Top Slicing	3	-49	2	4
Square Set	2	4	3	3

Fuente: Nicholas (1981)

En la tabla N° 9, se muestra los parámetros del yacimiento que se toman en cuenta como parte del proceso numérico de Nicholas, según el método de explotación, los cuales se están evaluando según la forma del yacimiento, la potencia, orientación

y la distribución de las leyes. Los valores obtenidos representan la evaluación de cada método de explotación según las características de la zona a explotar que es evaluado por el método de Nicholas, estos datos obtenidos fueron de los cuadros de valoración de las características geológicas del yacimiento, según Nicholas (ver anexo 14).

En el yacimiento se evalúan los parámetros tales como la forma en las cuales se presentan variaciones en el yacimiento evaluado para su explotación. La forma que presenta es tabular o elongado es decir dos direcciones son predominantes, la potencia baja que presenta ejerce una gran influencia en el método explotación a escoger, una orientación vertical en la veta Rosario de 87° y en la veta Cris 85°; y una distribución de leyes uniforme que quiere decir que existen distintas leyes uniformes ya que se mantiene constante en cualquier punto que este.

**Tabla 10.** Clasificación de los métodos mineros en función de las características geomecánicas de las rocas: zonas del mineral

<b>B. MINERAL</b>	<b>Resistencia de la matriz rocosa</b>	<b>Espaciamiento Fracturas</b>	<b>Condición de estructuras</b>
	<b>Mediana</b>	<b>Poco fracturado</b>	<b>Competente</b>
Block Caving	1	3	3
Sublevel Stopping	3	1	2
Sublevel Caving	3	4	2
Longwall mining	1	0	3
Room and Pillar	3	2	2
Shrinkage Stopping	3	3	2
Cut and Fill Stopping	2	2	3
Top Slicing	3	2	2
Square Set	1	2	3

Fuente: Nicholas (1981)

En la tabla N° 10, se puede distinguir la evaluación de la zona mineralizada de ambas vetas según sus características geomecánicas. Donde se evalúa la competencia del macizo en la cual hace referencia a la resistencia de la zona mineralizada a la erosión o deformación en relación con la resistencia, el espaciamiento de fracturas que hace referencia a la distancia que existe entre los

diferentes planos de fracturas, siendo estas características evaluadas a través de los distintos nueve métodos presentados.

Se evidencia la calificación de cada uno de los métodos de explotación con las características geomecánicas de la zona mineralizada. En la cual encontramos que la competencia del macizo rocoso es mediana, la zona mineralizada en el espaciamiento de fracturas es poco fracturado y la competencia de roca intacta es competente ya que presenta estructuras sin relleno con superficie rugosa, esto ayuda a la evaluación de la zona mineralizada, así se toma de manera global las cantidades asignadas según las características del mineral, para luego ser evaluadas en el desarrollo (ver anexo 15).

**Tabla 11.** Métodos de explotación según las características geomecánicas de la caja techo.

<b>C. PARED COLGANTE</b>	<b>Resistencia de la matriz rocosa</b>	<b>Espaciamiento Fracturas</b>	<b>Competencia Roca Intacta</b>
	<b>Mediana</b>	<b>Poco fracturada</b>	<b>Competente</b>
Block Caving	2	3	2
Sublevel Stopping	3	1	2
Sublevel Caving	2	3	2
Longwall mining	2	3	2
Room and Pillar	3	2	2
Shrinkage Stopping	2	3	2
Cut and Fill Stopping	2	2	3
Top Slicing	2	3	2
Square Set	2	2	3

Fuente: Nicholas (1981)

En la tabla N° 11, se muestran los diferentes métodos de explotación con las propiedades geomecánicas de las rocas en la caja techo de las vetas según la competencia de roca intacta es mediana, es poco fracturado la zona de la caja techo y además que presenta una roca intacta competente que permite evaluar estas características de manera general en el método de Nicholas. Es la última a evaluar para poder tomar la puntuación de acuerdo a cada uno de los métodos de minado, según las características del yacimiento, en este caso con la presencia de

vetas angostas y que selecciona cada una de los valores según las características geomecánicas de cada una de los métodos de minado.

Los valores tomados en el cuadro hacen referencia al estudio ambas vetas. Aunque las características no son las mismas, varían muy poco y entran entre los intervalos de la caracterización asignada (ver anexo 16).

**Tabla 12.** Los métodos mineros en relación a las características geomecánicas de la caja piso.

<b>D. PARED PENDIENTE</b>	<b>Resistencia de la matriz rocosa</b>	<b>Espaciamiento Fracturas</b>	<b>Competencia Roca Intacta</b>
<b>Método de explotación</b>	<b>Mediana</b>	<b>Poco fracturado</b>	<b>Competente</b>
Block Caving	3	3	3
Sublevel Stopping	2	2	1
Sublevel Caving	2	3	2
Longwall mining	3	4	3
Room and Pillar	2	3	3
Shrinkage Stopping	3	3	2
Cut and Fill Stopping	2	2	4
Top Slicing	3	3	2
Square Set	2	2	4

Fuente: Nicholas (1981)

En la tabla N° 12 se aprecia los diferentes métodos según las propiedades geomecánicas de las rocas en la caja piso, en este cuadro se evalúa la competencia del macizo, el espaciamiento de fracturas y la competencia de roca intacta. Estos datos de las características de la zona de los hastiales de ambas vetas permitieron evaluar de manera general el método más adecuado para su explotación en el estudio de la metodología numérica de Nicholas, en la cuales se obtuvo que la resistencia a la roca intacta es media ya que varía entre 8 a 15 MPa.

El número de fracturas varía entre 3 – 10 ff/m y la condición de la roca de la estructura en la zona de los hastiales es competente ya que presenta estructuras sin relleno con superficie rugosa. La toma de estas características del yacimiento

de cada una de las vetas es capaz de satisfacer la totalidad de los requisitos para evaluar con la metodología de Nicholas (ver anexo 17).

**Tabla 13.** Factores de peso de Nicholas

<b>Factores de peso</b>	<b>Valor</b>
Condiciones geológicas del yacimiento	1
Características geomecánicas de roca que contiene al mineral	0.75
Características de roca caja piso	0.6
Características geomecánicas de roca caja techo	0.38

Fuente: Nicholas (1981)

$$\text{Rating (Yacimiento)} = \text{Forma} + \text{Potencia} + \text{Orientación} + \text{Distribución}$$

En la tabla 13, se muestra los factores de peso con cada uno de sus valores para evaluar en el método de Nicholas. Los factores tomados son las condiciones geológicas del yacimiento, las características geomecánicas de la roca que contiene el mineral, características de roca caja piso y por último las características geomecánicas de roca caja techo.

Los valores que intervienen en la metodología de Nicholas indican la posibilidad de aplicación del método en el caso de que tuviera una valorización de 3 a 4 su posibilidad de aplicación es preferente, ya que es aplicable sin mayores implicancias. Si la valorización es de 1 a 2, la posibilidad de aplicación es probable ya que es aplicable con ciertas implicancias, si la valorización es 0 su posibilidad de aplicación es improbable ya que no es aplicable, pero tampoco descartable y si la valorización es de -49 se descarta cualquier posibilidad de aplicación.

Después de evaluar las condiciones geométricas, geológicas y geomecánicas, se evalúan diferentes escenarios donde estas tienen diferentes pesos, es decir, unas influyen más y otros menos en la selección del método, a través de esto se evaluarán los que tengan mayores probabilidades de aplicación efectiva. Por medio de estos datos recolectados en campo se hace un mejor manejo de información

con respecto a las características geométricas, geológicas y geomecánicas del macizo rocoso para el método más adecuado de explotación.

**Tabla 14.** Orden de selección para métodos de explotación según metodología de Nicholas

Método	Yacimiento	Mineral	Colgante	Yacente	Total	Ranking
Block Caving	-39	5.25	4.2	3.42	-26.13	8°
Sublevel Stopping	10	4.5	3.6	1.9	20	4°
Sublevel Caving	-37	6.75	4.2	2.66	-23.39	6°
Longwall mining	-37	3	4.2	3.8	-26	7°
Room and Pillar	11	5.25	4.2	3.04	23.49	3°
Shrinkage Stopping	10	6	4.2	3.04	23.24	5°
Cut and Fill Stopping	15	5.25	4.2	3.04	27.49	1°
Top Slicing	-40	5.25	4.2	3.04	-27.51	9°
Square Set	12	4.5	4.2	3.04	23.74	2°

Fuente: Nicholas (1981)

En la tabla 14, se muestra el ranking de selección del método de explotación según las características geométricas, geológicas y geomecánicas evaluadas en la metodología de Nicholas. Cada método de minado fue evaluado de acuerdo a las características del yacimiento de cada una de las vetas Rosario y Cris, mineral, la pared colgante, la pared yacente cuyos datos evaluados, te ayudan a determinar los métodos con mayor puntuación para la explotación.

Los métodos de minado que se pueden aplicar, según las características relacionadas, en el cual se obtuvo tres alternativas viables, como se presenta en la anterior tabla. Según los datos arrojados por la metodología numérica de Nicholas, corte y relleno tiene una puntuación de 27.49; Square set una puntuación de 23.74 y finalmente cámaras y pilares una puntuación de 23.49, siendo estos los métodos más factibles. Por ello se realizó un cuadro comparativo de los métodos de explotación subterránea, los cuales fueron seleccionados en el ranking de Nicholas, junto al método de circado (ver anexo 18).



#### 4.3. Operaciones unitarias de perforación y voladura desarrolladas en el método de circado

**Tabla 15.** Parámetros de perforación

Parámetros de perforación	
Descripción	Especificaciones
Equipo	Jack Leg YT 29 – RNP
Barras	4 pies
Brocas	38 mm
Tipo de roca	Intermedia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 15 se presentan los parámetros de perforación, la cual se realiza con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack Leg YT 29 y RNP, con barrenos cónicos de 04 pies de longitud y brocas de 38 mm de diámetro, en un tipo de roca intermedia con un RMR de 65%.

Las perforadoras Jack Leg, se adecuan a la perforación de taladros horizontales, inclinados o verticales, a su vez se trabajan con barrenos de 4 pies, haciendo taladros de con un diámetro de 38 mm. El tipo de roca permitirá diseñar la malla de perforación, y de acuerdo a ello depende la cantidad de brocas a utilizar.

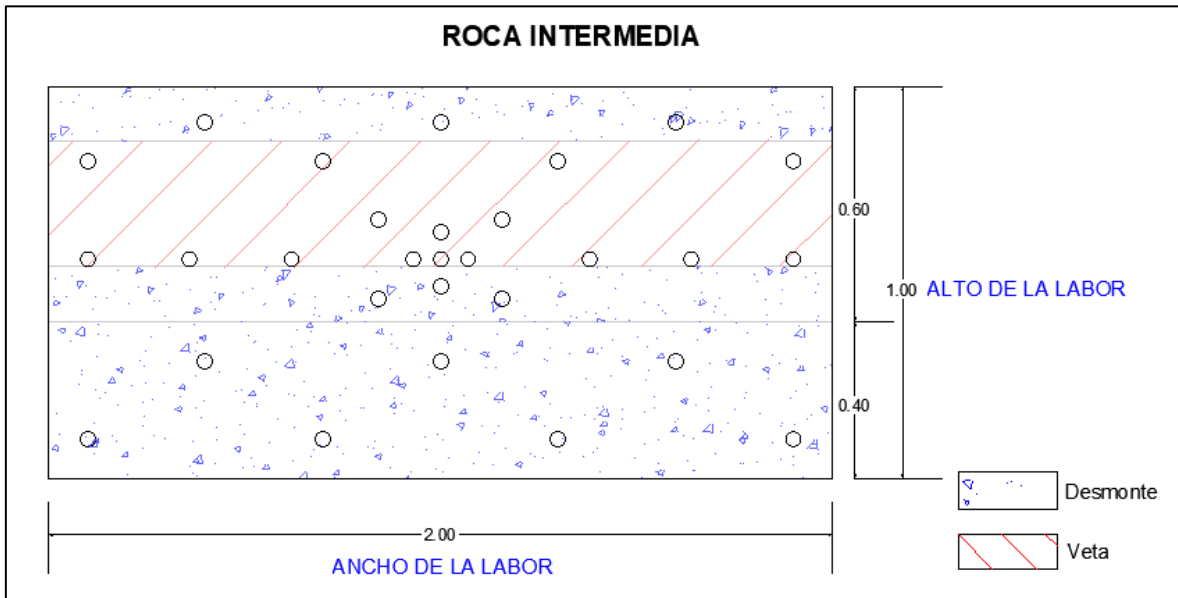
**Tabla 16.** Parámetros de voladura

<b>Parámetros de voladura</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Especificaciones</b>
Densidad de la roca	2.8 Tn/m <sup>3</sup>
Tipo de explosivo	Semexsa 65%
Diámetro del explosivo	7/8 “
Longitud del explosivo	7”
Accesorios	Cordón detonante, fulminante
Avance por disparo	1 m
Eficiencia	82%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 16 se presentan los parámetros que se consideran en el proceso de voladura para la explotación de vetas angostas, las características a tomar en cuenta son la densidad de la roca de 2.8 Tn/m<sup>3</sup>, explosivos Semexsa 65% con un diámetro de 7/8” y una longitud de 7”, además de accesorios como cordón detonante y fulminante N°8, teniendo como resultado un avance por disparo de 1 metro.

Para la voladura se emplea dinamita Semexsa 65% con un diámetro 7/8”, ya que se adapta al diámetro del taladro realizado en el proceso de perforación. Asimismo, se utilizan fulminantes N° 8, los cuales van unidos al cordón detonante, brindando una fácil maniobrabilidad.



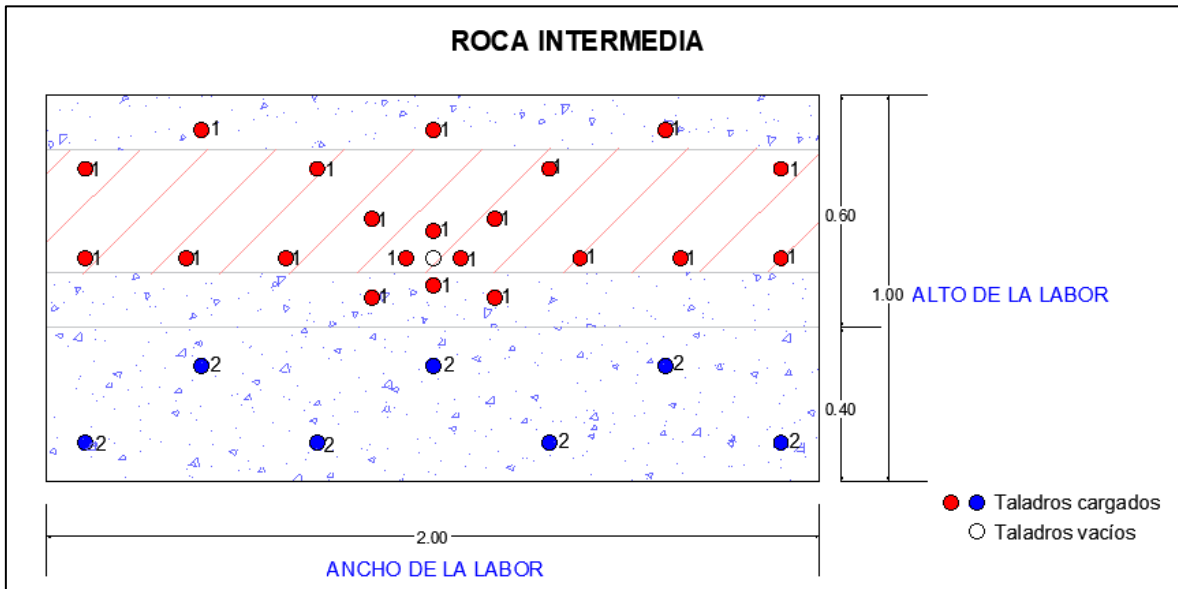
**Figura 02.** Diseño de malla de perforación en Chimenea – Veta Cris

Fuente: AutoCAD - Elaboración propia

En la figura 1, se muestra el diseño de una malla de perforación en una Chimenea, con un tipo de roca intermedia, en la cual se encuentra la Veta Cris. Esta malla presenta 29 taladros, donde 22 taladros se encuentran en la parte mineralizada, con un ancho de 0.60 m, mientras que los siguientes 7 taladros, se encuentran en la parte de desmonte, que tiene un ancho de 0.40 m.

Esta malla de perforación tiene un arranque tipo corte quemado, con 1 taladro vacío, de manera que genera una cara libre, permitiendo la salida de los demás taladros.

El diseño de malla en el desmonte es de tipo zigzag, con burden de 0,10 m a 0,20 m y espaciamiento de 0,20 a 0,50 m. Se perforan todos los taladros, sin embargo, al terminar la perforación se realizarán dos voladuras, en diferentes horarios.



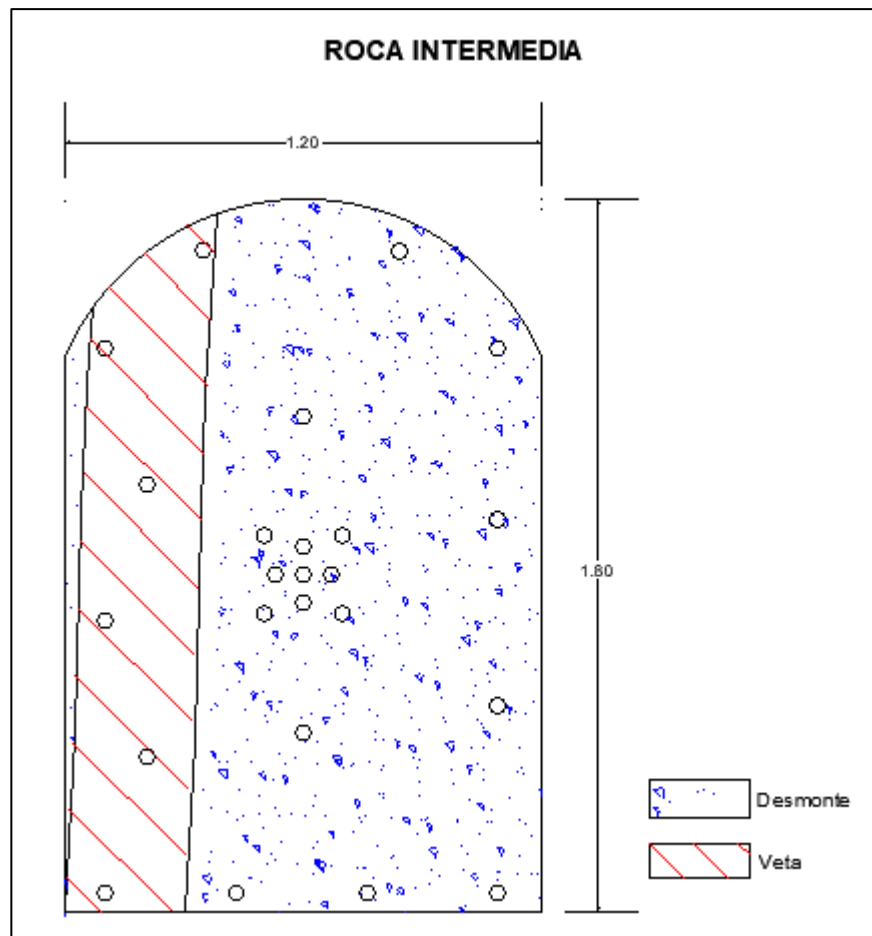
**Figura 03.** Diseño de malla de voladura en Chimenea 1 m x 2 m

Fuente: AutoCAD - Elaboración propia

La malla ha sido diseñada para una chimenea que se encuentra en producción, con una sección de 1 m x 2 m, aplicando el método de circado, el cual consiste en realizar dos voladuras.

La primera voladura abarca los 22 taladros de color rojo, donde solo hay 1 taladro vacío, mientras que los 21 taladros restantes, son cargados. Además, esta primera voladura tiene la finalidad de extraer la veta con un porcentaje mínimo de desmonte.

Por otro lado, la segunda voladura comprende los 7 taladros de color azul, con el propósito de volar solo desmonte, el cual servirá como relleno de tajeos libres. La segunda voladura se facilita debido a la existencia de una cara libre, la cual fue resultado de la primera voladura.

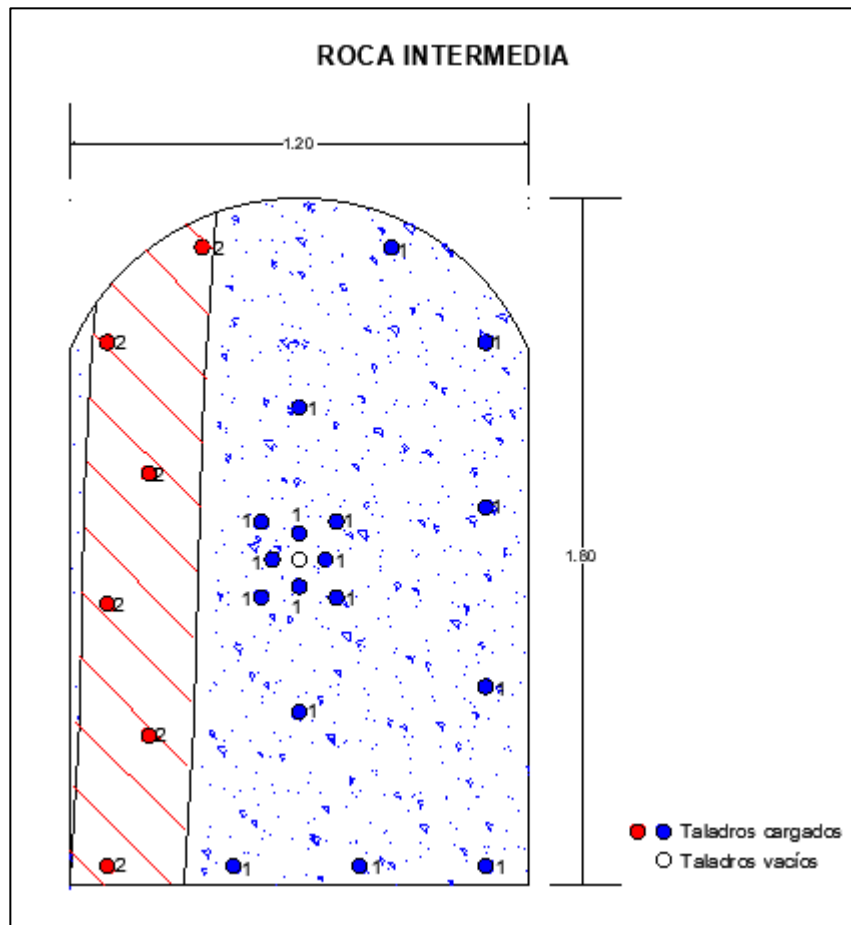


**Figura 04.** Diseño de malla de perforación en Subnivel – Veta Rosario

Fuente: AutoCAD - Elaboración propia

En la figura 3, se muestra el diseño de una malla de perforación en un subnivel con un tipo de roca intermedia, donde se encuentra la Veta Rosario. Presenta 24 taladros, donde 18 taladros se encuentran en la parte de desmorte, mientras que los 6 restantes se encuentran en la zona mineralizada.

El diseño de la malla presenta un arranque perteneciente al corte quemado, con un taladro vacío y en la parte donde se encuentra la veta. Además, tiene un diseño en forma de zigzag.



**Figura 05.** Diseño de malla de voladura en Subnivel – 1.20 m x 1.80 m

Fuente: AutoCAD - Elaboración propia

La malla se diseñó para un subnivel que tiene una sección de 1.20 m x 1.50 m, aplicando el método del circado

En este caso, la primera voladura estará enfocada en explotar el desmonte, con un taladro vacío y 17 taladros cargados. Por otro lado, la segunda voladura tiene el objetivo de extraer el mineral de manera menos contaminada.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo al primer objetivo específico, efectuar el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza - Nivel II, los resultados obtenidos evidencian que las vetas Cris y Rosario I, muestran una potencia promedio de 0.31m y 0.30 m, respectivamente, con leyes altas. Además, el RMR obtenido por cada zona geomecánica varía entre 53% a 60%, clasificándolo en un tipo de roca buena.

Datos que al ser comparados con lo encontrado por Concha (2014) en “Explotación de vetas angostas mediante los métodos de circado – corte y relleno ascendente de la veta María Elena – unidad minera Eureka – CÍA. Minera Cháparra”, quien indicó que esta unidad minera presentan zonas con roca de tipo I, II, III A y III B. Casualmente y bajo la atribución de aspectos externos (especialmente en consecuencia de agua de excavación originario de niveles principales) se tendrían posiblemente labores con roca tipo IV. Con estos resultados se puede observar que el estudio geomecánico es un punto clave al desarrollar un diseño de minado o establecer un tipo de sostenimiento y a la vez permite mejorar significativamente la producción.

De acuerdo al segundo objetivo, determinar el método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas. Los resultados obtenidos de la aplicación mostrada en la tabla 13 muestran los métodos recomendables de explotación en vetas angostas, obtenido a través de la metodología de Nicholas, como primer método tenemos el de corte y relleno, segundo método el de Square set y como tercero el de cámaras y pilares.

Resultados que, al ser comparados con lo encontrado por Minaya (2019) en “Evaluación de condiciones geomecánicas y viabilidad técnica según metodología numérica de Nicholas para selección del método de explotación en veta delia, mina Colquirrumi”, quien indicó que en la primera etapa de evaluación de la metodología numérica de Nicholas (1981), se obtuvo 5 alternativas que son viables

técnicamente; estas alternativas de métodos de explotación se presentan a continuación con su respectiva puntuación.

Con estos resultados se puede decir que el método de Nicholas te ayuda a seleccionar el método de minado que mejor se adecua al yacimiento en explotación, incluso para lo que son vetas angostas. Este método numérico de selección es el más adecuado, ya que trabaja con las características principales como son: la geometría y las características geotécnicas del yacimiento, la cual se adecua al método de explotación más selectivo, arrojando un ranking de los métodos recomendables originados producto de la evaluación del yacimiento en el método de Nicholas.

Esta metodología permite el estudio adecuado de los diferentes tipos de explotación que existen, en este caso el método más recomendable según las características de la veta es la de corte y relleno. Es por ello, que este método debe ser el que acompañe al método de circado, para una buena explotación, considerando que el propósito de esto es la selectividad de la veta.

Los resultados presentados por Concha (2014) en “Explotación de vetas angostas mediante los métodos de circado – corte y relleno ascendente de la veta María Elena – Unidad Minera Eureka – CIA. Minera Chaparra” donde indica que se ha seleccionado de corte y relleno ascendente convencional, debido a la necesidad de obtener un mineral con el mínimo de dilución y a partir de esto ayudarse por la gravedad.

Con este resultado podemos evidenciar que la explotación por corte y relleno obtenido en la metodología de Nicholas tiene las características que se adaptan favorablemente a la explotación de vetas angostas, ya que arranca el mineral de alta ley selectivamente y evita la dilución, por lo tanto, el desmonte servirá como relleno del tajo. Entre los métodos seleccionados en el ranking del método de Nicholas los tres primeros fueron corte y relleno, Square set y el de cámaras y pilares, es por ello que se visualiza que el método de corte y relleno es el adecuado, el método de Nicholas es un metodología más eficiente o veraz que otras.



En el rating de Nicholas se tomó en cuenta la forma, potencia, orientación y distribución del yacimiento, el método de cámaras y pilares tuvo una puntuación de 22.74 obteniendo el tercer puesto en el ranking, el método de Square set tuvo una puntuación de 26.6 ocupando el segundo lugar en el ranking y el primero es el de corte y relleno con una puntuación de 29.6, es por ello que este fue el método que mejor se adaptó a las propiedades geomecánicas evaluadas de la caja techo, la caja piso y el mineral.

De acuerdo al tercer objetivo planteado, describir las operaciones unitarias de perforación y voladura, desarrollados en el método de circado. Los resultados obtenidos en el desarrollo del objetivo, muestran los parámetros de perforación y voladura, donde se requiere del explosivo con medidas de 7/8" x 7", el cual se adapta al diámetro de los taladros realizados por brocas de 38 mm, estos parámetros se tuvieron en cuenta para diseñar las mallas aplicando el método de circado para la explotación de vetas angostas.

Los datos al ser evaluados con lo encontrado por Villacrés (2016) en "Optimización de costos al sistema de explotación subterránea en la veta Kathy de la empresa PRODUMIN S.A.", donde indicó que las variables de perforación y voladura influyen en los costos operativos. Por ello, es recomendable trazar y suministrar una malla de perforación para cada zona del yacimiento, además de seleccionar un explosivo adecuado, ya que casi siempre se empleaba la misma cantidad de carga en la sección, lo que ocasiona que se turbe y cause caída de rocas.

Con estos resultados se verificó la importancia del diseño de malla, ya que la distribución de los taladros debe realizarse según el tipo de roca con la que cuente el yacimiento, es por ello que el método de circado realiza dos voladuras, ya que las condiciones geomecánicas de la roca caja y la zona mineralizada no es la misma se requiere de diversos parámetros para poder realizar un buen diseño de malla y tener un avance efectivo, pero el principal objetivo de escoger el método adecuado complementario al circado es el de la selectividad ya que esto permitirá explotar las vetas angostas con un bajo porcentaje de dilución, que es lo que se busca principalmente.

Los resultados confirman la hipótesis planteada que con la realización del estudio del método de circado, se determinará la explotación adecuada de vetas angostas, en vista que al aplicar este método, el cual consiste en realizar dos voladuras, logrando obtener un porcentaje de dilución mínimo con una mayor selectividad porcentaje de concentración y por lo tanto se aumenta la recuperación tal como lo confirma Falen (2016) en “Rentabilidad en la recuperación de puentes y pilares por el método de explotación de circado en la minería artesanal de la comunidad campesina de Llacuabamba – Parcoy – Patáz – La Libertad””, donde indica que el método de circado es un método selectivo usado en el recobro de puentes y pilares, permitiendo recobrar un 17,4% TN más de mineral a diferencia de una única voladura.

Por otro lado, Acosta (2019) en “Explotación de vetas angostas con métodos de circado - corte y relleno ascendente para mejorar productividad - Unidad Minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. – 2019 muestra la obtención de vetas angostas con el método de circado en corte y relleno ascendente ayudando a optimizar efectivamente la productividad, ya que la ley del mineral aumentó en algunos tramos, con la mejora de la voladura, además gracias al ancho de minado, se tiene una menor dilución. Con estos resultados podemos decir que el método de circado es un método de explotación selectivo para la explotación de vetas angostas, ya que se puede recuperar de manera más selectiva en la realización de dos voladuras a diferencia de realizarlo en dos voladuras el minado.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. En este trabajo se efectuó el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza - Nivel II. Lo más importante del estudio geomecánico son los parámetros geológicos y geomecánicos, recolectados del yacimiento de las diferentes labores, porque este es la base para la evaluación del método. En las vetas angostas es necesario desarrollar un estudio minucioso, ya que se busca la selectividad en el proceso de explotación. Lo difícil en el desarrollo de este objetivo es realizar el estudio geomecánico de la zona mineralizada, la caja techo y la caja piso ya que cada una de estas presentan características diferentes, que son fundamentales para la determinación del método de explotación selectivo.
2. En este trabajo se determinó el método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas. Lo más importante de la determinación del método de explotación fue la recaudación de características del yacimiento, caja techo, y caja piso que presentan las vetas angostas a través de estos datos se evaluó cada uno de los métodos de explotación según la metodología de Nicholas que permitió hallar el proceso de minado que más se adapte al método de circado. Lo que más ayudo a escoger el método complementario al circado fue la aplicación de la metodología de Nicholas porque se hizo un estudio de cada método de explotación adaptándolo a las características del yacimiento, caja techo, y la caja piso, porque fueron datos que tuvieron que ser recolectados en campo y demandan de cierto tiempo.
3. En este trabajo se describe las operaciones unitarias de perforación y voladura, desarrollados en el método de circado. Lo más importante de esto es realizar un proceso de voladura que se adapte al método de explotación seleccionado según la metodología de Nicholas porque te permitirá realizar una voladura eficiente. Lo que ayudo a determinar la distribución de los

taladros, es la aplicación del método de circado ya que te permite realizar una voladura selectiva del desmonte y mineral, es por esto que el desarrollo de esta etapa es la más importante en la explotación de vetas angostas.

4. En el trabajo se realizó un estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca. Lo más significativo de realizar el estudio del método de circado fue evaluar las condiciones geomecánicas y geológicas porque te permiten estudiar las condiciones de la veta, y a partir de ello evaluar la manera de explotarla selectivamente. Lo difícil en este proceso fue hallar el método de explotación complementario al método de circado porque según el método de explotación considerado se tuvo que hacer un diseño de malla y secuencia de encendido que vaya acorde con las características de labor, ya que la distribución de taladros dependió de la zona, ya sea mineralizada o de la zona de desmonte evitando de esta manera la dilución.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Un estudio geomecánico previo es recomendable para tener en cuenta en el método de explotación adaptable al yacimiento que presenten vetas angostas para efectuar las labores de explotación.
2. La aplicación de la metodología de Nicholas es recomendable para escoger un método de explotación más preciso, ya que para la aplicación de este se realiza un estudio minucioso a diferencia a otros métodos de evaluación que se realizan de manera general.
3. Verificar el tipo de roca con la que se encuentra, es recomendable antes de realizar el marcado de la malla de perforación, ya que esto permitirá realizar la malla de perforación que más se adapte al yacimiento de una manera correcta.

## REFERENCIAS

APARICIO Lliuya, Rober Dany. “Aplicación de la mecánica de rocas, en la selección de métodos factibles de minado por el método numérico de Nicholas”. Universidad Santiago Antúnez de Mayolo-Huaraz- 2018. Disponible en: <https://es.slideshare.net/mobile/roberapariciolliuya/seleccion-metodo-de-minado-metodo-numeric-de-nicholas>

BIENIAWSKI, Z. Engineering Rock Mass Classifications. Pennsylvania, USA: John Wiley & Sons, 1989.

ARCOS Alarcón, Freddy y CALDERÓN Cossio, Cesar. Actividad minera artesanal en las regiones de Ayacucho y Huánuco. INGEMMET, Boletín Serie E: Minería;n. 11 [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 09 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1008>

Bonancible minería de vetas ricas. [en línea]. El Diario Opinión. 10 de Marzo de 2015. [Fecha de consulta: 07 de Setiembre de 2020]. Disponible en: [https://www.eldiario.net/noticias/2015/2015\\_03/nt150310/opinion.php?n=22&-vetas-ricas-vetas-pobres](https://www.eldiario.net/noticias/2015/2015_03/nt150310/opinion.php?n=22&-vetas-ricas-vetas-pobres)

CARLOS Jimenez, Ivan Alexander; Rivera Cruz, Eduardo Yoel. “Ventajas Económicas de la Implementación del Método de Explotación Sublevel Stopping en Vetas Angostas frente al Método de Explotación Convencional de Corte y Relleno Ascendente en la Zona Codiciada de la Mina Morococha”. Trujillo; Universidad Nacional de Trujillo, 2016

CASTILLO, Lourdes. Análisis documental [en línea]. Biblioteconomía, 2004 [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Tema 5. Disponible en: <https://www.uv.es/macas/T5.pdf>

Coligalleros de Abangares: “El Gobierno no nos deja trabajar en paz”. [en línea]. La República. 09 Septiembre de 2020. [Fecha de consulta: 07 de Setiembre de 2020].

Disponible en: <https://www.larepublica.net/noticia/coligalleros-de-abangares-el-gobierno-no-nos-deja-trabajar-en-paz>

CONCHA Huajardo, Alejandro. Explotación de vetas angostas mediante los métodos de Circado – Corte y Relleno Ascendente de la veta María Elena – Unidad Minera Eureka – CÍA . Minera Cháparra. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2014. Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/3859/Micohuah072.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DÍAZ, Lidia. La Observación. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 29 pp.

EXPLOTACIÓN Subterránea métodos y casos prácticos por Llanque Oscar [et al.]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 1999. 252 pp.

FALEN Sanchez, Jorge. Rentabilidad en la recuperación de puentes y pilares por el método de explotación de circado en la Minería Artesanal de la Comunidad Campesina de Llacuabamba – Parcoy – Patáz – La Libertad. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3854/FALEN%20SANCHEZ%20c%20JORGE%20EVERARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FRANCO Sepúlveda, Giovanni; Henao Gómez, Cristian Camilo. Aplicación de la planificación estratégica a la minería en Colombia. Bol. Cienc. Tierra, Número 37, p. 20-24, 2015. ISSN electrónico 2357-3740. ISSN impreso 0120-3630.

GALLOSO Carrasco, Armando; LOAIZA Choque, Edwin y ZÁRATE Olazábal, Héctor. “Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur Media del Perú”. INGEMMET. Boletín N° 4 Serie E Lima- 2018. Disponible en: <https://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/177523/001->

MINERALIZACIÓN+Y+EXPLORACIÓN+MINERA+ARTESANAL+EN+LA+COSTA  
+SUR++MEDIA+DEL+PERÚ%252C+2008.pdf/5cdd2cb0-dbc3-48d4-94f6-  
800338448ee7

GEOTECHNICAL design of pillars in underground mines of gold veins in cases of Colombia por Alvaro J. Castro-Caicedo [et al]. Revista DYNA, 86 (209): 337-346, marzo, 2019.

ISSN: 0012-7353

GOBIERNO DE ESPAÑA, Ministerio de Industria, Energía y Turismo Convenio De Colaboración Entre La Secretaría De Estado De Energía Del Ministerio De Industria, Energía Y Turismo Y La Universidad Politécnica De Madrid (Laboratorio Oficial J.M. Madariaga – Lom) Proyecto N° 5.3 “Guía Sobre Control Geotécnico En Minería Subterránea” 2015.

GUÍA de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas [en línea]. Lima: Osinergmin, 2017. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf)

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6. a ed. México: McGraw Hill. 2014. Disponible: [esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%205ta%20Edición.pdf](http://esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%205ta%20Edición.pdf)

KANA Nuñoncca, Juda José. “Método de cámaras y pilares”- Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa-2018. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/377712098/Metodo-de-Camaras-y-Pilares>

MAMANI Chura, Denis. Análisis de costos de perforación en el método de explotación sublevel stoping con taladros largos de diámetros de 64mm Y 89mm



para incrementar la productividad en la U.M. Colquijirca-El Brocal. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019. Disponible en:

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12019/Mamani\\_Chura\\_Denis\\_Nestor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12019/Mamani_Chura_Denis_Nestor.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Matthias Wimmer, Swebrec. Gravity flow of broken rock in sublevel caving (SLC) – Swebrec - Swedish Blasting Research Centre, Department of Civil and Environmental Engineering • Division of Rock Engineering, noviembre 2010.

ISSN 1653-5006

MENA Salas, Alejandro. Planeamiento de minado subterráneo para vetas angostas: Caso Practico; mina “Esperanza de Caravelí” de Compañía Minera Titán S. R. L. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012. Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1753/MENA\\_ALEJANDRO\\_MINADO\\_SUBTERRANEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1753/MENA_ALEJANDRO_MINADO_SUBTERRANEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MENDAÑA Saavedra, Felipe. Máquinas integrales "VSM" para la construcción mecanizada de pozos verticales. Revista de Obras Públicas: Órgano profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos. (3518) : 7-28, 2011

ISSN 0034-8619

MINAYA Villarreal, Johann Alexander. Evaluación de condiciones geomecánicas y viabilidad técnica según metodología numérica de Nicholas para selección del método de explotación en veta Delia, mina Colquirrumi. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad de Trujillo, 2019. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14731/MINAYA%20VILLARREAL%20JOHANN%20ALEXANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MINDAT.ORG, Hudson Institute of Mineralogy. Definition of shrinkage stoping 2012.

MURUAGA Rojas, Sebastián. Selección de métodos de explotación para vetas angostas. Tesis (Título en Ingeniería Civil de Minas). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2016. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139743/Seleccion-de-metodos-de-explotacion-para-vetas-angostas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ORAAE, Kazem y HOUSSAIN, Amir. Economic Comparison of Drilling Systems in Sublevel Stopping Method. Decimosexto simposio internacional sobre planificación de minas y selección de equipos (MPES 2007): 688-700, 2007.

OSPINA Alvarado, Edward y RAMÍREZ Gutiérrez, Jaime. Analisis de la responsabilidad del estado frente a la problemática socio jurídica de la explotación minera en Marmato Tesis (Título de abogado). Manizales: Universidad de Manizales, 2016. Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2897/ANALISIS%20DE%20LA%20RESPONSABILIDAD%20DEL%20ESTADO%20FRENTE%20A%20LA%20PROBLEMATICA%20SOCIOJURIDICA%20DE%20LA%20EXPLOTACION%20MINERA%20EN%20MARMATO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMIREZ Oyanguren, Pedro y ALEJANO Monge, Leandro. Mecánica de rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes [en línea]. 2004. [fecha de consulta: 22 de mayo de 2020]. Disponible en: [http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA\\_DE\\_ROCAS\\_1.pdf](http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf)

REVISTA DE SEGURIDAD MINERA. Técnicas de minería subterránea para un trabajo seguro y rentable 15 octubre, 2013.

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN GEOLÓGICA ARGENTINA, Volumen 56 No 4 2001, Buenos Aires, Argentina.

ISSN: 0004-4822

ROMERO Gélvez, Jorge Iván; Cortes Aldana, Félix Antonio; Franco Sepulveda, Giovanni. Compromise solutions in mining method selection - case study in Colombian coal mining, Junio 2015.

ISSN: 0012-7353

ROS Avila, Joan. Análisis comparativo de los criterios de rotura de Hoek&Brown y MohrCoulomb en el estudio de estabilidad en macizos rocosos. Tesina. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya, 2008. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6529/06.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

STEWART, P, TRUEMAN, R, LYMAN, G. Development of benchmark stoping widths for longhole narrow-vein stoping. Journal Mining Technology, 167-175: 2013.

STUDY on the long-hole raising technique using one blast based on vertical crater retreat multiple deck shots por Kewei Liu [et al]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 109: 52-67, Septiembre, 2018.

TOLEDO Garay, Fernando Enrique, Estanislao De la Cruz, Carrasco, Oswaldo Ortiz Sánchez. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM Vol. 1, N.º 02 Julio - diciembre 1998.

TORIBIO Jurado, Christian. Minado por sub level stoping en vetas angostas para optimizar la rentabilidad del TJ 882 en la Compañía Minera Kolpa S.A. – Huancavelica – 2018 Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/42cd/f818faa74d1c1e3135af8043d81e006fbfac.pdf>

VALDÉS, Ricardo, BASOMBRÍO, Carlos y VERA, Dante. Minería no formal en el Perú. Realidades, tendencias y ¿soluciones?. Perú: Capital Humano y Social S.A., 2019. [fecha de consulta: 08 de Setiembre de 2020]. Disponible en:

<https://www.kas.de/documents/269552/0/Mineria+No+Formal+en+el+Per%C3%BA.pdf/945ec083-8ad5-f52d-5817-fd9cec51ee04?version=1.0&t=1576608069579>

VERAMENDI Villacorta, Belizario. Aplicación del método tajeo por subniveles con recuperación de pilares y losas, en su variante de tiros largos (sub Level Open Stopping, Slos), para mejorar la producción total de la mina Panulcillo Cia Cominpo S.A. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017. Disponible en: [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1965/T033\\_4388445\\_5\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1965/T033_4388445_5_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VILLACRÉS Garcés, Roberto. Optimización de costos al sistema de explotación subterránea en la veta Kathy de la Empresa PRODUMIN S.A. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7967/1/T-UCE-0012-48.pdf>

ZHIQIANG, Liu y Yiping Meng. Key technologies of drilling process with raise boring method. -2015- Full length article.

## ANEXOS

### ANEXO 01. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Método de Circado Independiente</b>	Es un método de explotación que extrae selectivamente las vetas, realizando dos voladuras, en donde la primera consiste en extraer el material estéril y la segunda voladura extrae el mineral. (Falen, 2016)	Criterios de aplicación	Forma	Observación	Guía de observación	Nominal
			Potencia			
			Buzamiento			
		Estudio Geomecánico mediante el RMR	Altura litostática	Observación	Guía de Observación	Intervalo
			Resistencia a Compresión Simple			
			RQD (Rock Quality Designation)			
Distancia de discontinuidades						
Estado de diaclasas	Intervalo					
Condiciones del agua subterránea	Intervalo					
<b>Explotación de vetas angostas Dependiente</b>	Las vetas angostas presentan potencias que varían de 0.15 a 0.80 m, sin embargo su explotación es viable debido a que presentan leyes altas. (Mena, 2012)	Geología	Geología regional	Análisis documental	Ficha de recolección de datos	Nominal
			Geología local			
			Geología del yacimiento	Observación	Guía de Observación	Nominal

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 02. Matriz de consistencia**

<b>ESTUDIO DEL MÉTODO DE CIRCADO PARA LA EXPLOTACIÓN DE VETAS ANGOSTAS EN LA MINA NUEVA ESPERANZA NIVEL II – ALGAMARCA</b>						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>TÉCNICAS</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con la realización del estudio del método de circado se determinará la explotación adecuada de vetas angostas.</li> </ul>	Método de circado.	Cuantitativa	Unidades mineras del caserío de Algamarca, distrito Cachachi, provincia de Cajabamba	Observación y análisis documental
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<b>INADECUADA EXPLOTACIÓN DE VETAS ANGOSTAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectuar el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza Nivel II</li> <li>Determinar el método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas.</li> <li>Describir las operaciones unitarias de perforación y voladura desarrolladas en el método de circado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudio geomecánico y características litológicas del yacimiento, ayudará a reducir incidentes negativos en el proceso de explotación</li> <li>El método de Nicholas ayudará a tener precisión del método a utilizar en la explotación de vetas angostas</li> <li>Estudiando las operaciones unitarias de perforación y voladura, para una buena explotación de vetas angostas.</li> </ul>	Explotación de Vetas angostas	Descriptivo	Minera Artesanal Nueva Esperanza – Nivel II – Algamarca.	Guía de Observación de campo, guía de análisis documental

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 03**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**Ficha de registro de datos**

**Objetivo:** Efectuar el estudio geomecánico para la viabilidad del método de circado en la mina Nueva Esperanza Nivel II

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS**

Ítems	Datos	Descripción
GEOLOGÍA REGIONAL		
GEOLOGÍA LOCAL		

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 04



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Guía de observación

**Objetivo:** Efectuar el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza - Nivel II

N°	Veta	Labor	Potencia (m)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Fuente: Elaboración propia



**Objetivo:** Efectuar el estudio geomecánico para la viabilidad del método del circado en la mina Nueva Esperanza - Nivel II

HOJA DE CAMPO

LEVANTAMIENTO GEOMECAÁNICO POR LÍNEA DE DETALLE

Longitud de detalle: \_\_\_\_\_ Zona Geomecánica: \_\_\_\_\_ Realizado por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

N° Discontinuidad	Orient. Dir. Buzamiento	Resistencia a la compresión	ESPACIADO	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES																				AGUA	N° de juntas por metro					
				Persistencia					Abertura					Rugosidad					Relleno							Alteración				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
1		1-5 Mpa	>2	<1m long.	Cerrada	Muy rugosa	Limpia	Sana																						
2		5-25 Mpa	0,6-2	1-3 m Long.	<0.1mm apert.	Rugosa	Duro <5mm	Lig. Alterada.																						
3		25-50 Mpa	0.2-0.6	3- 10m	0.1- 1.0mm	Lig.rugosa	Duro>5mm	Mod.Alterada.																						
4		50-100 Mpa	0.06-0.2	10- 20 m	1- 5 mm	Lisa	Suave < 5 mm	Muy alterada																						
5		100-250 Mpa	<0.06	>20 m	>5 mm	Espejo de falla	Suave >5 mm	Descompuesta																						
6		>250 Mpa																												

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 06



**Objetivo:** Determinar el método de explotación complementario al método de circado aplicando la metodología de Nicholas

<b>Características geológicas del yacimiento</b>	<b>Veta</b>
Forma	
Potencia	
Buzamiento	
Profundidad	
Distribución de leyes	
<b>Características geomecánicas para roca del mineral</b>	
Resistencia de la matriz rocosa	
Espaciamiento de fracturas	
Condición de estructuras	
<b>Características geomecánicas de la caja techo</b>	
Resistencia de la matriz rocosa	
Espaciamiento de fracturas	
Condición de estructuras	
<b>Características geomecánicas de roca caja piso</b>	
Resistencia de la matriz rocosa	
Espaciamiento de fracturas	
Condición de estructuras	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 07



**Objetivo:** Describir las operaciones unitarias de perforación y voladura

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
<b>Perforación</b>	Equipo	
	Ancho	
	Alto	
	Barras	
	Brocas	
	Área	
	Tipo de roca	
	N° de taladros	
	Espaciamiento	
	RMR	
<b>Voladura</b>	Densidad de la roca	
	Tipo de explosivo	
	Diámetro del explosivo	
	Longitud del explosivo	
	Accesorios	
	Avance por disparo	
	Eficiencia	

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 08

### Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos (Ficha de observación de campo para la obtención de datos para el estudio geomecánico)

#### 1. DATOS GENERALES:

##### 1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca

##### 1.2 Investigador (es): De La Cruz Asalde Katherine Vanessa Valdivia Castillo Nahomi Antoinette

#### 2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado				X	
Objetividad	Está expresado en conductas observables				X	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
Organización	Existe una organización lógica			X		
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				X	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

#### PROMEDIO DE VALORACIÓN

82

#### 3. OPINION DE APLICABILIDAD:

El método de circado es un método aplicable para vetas angostas y de alta ley el cual permite la explotación y económicamente rentable.

#### 4. Datos del Experto:

**Nombre y apellidos:** Gilberto Donayres Quispe **DNI** 23992146

**Grado académico:** Mg. Administración Estratégica de Empresas

**Centro de Trabajo:** Minera Los Andes S.A.c. y Universidad César Vallejo

**Firma:**

**Fecha:** 02-10-2020

  
MINERA LOS ANDES S.A.C  
Ing.º Gilberto Donayres Quispe  
GERENTE GENERAL

## ANEXO 09

### Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

(Ficha de observación de campo para la obtención de datos para la metodología de Nicholas)

#### 1. DATOS GENERALES:

##### 1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algamarca

##### 1.2 Investigador (es):

De La Cruz Asalde Katherine Vanessa  
Valdivia Castillo Nahomi Antoinette

#### 2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

#### 3. OPINION DE APLICABILIDAD:

Los Instrumentos son aplicables al estudio del método de circado.

#### 4. Datos del Experto:

**Nombre y apellidos:** Orlando Alex Siccha Ruiz

**DNI** 18026960

**Grado académico:** Magister

**Centro de Trabajo:** Docente UCV

**Firma:**

**Fecha:** 08-11-2020



## ANEXO 10

### FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Estudio del método de circado para la explotación de vetas angostas en la mina Nueva Esperanza Nivel II – Algarmarca

1.2 Investigador (a) (es): De La Cruz Asalde Katherine Vanessa  
Valdivia Castillo Nahomi Antoinette

2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

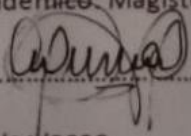
3. OPINION DE APLICABILIDAD:

Los Instrumentos son aplicables al estudio del método de circado.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Aguinaga Vásquez Silvia DNI: 16790469


Grado académico: Magister Centro de Trabajo: Docente USAT

Firma:  .....

Fecha: 29/11/2020.

## ANEXO 11

### CARTA DE ACEPTACIÓN

	<b>“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”</b>	<b>MINA NIVEL2- NUEVA ESPERANZA- TRINIDAD</b>
---	---	---

### CARTA DE ACEPTACIÓN

Algamarca, 10 de setiembre del 2020

#### Doctor

Beder Erasmo Martell Espinoza  
Director Nacional de EP Ingeniería de Minas  
UCV – Filial Chiclayo

De acuerdo a la solicitud enviada por usted, le informamos que la mina Nueva Esperanza Nivel II- Trinidad, esta presto para colaborar con la estudiante **De La Cruz Asalde Katherine Vanessa**, con DNI N° 75767055, para el desarrollo de su investigación titulada: **“ESTUDIO DEL MÉTODO DE CIRCADO PARA LA EXPLOTACIÓN DE VETAS ANGOSTAS EN LA MINA NUEVA ESPERANZA NIVEL II – ALGAMARCA”** brindándoles las facilidades de acceso a las labores que estén a nuestro alcance, para contribuir a su formación profesional.

Cordialmente:



**Marcos Baca Briceno**

**DNI: 26950881**

*Titular de la actividad minera  
Mina Nivel 2- Nueva Esperanza- Trinidad  
Algamarca- Cajabamba*

	<p align="center"><b>“AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD”</b></p>	<p align="center"><b>MINA NIVEL2- NUEVA ESPERANZA- TRINIDAD</b></p>
--	---	---

## CARTA DE ACEPTACIÓN

Algamarca, 10 de setiembre del 2020

**Doctor**

Beder Erasmo Martell Espinoza  
 Director Nacional de EP Ingeniería de Minas  
 UCV – Filial Chiclayo

De acuerdo a la solicitud enviada por usted, le informamos que la mina Nueva Esperanza Nivel II- Trinidad, esta presto para colaborar con la estudiante **Valdivia Castillo Nahomi Antoinette**, con DNI N° **75507791**, para el desarrollo de su investigación titulada: **“ESTUDIO DEL MÉTODO DE CIRCADO PARA LA EXPLOTACIÓN DE VETAS ANGOSTAS EN LA MINA NUEVA ESPERANZA NIVEL II – ALGAMARCA”** brindándoles las facilidades de acceso a las labores que estén a nuestro alcance, para contribuir a su formación profesional.

Cordialmente:


---

**Marcos Baca Briceño**  
**DNI: 26950881**  
*Titular de la actividad minera*  
*Mina Nivel 2- Nueva Esperanza- Trinidad*  
*Algamarca- Cajabamba*



## ANEXO 12

### TABLAS DE VALORIZACIÓN

**Tabla 17.** Relación entre el valor del RQD y la calidad de la roca

RQD (%)	Calidad de la roca
< 25	Muy mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Regular
75 – 90	Buena
90 – 100	Excelente

Fuente: Deere (1964)

**Tabla 18.** Parámetros y puntaje de valores para la clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca	Ensayo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	<b>Valor</b>		<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
2	<b>RQD</b>		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	<b>Valor</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm		
	<b>Valor</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		<b>Valor</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
		<b>Valor</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		

Fuente: Ramirez y Alejano (2004)

**Tabla 19.** Ajuste por orientación de discontinuidades

<b>Efectos de la orientación y buzamiento de las discontinuidades en tunelería</b>			
Rumbo perpendicular al eje del túnel		Rumbo paralelo al eje del túnel	
Avance con el buzam. Buzam. 45° - 90°	Avance con el buzam. Buzam. 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Muy desfavorable	Muy desfavorable
Avance contra el Buzam. Buzam. 45° - 90°	Avance contra el Buzam. Buzam. 20° - 45°	Buzamiento 0° - 20°, independiente del rumbo	
Moderado	Desfavorable	Moderado	

Fuente: Bieniawski (1989)

**Tabla 20.** Ajuste de la valoración por orientación de discontinuidades

<b>Ajuste de la valoración por orientación de las discontinuidades</b>					
Parámetro	Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valoración					
Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-2	-25	-50	-60

Fuente: Bieniawski (1989)

**Tabla 21.** Categorías de la clasificación geomecánica

<b>R.M.R.</b>	<b>Descripción del macizo rocoso</b>	<b>Clase</b>
81 – 100	Muy bueno	I
61 – 80	Bueno	II
41 – 60	Medio	III
21 – 40	Malo	IV
0 – 20	Muy malo	V

Fuente: Bieniawski (1989)















## ANEXO 14

### Valoración de los métodos mineros en función de la geometría y distribución de las leyes en el yacimiento, según Nicholas

Yacimiento	Forma General Yacimiento			Potencia del yacimiento				Orientación			Distribución de las leyes		
	Masiva	Tabular	Irregular	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta	Horizontal	Intermedia	Vertical	Uniforme	Gradacional	Errático
Block Caving	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
Sublevel Stopping	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
Sublevel Caving	3	4	1	-49	0	4	3	1	1	4	4	2	0
Longwall mining	-49	4	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
Room and Pillar	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
Shrinkage Stopping	2	2	1	1	1	2	4	2	1	4	3	2	1
Cut and Fill Stopping	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3
Top Slicing	3	3	0	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0
Square Set	0	2	4	4	4	4	1	2	3	3	3	3	3

## ANEXO 15

### Valoración de los métodos mineros en función de las características geomecánicas de las rocas que contiene al mineral, según Nicholas

MINERAL	Resistencia de la matriz rocosa			Espaciamiento Fracturas				Competencia Roca Intacta		
	Baja	Mediana	Alta	Muy fracturado	Fracturado	Poco fracturado	Muy poco fracturado	Poco competente	Competente	Muy competente
Block Caving	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Sublevel Stoping	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Sublevel Caving	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Longwall mining	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
Room and Pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Shrinkage Stoping	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Cut and Fill Stoping	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
Top Slicing	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4
Square Set	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

## ANEXO 16

### Valoración de los métodos mineros en función de las características geomecánicas de roca caja techo, según Nicholas

CAJA TECHO	Resistencia de la matriz rocosa			Espaciamiento Fracturas				Competencia Roca Intacta		
	Baja	Mediana	Alta	Muy fracturado	Fracturado	Poco fracturado	Muy poco fracturado	Poco competente	Competente	Muy competente
Block Caving	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Sublevel Stopping	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Sublevel Caving	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Longwall mining	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Room and Pillar	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Shrinkage Stopping	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
Cut and Fill Stopping	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Top Slicing	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0
Square Set	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

## ANEXO 17

### Valoración de los métodos mineros en función de las características geomecánicas de roca caja piso, según Nicholas

CAJA TECHO	Resistencia de la matriz rocosa			Espaciamiento Fracturas				Competencia Roca Intacta		
	Baja	Mediana	Alta	Muy fracturado	Fracturado	Poco fracturado	Muy poco fracturado	Poco competente	Competente	Muy competente
Block Caving	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Sublevel Stopping	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
Sublevel Caving	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
Longwall mining	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Room and Pillar	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Shrinkage Stopping	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Cut and Fill Stopping	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Top Slicing	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3
Square Set	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

## ANEXO 18

### CUADRO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN SELECCIONADOS EN EL RANKING DE NICHOLAS

Método de explotación	Tipo de depósito	Competencia	Perforación y voladura	Dilución	Seguridad	Comentarios
Circado	Potencias menores a 1 m, buzamiento vertical.	Medianamente competente	Dos voladuras. Barrenos cortos con Jackleg.	La dilución del mineral es pequeña.	Seguridad relativamente elevada, debido a la programación de dos voladuras.	Equipos convencionales. Mayor selectividad.
Corte y relleno ascendente	Potencia variable, buzamiento mayor a 30°.	Medianamente competente	Perforadoras Jackleg, stoper y jumbo.	La dilución del mineral es pequeña.	Es un método seguro.	Método aplicado en labores mecanizadas y convencionales.
Cámaras y pilares	Potencias mayores a 1 m, buzamiento menor a 30°.	Competente	Barrenos cortos con Jumbos	La dilución del mineral es intermedia.	La seguridad es mínima, debido al desprendimiento de rocas y la ventilación defectuosa.	Equipos mecanizados de perforación y de transporte de mineral con productividad media a alta
Square set	Potencia mínima de 3 a 3.5 m.	Poco competente	Perforadoras Jackleg	La dilución del mineral es pequeña.	Seguridad relativamente elevada, debido a que las explotaciones se enmaderan inmediatamente.	Se basa sobre el sistema de cuadros. El producto de la voladura, se utiliza como relleno para sostenimiento.

ANEXO 19

FOTOGRAFÍAS



Bocamina de la Mina Nueva Esperanza – Nivel II



Veta Rosario I – Galería



Veta Cris - Chimenea



Medición del buzamiento en la caja techo



Medición de la dirección de buzamiento en la caja piso