



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**PROPUESTA DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE  
EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA PARA LA VETA BENDITANI  
DE LA CONCESIÓN MINERA FLORITA N° 1 POLYGOLD  
MINERALS S.A.C.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JOHN JOSEPH MELO ARAUJO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

**Propuesta de selección del método de explotación subterránea para la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 P olygold Minerals S.A.C.**

AUTOR

**John Joseph Melo Araujo**

RECuento DE PALABRAS

**16204 Words**

RECuento DE CARACTERES

**86762 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**100 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 22, 2024 9:01 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 22, 2024 9:03 PM GMT-5**

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

  
**Dr. Anibal Sucari Leon**  
DOCENTE  
E.P. DE INGENIERÍA DE MINAS  
UNA - PUNO



Resumen



## DEDICATORIA

*Mi tesis se lo dedico con todo mi corazón a mi madre, pues sin su apoyo no hubiera logrado, tu presencia permanente en mi vida que me protege y guía por un buen camino contar con tu paciencia amor de madre es mi motivación para seguir adelante.*

*Así mismo a mis hijos, Diego André, Joseph Valentín y Gael Sebastián, personas muy especiales que cada día son mi motivo de seguir adelante y seguir trabajando para lograr sus objetivos, para así cumplir las metas trazadas como persona y como familia, a ellos mi infinito cariño y gratitud.*

***John Joseph.***



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.*

*En especial a mi Universidad Nacional del Altiplano de Puno asimismo a mi Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, docentes que durante el tiempo de mis estudios me brindaron conocimientos teóricos y prácticos para la formación profesional.*

***John Joseph.***



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
1.2.1. Pregunta general .....	17
1.2.2. Preguntas específicas.....	17
<b>1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>17</b>
1.3.1. Hipótesis general .....	17
1.3.2. Hipótesis específicas .....	18
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
1.5.1. Objetivo general .....	19
1.5.2. Objetivos específicos.....	19



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>25</b>
2.2.1. Método de explotación subterránea.....	25
2.2.2. Clasificación de los métodos de explotación.....	27
2.2.3. Criterios para la selección del método de explotación.....	28
2.2.4. Mecánica de rocas en la minería.....	31
2.2.5. Room and Pillar.....	32
2.2.6. Vertical crater retreat.....	34
2.2.7. Shrinkage Stopping.....	36
2.2.8. Open stoping.....	38
2.2.9. Sublevel Stopping.....	39
2.2.10. Cut and Fill Stopping.....	42
2.2.11. Longwall.....	43
2.2.12. Top Slicing (rebanado superior).....	46
2.2.13. Sublevel Caving.....	49
2.2.14. Block Caving.....	51
2.2.15. Distribución de leyes y geometría del yacimiento.....	55
2.2.16. Características geomecánicas de las rocas.....	56
2.2.17. El método numérico de Nicholas (1981).....	57
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....</b>	<b>61</b>
2.3.1. Método de explotación.....	61
2.3.2. Veta angosta.....	61
2.3.3. Minería subterránea.....	61



2.3.4. Relleno.....	61
2.3.5. Mineral .....	61
2.3.6. Desmonte.....	61
2.3.7. Buzamiento.....	62
2.3.8. Dilución .....	62
2.3.9. Pilar.....	62

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>63</b>
3.1.1 Accesibilidad.....	64
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>65</b>
<b>3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....</b>	<b>65</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>65</b>
3.4.1. Población .....	65
3.4.2. Muestra .....	65
3.4.3. Muestreo .....	65
<b>3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO .....</b>	<b>66</b>
3.5.1. Tipo de investigación .....	66
3.5.2. Alcance de la investigación .....	66
<b>3.6. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS.....</b>	<b>67</b>
3.6.1. Metodología para determinar las características geométricas .....	67
3.6.2. Metodología para determinar la distribución de leyes .....	67
3.6.3. Metodología para determinar sus características geomecánicas .....	67
3.6.4. Metodología para la selección del método de explotación subterránea .....	68
<b>3.7. ANALISIS DE DATOS .....</b>	<b>68</b>



**3.8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES ..... 69**

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 70**

4.1.1. Características geométricas en la veta Benditani ..... 70

4.1.2. Distribución de leyes en la veta Benditani ..... 74

4.1.3. Características geomecánicas en la veta Benditani ..... 77

4.1.4. Selección del método de explotación subterránea para la veta Benditani ..... 81

**4.2. DISCUSIÓN ..... 86**

**V. CONCLUSIONES..... 89**

**VI. RECOMENDACIONES ..... 90**

**VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 91**

**ANEXOS ..... 95**

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Métodos de extracción de yacimientos minerales metálicos y no metálicos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 07 mayo del 2024





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación de métodos de explotación subterránea .....	27
<b>Tabla 2</b>	Comparación de métodos de explotación .....	54
<b>Tabla 3</b>	La geometría y su distribución de leyes en el yacimiento .....	58
<b>Tabla 4</b>	Las características geomecánicas en la zona mineralizada.....	59
<b>Tabla 5</b>	Las características geomecánicas en la zona caja techo .....	59
<b>Tabla 6</b>	Las características geomecánicas en la zona caja piso .....	60
<b>Tabla 7</b>	Valor numérico en su clasificación.....	60
<b>Tabla 8</b>	Coordenadas de la concesión minera Florita N°1.....	64
<b>Tabla 9</b>	Acceso a la concesión Minera Florita N° 1. ....	64
<b>Tabla 10</b>	Operacionalización de variables .....	69
<b>Tabla 11</b>	Buzamiento en la veta Benditani .....	72
<b>Tabla 12</b>	Potencia de la veta Benditani.....	73
<b>Tabla 13</b>	Características geométricas y distribución de leyes en la veta Benditani.....	74
<b>Tabla 14</b>	Estimación de la ley promedio a través de volúmenes y tonelajes en galería	75
<b>Tabla 15</b>	Estimación de la ley promedio a través de volúmenes y tonelajes en afloramiento .....	76
<b>Tabla 16</b>	Características del yacimiento veta Benditani .....	77
<b>Tabla 17</b>	Cálculo de reserva de la veta Benditani.....	77
<b>Tabla 18</b>	Número de fracturas por metro en la veta Benditani .....	78
<b>Tabla 19</b>	Número de fracturas por metro en la caja techo .....	79
<b>Tabla 20</b>	Número de fracturas por metro en la caja piso .....	80
<b>Tabla 21</b>	Resistencia del material .....	81
<b>Tabla 22</b>	Geometría y distribución de leyes de la veta Benditani.....	81
<b>Tabla 23</b>	Característica geomecánica de la zona mineralizada.....	82



<b>Tabla 24</b> Característica geomecánica de la caja techo.....	83
<b>Tabla 25</b> Característica geomecánica de la caja piso.....	84
<b>Tabla 26</b> Resumen de la selección del método de explotación.....	85
<b>Tabla 27</b> Selección del método de explotación subterránea .....	86



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Selección del método de explotación .....	26
<b>Figura 2</b> Sistemas aplicados en los métodos de explotación .....	31
<b>Figura 3</b> Esquema típico de cámaras y pilares mecanizado .....	33
<b>Figura 4</b> Esquema típico de un VCR .....	35
<b>Figura 5</b> Esquema típico de un Shrinkage .....	37
<b>Figura 6</b> Esquema del método open stoping.....	39
<b>Figura 7</b> Esquema típico de un Sublevel Stopping.....	40
<b>Figura 8</b> Esquema típico de un Cut and fill .....	42
<b>Figura 9</b> Esquema de longwall convencional .....	45
<b>Figura 10</b> Esquema de longwall mecanizado en yacimiento de carbón .....	45
<b>Figura 11</b> Esquema de Top Slicing.....	47
<b>Figura 12</b> Esquema de Top Slicing longitudinal .....	48
<b>Figura 13</b> Esquema típico de un sublevel caving .....	50
<b>Figura 14</b> Esquema típico de un block caving.....	53
<b>Figura 15</b> Ubicación de la concesión minera Florita N° 1.....	63
<b>Figura 16</b> Esquema de muestreo de la veta Benditani.....	70
<b>Figura 17</b> Veta Benditani.....	71
<b>Figura 18</b> Galería Vetarrón A.....	71
<b>Figura 19</b> Muestreo por canales en la galería veta Benditani .....	75
<b>Figura 20</b> Muestreo por canales en el afloramiento de la veta Benditani.....	76



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Campamentos.....	96
<b>Anexo 2</b> Disposición de desmonte .....	96
<b>Anexo 3</b> Análisis de muestras de mineral veta Benditani - Afloramiento en superficie	97
<b>Anexo 4</b> Análisis de muestras de mineral veta Benditani - galería interior mina .....	98
<b>Anexo 5</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	99
<b>Anexo 6</b> Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional.....	100



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>RQD</b>	: <i>Rock Quality Designation</i>
<b>RMR</b>	: <i>Rock Mass Rating</i>
<b>Mpa</b>	: mega pascales
<b>S.A.C.</b>	: Sociedad Anónima cerrada
<b>S.A.</b>	: Sociedad Anónima
<b>NW</b>	: <i>North west</i>
<b>NE</b>	: <i>North east</i>
<b>SW</b>	: <i>South west</i>



## RESUMEN

La falta de selección de un método de explotación subterránea adecuado para la veta Benditani en la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals es considerado un problema, ya que imposibilita la explotación del yacimiento siendo un problema para la planificación a largo, mediano y corto plazo para una explotación adecuada del yacimiento. Motivo por el cual se planteó como objetivo determinar el método de explotación subterránea más adecuado para la veta Benditani de la concesión minera Florita N°1 Polygold Minerals S.A.C. Se siguió los pasos de una metodología con enfoque cuantitativo, tipo de investigación no experimental y diseño descriptivo longitudinal, ya que se aplicó el método numérico de Nicholas para la selección del método de explotación subterránea considerando las características geométricas, geomecánicas y su distribución de leyes. El resultado principal muestra que el método *Room and Pillar* fue seleccionado como primera opción con un valor numérico igual a 38 puntos y en segunda opción se tiene el método *Cut and Fill Stopping* con un valor numérico igual a 35 puntos. Llegando a la conclusión de que se logró determinar el método de explotación subterránea más adecuado para la veta Benditani mediante la metodología numérica de Nicholas, siendo Room and pillar según al buzamiento, características geométricas, distribución de leyes y características geomecánicas de la zona mineralizada y rocas encajonantes.

**Palabras clave:** Explotación, Geomecánica, Método numérico, Minería, Selección.



## ABSTRACT

The lack of selection of a suitable subway mining method for the Benditani vein in the Florita N° 1 Polygold Minerals mining concession is considered a problem, since it makes the exploitation of the deposit impossible, being a problem for the long, medium and short term planning for an adequate exploitation of the deposit. For this reason, the objective was to determine the most adequate subway exploitation method for the Benditani vein of the mining concession Florita N°1 Polygold Minerals S.A.C. The steps of a methodology with quantitative approach, non-experimental type of research and longitudinal descriptive design were followed, since the numerical method of Nicholas was applied for the selection of the subway exploitation method considering the geometric and geomechanical characteristics and its grade distribution. The main result shows that the Room and Pillar method was selected as the first option with a numerical value equal to 38 points and the second option is the Cut and Fill Stopping method with a numerical value equal to 35 points. The conclusion is that it was possible to determine the most suitable subway mining method for the Benditani vein using the numerical methodology of Nicholas, being Room and pillar according to the dip, geometric characteristics, grade distribution and geomechanical characteristics of the mineralized zone and host rocks.

**Keywords:** Mining, Geomechanics, Numerical method, Mining, Selection.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La veta Benditani yacimiento de la concesión minera Florita N°1, donde se está desarrollando dos galerías una en la veta Vetarron A y otra en la veta Vetarron B; cuyas estructuras tienen potencias entre 0.10 y 0.50 m., con rumbos de N 40° W y buzamiento se encuentra entre los 35° a 65°NE. La mineralización de estas vetas consiste en oro nativo diseminado en cuarzo lechoso con oxidaciones de fierro (Limonita), con leyes de 18.5 gr Au/TM. Según el reporte de IGAFOM; en la presente evaluación, se estima conservadoramente una longitud de 200 m, pero esta longitud debe de ser mayor, dado que el rumbo de las vetas Vetarron se dirigen hacia el afloramiento de cuarzo, constituido por un paquete estratificado de cuarzo de más de 300 m de altura, con oxidaciones de fierro (limonita), que en la concesión “Florita N° 1” que cubre un área de 200 x 400 m, cuya profundidad se desconoce. El oro en este cuarzo se encuentra ocupado microscópicamente los intersticios de fracturamiento; mineralógicamente está asociado a la pirita y arsenopirita, existiendo también oro libre.

La ausencia de un método de explotación subterránea adecuado para la veta Benditani es considerado un problema, ya que imposibilita la explotación del yacimiento y genera un problema para la planificación a largo, mediano y corto plazo, se desconoce a detalle las características geométricas, geomecánicas y su distribución de leyes de dicho yacimiento.

De continuar con dicho problema no se podrá realizar una explotación adecuada del mineral precioso y más aun no se podrá realizar un planeamiento para las diferentes





actividades de operación mina en la explotación del yacimiento.

Motivo por el cual nace la necesidad de poder determinar el método de explotación subterránea más adecuado considerando sus características geométricas, geomecánicas y distribución de leyes, así lograr una explotación adecuada del yacimiento.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Cuál es el método de explotación subterránea más adecuado para veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

¿Qué características geométricas presentan en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.?

¿Cómo son la distribución de leyes en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.?

¿Qué características geomecánicas presentan en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

El método de explotación subterránea con sostenimiento artificial es el más adecuado para la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.



### **1.3.2. Hipótesis específicas**

Las características geométricas que presentan son de forma tabular y estrecha en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.

La distribución de leyes es uniforme en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.

Las características geomecánicas que presentan son de resistencia media y fracturado en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Este trabajo de investigación se desarrolla porque a la fecha no se tiene ninguna investigación respecto al tema para dicho yacimiento, no existe propuesta alguna para poder realizar una explotación subterránea adecuada según sus características geométricas, distribución de leyes y características geomecánicas. Así mismo es una necesidad para los propietarios de la veta Benditani de la concesión minera Florita N°1, cabe resaltar que las reservas prospectivas de la veta Benditani se han calculado 28,200 TM, con una ley promedio de 18.5 g de Au/TM.

El trabajo de investigación se desarrolló para tener una propuesta de selección del método de explotación subterránea para la veta Benditani de la concesión minera Florita N°1, ya que se tiene propuesto retomar las operaciones mineras en dicho yacimiento y se tiene la necesidad de seleccionar un método de explotación subterránea.

Este trabajo de investigación sobre la selección del método de explotación subterránea para el yacimiento de la concesión minera Florita N°1 es importante porque



pretende demostrar toda la secuencia que se debe seguir para la selección más adecuado del método de explotación subterránea según sus características geométricas, distribución de leyes y características geomecánicas del yacimiento.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar el método de explotación subterránea más adecuado para la veta Benditani de la concesión minera Florita N°1 Polygold Minerals S.A.C.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Determinar las características geométricas en la veta Benditani de la concesión minera Florita N°1 Polygold Minerals S.A.C.

Determinar la distribución de leyes en la veta Benditani de la concesión minera Florita N°1 Polygold Minerals S.A.C.

Determinar sus características geomecánicas en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Mamani (2022) en su investigación aplicó el método numérico de Nicholas para poder seleccionar el método de explotación subterránea más adecuado para la veta Nelly, el método más adecuado fue corte y relleno como primera opción con 36 puntos, los otros métodos se descartan, porque técnicamente no pueden ser aplicados. De acuerdo con la distribución geométrica y la distribución de rangos, se puede determinar que el depósito es tabular, el espesor de los minerales es menor a 10 cm, el ángulo de inclinación es de  $75.15^\circ$ , se considera oblicuo, la distribución de los minerales es irregular. Las propiedades geomecánicas de los depósitos expuestos se pueden analizar. La resistencia mineral es alta, las cajas de techo y piso brindan resistencia media, en relación con las fracturas, los minerales rara vez se rompen, las cajas de techo y piso rara vez se rompen, los minerales de resistencia brindan resistencia media a las roturas, la caja de techo tiene una resistencia alta, la última caja de piso tiene una resistencia media. resistencia.

Gutiérrez (2022) Indica que los niveles 1600, 1700 y 1750 de la veta La Paz 138, Perú y Ramal La Paz Sur según a sus propiedades geométricas y geomecánicas se pueden desarrollar por el método de corte y relleno siempre basado en un análisis tecnoeconómico que involucra solo cabrestantes y poleas Ben, la presencia de equipos diesel como volquetes y baldes ahora indica una mayor necesidad de ventilación, el monitoreo y control de esta parte es aún una tarea a corto plazo.

Maza & Vásquez (2021) deduce que se determinaron parámetros, clasificaciones y criterios para las tareas rutinarias obtenidas en el estudio con el fin de desarrollar el



método de extracción óptimo. Con base en los resultados obtenidos, se concluyó que el diseño del método de minería de levantamiento y relleno se basó en sus dimensiones de trabajo, geomecánica, geometría y características geológicas.

Torres (2021) Se concluye que al determinar el método de minado según el modelo geomecánico es posible representar la veta Lúcumo y su entorno físico en base a la geometría del mineral, capacidad, buzamiento, profundidad de trabajo, clase de distribución y propiedades geotécnicas. y para las paredes de roca que representan la veta Lúcumo y su entorno físico en el proyecto María José, las técnicas de minería de corte y relleno o corte y relleno son técnicamente aplicables.

Muñoz & Tomay (2020) manifiesta que, de acuerdo con el método de Nicholas, se identifican 03 alternativas de minería basadas en la evaluación económica, parada de corte y relleno (28.6), Square Set (26.6) o minería de tajo largo (23.84), 2 ó 3 métodos de minería también son posibles para la fusión de ganancias.

Palomino (2019) De acuerdo con el procedimiento de selección numérica, el método de corte y relleno es el método de minería en la tubería intermedia, pero con base en los estudios geomecánicos y otras variables realizadas, el método de minería de Tajeo es el uso de aplicaciones segmentadas y de pozo largo, combinando continuo, columnas de cámara La columna se acerca a una productividad y estabilidad demasiado altas.

Lezama & Urteaga (2020) la caracterización geomecánica del macizo rocoso y cuerpo mineralizado de la mina Capan Vista Alegre, La Asunción - Cajamarca 2020, la resistencia a carga puntual de los minerales Caja Techo y Caja Piso se determinó como dureza media, dura y duro. La distancia de grieta es pequeña, pequeña y extremadamente pequeña, y la resistencia a la rotura es pequeña, mediana y mediana, lo cual son factores



a tener en cuenta para la selección del método de explotación subterránea mediante el método numérico de Nicholas.

Torres (2019) concluyó que, a la hora de elegir un método de minado según el método numérico de Nicholas, se debe tener en cuenta las reservas de mineral, teniendo en cuenta aspectos geotécnicos, económicos y la geometría del cuerpo mineralizado.

Incacutipa (2019) concluyó que, con base en el estudio geomecánico realizado y sus correcciones, se obtuvo  $RMR = 32$ , que corresponde a roca IV de mala calidad. Según al análisis de sus características geomecánicas mostró que si es posible la aplicación del método corte y relleno, donde el mismo estudio mostró nuevas condiciones para aumentar los cortes y rellenos y posiblemente adoptó nuevos métodos paramétricos.

Paz (2019) afirma que, el método de corte y relleno incrementó la se seleccionó utilizando el método numérico de Nicholas con una puntuación de 27,49 debido a la baja dilución (menos del 10 %) y las propiedades de alta recuperación (más del 90 %) de este método. El tiempo de aplicación en sedimentos irregulares es muy ajustable y también proporcionará un ambiente de trabajo seguro. Este método es más costoso en comparación con otros métodos, pero también es muy selectivo, lo que significa que se pueden trabajar áreas de alta calidad, dejando áreas de menor calidad. áreas como relleno. Esto asegura altas calificaciones y, por lo tanto, mejores rendimientos financieros.

Córdova (2019) señala que el método de minado semi-mecanizado de levantamiento y relleno debe tomar en cuenta los resultados del análisis geomecánico del yacimiento, siempre se toma en cuenta la dilución para evitar interrupciones inesperadas por la seguridad de las operaciones de minado. , por la gran área creada por la voladura, y por otro lado, las pilas de desmonte durarán más porque el material permanecerá en la operación minera como relleno, evitando la evacuación a la superficie.



Prado (2017) indicó que la selectividad de la minería de corte y relleno es mayor en comparación con el método de tajo largo, ya que el costo de este método es inferior al 5,4%; sin embargo, la dilución puede afectar la recuperación metalúrgica, lo que resulta en un alto consumo de reactivos y una vida útil reducida de la plataforma de lixiviación.

Mendiola (2017) señala que, los factores más importantes identificados en la primera etapa del método de minado son los relacionados con la calidad y distribución geométrica del yacimiento y las propiedades geomecánicas de la estructura mineralizada, top box y piso. En la segunda etapa, en base al plan general de desarrollo, se realiza una evaluación económica, complementada con estudios adicionales sobre consideraciones específicas como productividad y grado de separación, necesidades de personal, impacto ambiental y procedimientos de restauración.

Celedonio (2015) concluyó que, el método de levantamiento y corte era el más adecuado para el lote angosto con una longitud promedio de 2,8 m y una pendiente de 60°. También es más seguro y más selectivo. El cálculo del porcentaje de dilución debe hacerse para cada método de explotación utilizado en la mina, en lugar de tomar un valor que resuma todas las áreas de explotación de la mina.

Lopez (2012) concluyó que, el método de levantamiento y corte era el más adecuado para el lote angosto con una longitud promedio de 2,8 m y una pendiente de 60°. También es más seguro y más selectivo. El cálculo del porcentaje de dilución debe hacerse para cada método de explotación utilizado en la mina, en lugar de tomar un valor que resuma todas las áreas de explotación de la mina.

Minaya (2007) indica que, el enfoque numérico de Nicholas (1981) para la selección del método de minado toma en cuenta las propiedades geológicas y geomecánicas del yacimiento bajo evaluación. En la evaluación tiene en cuenta factores



de ponderación y asigna un valor numérico a las condiciones geomecánicas y geológicas. En la primera etapa existen alternativas técnicamente viables. De este paso se deriva el orden de selección del método de desarrollo de la evaluación.

Campos (1996) concluyó que, para utilizar esta matriz se deben tener en cuenta parámetros como la geomecánica, la geología, etc., que son importantes para elegir el método de explotación adecuado, ya sea subterráneo o a cielo abierto, mineral férreo o no férreo, mineral de hierro.

Muruaga (2016) concluyó que, debido a la incertidumbre en la selección del método de desarrollo, se debe utilizar una herramienta de evaluación bajo las condiciones anteriores. De esta manera, se determina la elección de los resultados financieros. El hecho de que se produzcan condiciones de aplicación similares para la perforación paso a paso y paso a paso en vetas estrechas contradice parcialmente el modelo de selección de Nicolai, que excluye completamente la perforación paso a paso en vetas estrechas porque no tiene en cuenta las opciones longitudinales.

Javanshirgiv & Safari (2017) concluyeron que uno de los pasos más críticos y difíciles en el diseño de una mina fue la selección del mejor método de extracción. El proceso de selección involucra varios factores que influyen en el método de selección. Debido a que los problemas de toma de decisiones en la ingeniería de minas suelen ser confusos, el método de toma de decisiones utiliza la teoría difusa. Por lo tanto, Kamar Mahdi Fluorine Mine utiliza la teoría difusa para seleccionar el método de extracción. En este sentido, se tienen en cuenta 14 criterios. Según los parámetros técnicos del cuerpo mineralizado, como el espesor, la pendiente, la forma, la resistencia del mineral y la masa rocosa, se pueden realizar cuatro métodos de extracción (alternativos), que incluyen corte y relleno (A1), socavación (A2), conjunto cuadrado (A3) y retráctil (A4). Las alternativas





se evalúan en función de sus respectivos criterios en función de la experiencia técnica y experimental, así como de los aportes de los encargados de formular políticas y los expertos. Finalmente, se selecciona el Shrink Stop como el método de extracción óptimo clasificando las alternativas por el método Fuzzy TOPSIS.

Bogdanovic et al. (2012) en su investigación concluyó que la elección del método de minado es la decisión más importante en un proyecto minero. Elegir el método de minería subterránea adecuado para un yacimiento requiere tener en cuenta muchos criterios, como las técnicas de minería, características geológicas y económicas.

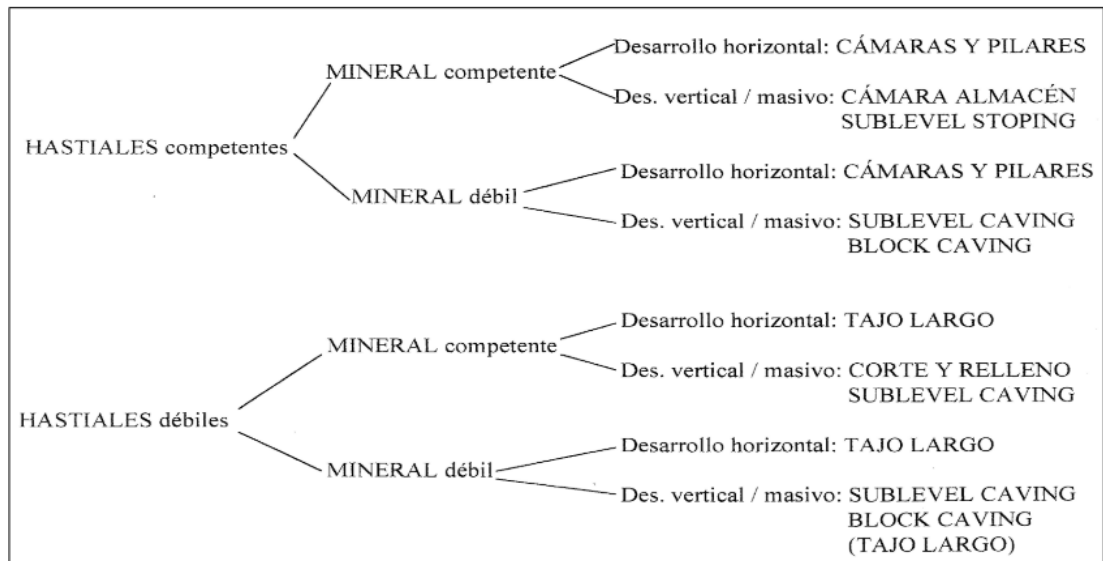
## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Método de explotación subterránea**

Se define a todas las actividades que se aplica en el proceso de la explotación de las reservas de mineral de un proyecto minero de manera subterránea. Existen muchos factores que interviene antes de seleccionar un método de explotación adecuado, como son la resistencia geomecánica del yacimiento distribución de leyes y geometría del yacimiento lo mencionan (Gutiérrez Travezaño, 2022; Ortiz C., 2000).

## Figura 1

### Selección del método de explotación



Nota: obtenido de (Herrera Herbert & Gómez Jaén, 2007)

Según López (1994) señala que, en la selección del método de explotación subterránea se debe tener en cuenta la influencia de muchos factores y el análisis final, reducir o minimizar los que no tienen importancia y no influyen en la selección, lo más importante pueden ser organizadas como sigue:

- Resistencia de la zona mineralizada, caja techo y caja piso.
- Tamaño, buzamiento del yacimiento o inclinación y estructura del yacimiento.
- La profundidad en que se encuentra el yacimiento.
- Permanencia de los minerales dentro de los límites del yacimiento en influencia de la geología en la estructura de las rocas.
- Posición de depósito con relación a instalaciones superficiales

**Tabla 1**

*Clasificación de métodos de explotación subterránea*

<b>Métodos auto soportados</b>	<b>Métodos soportados</b>	<b>Método por hundimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Room and Pillar</li><li>• Sublevel Stoping</li><li>• Vertical Crater Retreta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Over Cut and Fill</li><li>• Under Cut and Fill</li><li>• Shrinkage</li><li>• Square Set</li><li>• Long Wall</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sublevel Caving</li><li>• Block Caving</li></ul>

Nota: obtenido de (Llanque et al., 1999)

### **2.2.2. Clasificación de los métodos de explotación**

Según López (1994) afirma las condiciones para encontrar el método de explotación más adecuado depende de sus características y formación de los yacimientos de mineral, desde el punto de vista geológico, estructural y entre las características más importantes para una correcta selección de método de explotación tenemos los siguientes:

- La estructura y el tamaño de yacimiento.
- La profundidad del recurso mineral en relación con el área superficial.
- Ubicación, orientación, grado de pendiente del yacimiento.
- Propiedades geomecánicas de la estructura mineralizada.
- Propiedades y resistencia de las rocas encajonantes.
- La presencia o ausencia de aguas subterráneas.
- Costo de operación en la actividad
- Tipo de calidad de mineral.



- Comparar costo de desarrollo durante la explotación.
- Velocidad de la producción
- Factores ambientales y ecológicos

### **2.2.3. Criterios para la selección del método de explotación**

Ortiz (2011) manifiesta que tomando en cuenta las características, factores y consideraciones se tomará la decisión respecto a la explotación de un yacimiento ya sea subterráneo o superficial. La resistencia y sus características geométricas de la roca son imprescindibles en la selección del método de explotación de un cuerpo mineralizado.

#### ***Propiedades espaciales***

##### Subterránea & superficial

Variar en la cantidad de su producción, forma de gestionar los minerales, diseño de las labores del proyecto minero del yacimiento.

- Dimensiones (potencia, altura)
- Forma (irregular, en bloques, lenticular, tabular o forma de placa)
- Disposición (manteo, inclinado)
- Profundidad (sobrecarga, extrema, media)

#### ***Selección del método de explotación***

a. Factores determinantes en la elección del método de explotación:

- Geometría del yacimiento
  - Forma (masivo, filoniano, tabular, etc.)
  - Buzamiento y potencia del mineral



- Dimensión
- Estabilidad
- Aspectos geotécnicos
  - Resistencia (mineral, caja techo y piso)
  - Fractura (intensidad y tipo de fractura)
  - Campo de tensión in-situ (profundidad)
  - Comportamiento de carga de tracción
- Aspectos financieros
  - Leyes del mineral
  - Valor unitario del mineral
  - Productividad y tasas de extracción
- Seguridad y medio ambiente
  - Aspectos de seguridad
  - Impacto sobre el medio ambiente (paisaje, hundimientos, cuerpos de aguas etc.)
  - Impacto en la sociedad
- b. Tipos de métodos de explotación subterránea
  - Con sostenimiento natural
    - Room/stope and pillar (cámaras y pilares)
    - Shrinkage stoping (cámaras y almacenamiento temporal)
    - Sublevel stoping (cámaras por subniveles)
  - Con sostenimiento artificial
    - Cut and fill (corte y relleno)
  - Hundimiento por bloques (block caving)
    - Sublevel caving (hundimiento por subniveles)



- Short wall (tajo corto) y long wall (tajo largo)
- c. Elección del método de explotación
  - Posteo
  - Soporte mecanizadas (carbón)
  - Inicio
    - Por gravedad (hundimiento controlado)
    - Perforación y tronadura
    - Inicio mecánico (perforadoras, rozadoras, etc.)
  - Carga y limpieza del frente
    - Sistemas no continuos (cargadoras)
    - Sistemas continuos (transportadores continuos)
  - Transportes en interior o Sistemas no continuos (L.H.D., camiones)
    - Sistemas continuos (transportadores de banda, panzers)
  - Extracción
    - Labor de extracción.
    - Pendientes para transporte por faja.
    - Rampas para camiones
- d. Sistemas de explotación.
  - Sostenimiento y fortificación
    - Cuadros de madera o acero
    - Bulones y pernos o rellenos
    - Sistemas hidráulicos
  - Servicios
    - Ventilación y drenaje, etc...
- e. Sistemas tecnológicos mas alicados

**Figura 2**

*Sistemas aplicados en los métodos de explotación*

	CAMARAS Y PILARES	CAMARAS POR SUBNIELES	CORTE Y RELLENO	HUNDIMIENTO
<b>1. SOSTENIMIENTO DE CAMARAS</b>				
Rellenos	rec. pilares	rec. pilares	x	
Bulones	x		x	
Cables cementados	x	x	x	
<b>2. ARRANQUE</b>				
Gravedad				x
Perforación-voladura	x	x	x	x
Arranque mecánico	x			
<b>3. CARGA EN EL FRENTE</b>				
Sistemas continuos	x			
Cargadoras	x			
Scooptram (LHD)	x	x	x	x
<b>4. TRANSPORTE</b>				
Scooptram (LHD)	x	x	x	x
Camiones	x	x	x	x
transporte continuo (cintas..)	x			
<b>5. EXTRACCION</b>	todos	todos	todos	todos
<b>6. SERVICIOS</b>	todos	todos	todos	todos

Nota: (Herrera Herbert & Gómez Jaén, 2007)

#### 2.2.4. Mecánica de rocas en la minería

La Mecánica de Rocas puede definirse como la ciencia que trata de la respuesta de las rocas a los campos de fuerzas presentes en su entorno físico. Esta, como la mayor parte de las disciplinas encuadradas en las denominadas Ciencias de la Tierra, nace, por una parte, de la búsqueda de explicaciones cualitativas y cuantitativas a los fenómenos naturales y, por otra, como consecuencia de la actividad de los ingenieros que tratan de encontrar las mejores soluciones técnicas para controlar el terreno en las minas y en las obras civiles y militares (Herrera Herbert & Gómez Jaén, 2007).



La estabilidad de la excavación siempre ha preocupado a los mineros que constantemente intentan desarrollar una teoría racional para su diseño. Independientemente de la escala considerada, la presencia de discontinuidades es un factor esencial en el comportamiento mecánico de la herramienta de corte: el daño de la muestra entre las placas de presión es el resultado de la propagación de grietas en la misma. Las fallas del macizo rocoso casi siempre ocurren en superficies discontinuas preexistentes. El agua circula preferentemente por las discontinuidades, y las fuerzas hidrodinámicas que produce se orientan básicamente de acuerdo con ellas (Herrera Herbert & Gómez Jaén, 2007).

#### **2.2.5. Room and Pillar**

Ortiz (2011) manifiesta que consiste en lo esencial en excavar lo más posible el cuerpo mineralizado dejando pilares de mineral que permiten sostener el techo de material estéril.

El tamaño de las labores y columnas depende del tamaño de la roca suprayacente (estabilidad superficial), tanto de los minerales (estabilidad del soporte), como del espesor de la carcasa y de la presión existente. Normalmente, las columnas están distribuidas sistemáticamente en el sitio y pueden tener diferentes secciones transversales, como redondas, cuadradas o rectangulares. Las piezas caladas son cuadradas o rectangulares..

Al finalizar la extracción del yacimiento, es posible recuperar parte de los pellets de mineral, todo depende del tipo de minerales, sus respectivas propiedades y el valor económico de los minerales. El control



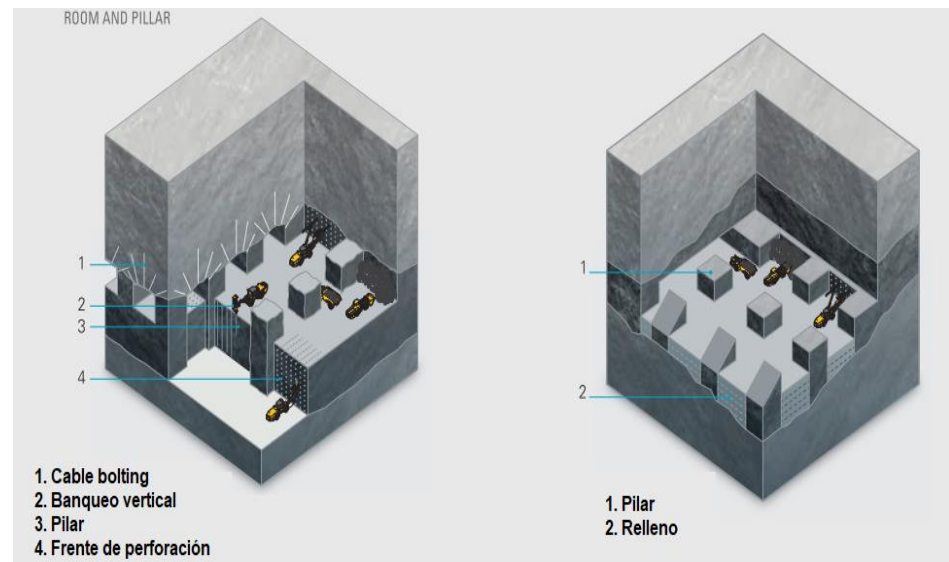
de calidad es importante (más que la ventilación y el diseño minero): puede provocar irregularidades estructurales, lo que resulta en postes de mala calidad que no se pueden recuperar.

Se puede utilizar completamente delante o a través de la cámara.

- Frente completo: de 8 a 10 m de ancho y cámaras: más de 10 m de ancho.

### Figura 3

*Esquema típico de cámaras y pilares mecanizado*



Nota:(Copco, 2014)

### Características

En conclusión, sobre las propiedades del método son:

- Método muy económico, facilidades de mecanizar, productivo y fácil de diseñar.
- Es adecuado en depósitos horizontales o sub-horizontales (hasta 30°) con potencia desde 2 a 6 m en carbón, roca razonable



competente, calizas, sal, potasio. En algunos casos se pueden tomar en cuenta mantos con potencias mayores.

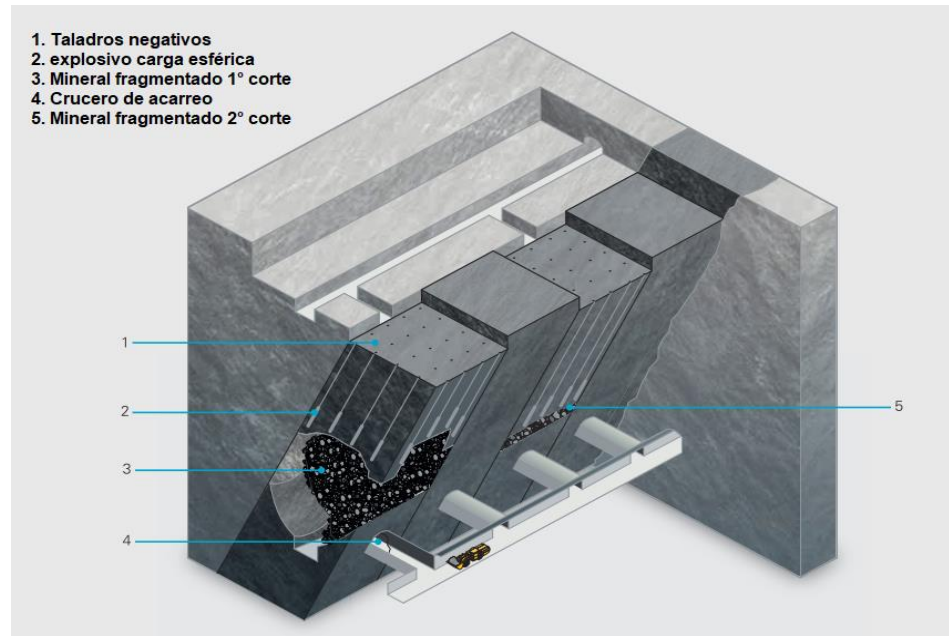
- Consideraciones constructivas: o resistencia de la roca encajonante soporte de los pilares o potencia del cuerpo mineralizado.
- El objetivo: extraer la mayor cantidad de mineral económicamente rentable de manera segura y profundidad de las operaciones mineras de explotación.
- Los pilares pueden ser explotados: en retirada en yacimientos de carbón, generando el colapso del techo.

#### **2.2.6. Vertical crater retreat**

El método VCR es una forma de explotación subterránea a gran medida, basado en el modelo de tronadura de cráteres invertidos aplicando cargas esféricas. Este método se asemeja al método de explotación shrinkage ya que la explotación se realiza mediante cortes de forma horizontal que inicia de la parte inferior hacia arriba el mineral roto se almacena para soportar las cajas y luego se realiza la limpieza del mineral del nivel inferior mediante los drawpoint.

## Figura 4

### Esquema típico de un VCR



Nota:(Copco, 2014)

### Pasos de preparación y minado

- Se desarrolla galerías en el nivel superior e inferior a lo largo de la estructura mineralizada
- El nivel superior servirá como nivel de perforación
- El nivel inferior se perforará en todo lo largo y ancho de la estructura en forma de embudo que servirá para la recepción del mineral
- En la caja piso se desarrolla un By pass paralelo a la estructura, la separación será según a las características del macizo rocoso.
- Se desarrolla cruceros que unen el by pass y la galería cada 10 o 15 metros, que servirá para la extracción del mineral fragmentado.
- Se realiza la perforación de taladros negativos desde el nivel superior hacia el nivel inferior



- Se realiza como primera voladura la chimenea en estructura que servirá como labor de ventilación
- Se inicia con la voladura en cortes horizontales aplicando la carga esférica.

### **2.2.7. Shrinkage Stopping**

Ortiz (2011) que implica excavar minerales en cortes horizontales en orden ascendente (extrusión) comenzando desde el fondo del tajeo.

La cantidad de minerales triturados corresponde al aumento de la expansión (30% a 40%) y se puede extraer constantemente a través del embudo. Los minerales restantes se acumulan en el tajo, que sirve, por un lado, como plataforma de trabajo para las operaciones mineras y, por otro, como soporte para las rocas circundantes.

Cuando la fase de minado alcanza el límite preestablecido del tajo, detienen las operaciones de perforación y voladura, y se inicia con la extracción de mineral del tajo y la evacuación del mineral acumulado.

Los puentes o pilares de mineral que sostienen las rocas encajonantes suelen recuperarse al final.

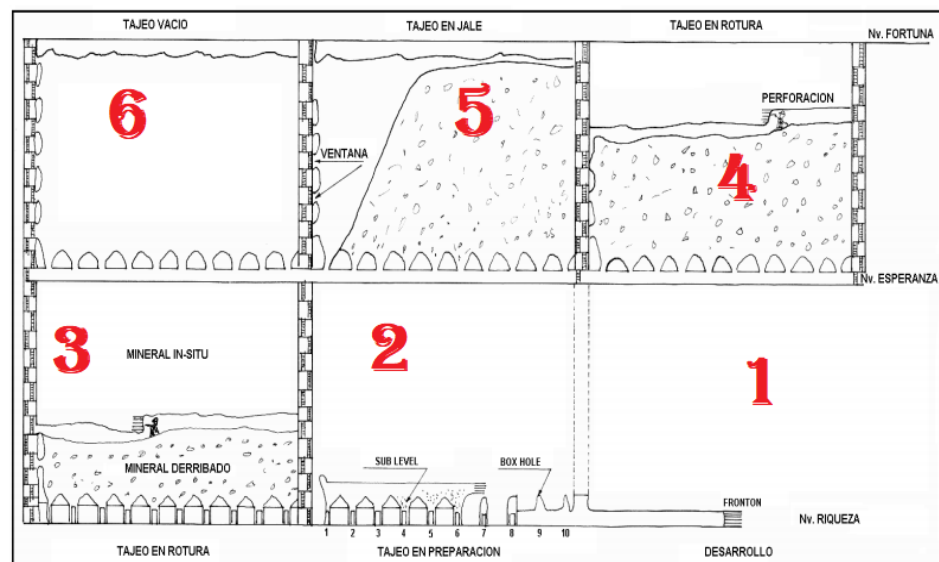
### **Parámetros**

- Las propiedades del mineral: mineral con buena competitividad, inoxidable, ni comentable, bajo contenido de sustancias arcillosas.
- Las características de la caja techo y piso: resistente a un estado moderadamente competente.

- La estructura del mineral: preferentemente vertical, con ángulos de inmersión y superficies de contactos.
- Tamaño:
- Pendiente  $> 45^\circ$ , ojalá  $> 60^\circ$
- Potencia corto a moderado (de 1 a 30 m)
- Ley: recomendado medio a alto
- Longitud: 15 m a más

### Figura 5

*Esquema típico de un Shrinkage*



Fuente: (Llanque et al., 1999)

### Ventajas

- La cantidad de producción varía desde la cantidad mínima hasta la cantidad normal.
- Explotación del tajeo por caída libre.
- Una forma fácil aplicado para minería a pequeña escala.
- Capital mínimo que se requiere con posibilidad de mecanizar.



- La resistencia de cajas y mineral es mínima.
- Desarrollo regular.
- Tasa de recuperación (75 a 100%).
- La dilución es mínima (10 a 25%).
- Selectividad alta.

### **Desventajas**

- Productividad baja a media (3-10toneladas/hombre-turno).
- Costo operativos medios a altos.
- Alto grado de manipulación del trabajo.
- Tiene mecanización limitada.
- La condición es trabajo de riesgo alto
- Alrededor del 60% de los minerales quedaron retenidos en el tajeo hasta el final.
- Si la explotación se realiza de manera descuidada podría generar pérdidas.

### **2.2.8. Open stoping**

Este método de explotación subterránea se aplica a vetas angostas donde las cajas sean resistentes, el buzamiento de la veta debe estar entre 60° a 90°, el ancho mínimo en algunos casos puede llegar a ser 60 cm y no se utiliza relleno, las cajas encajonantes se sostienen con puntales de madera o pilares de la misma estructura.

### **Ventajas**

- Baja dilución
- Leyes altas
- Rápida extracción

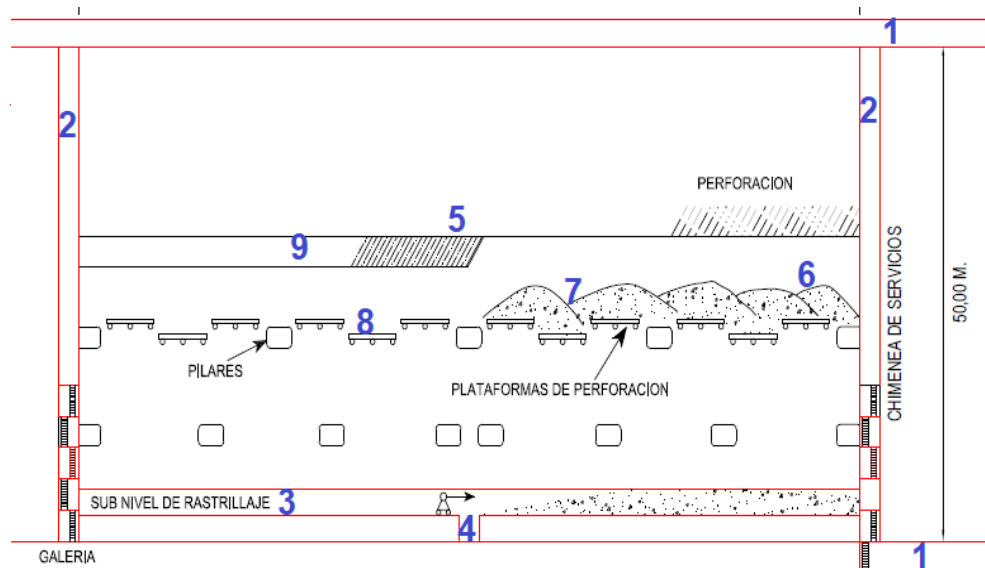
- No requiere relleno

### Desventajas

- Es una actividad de riesgo alto.
- Consumo mayor de madera.
- Manipulación permanente por parte de los trabajadores.
- Periodo lento a partir de los 15 m de altura
- El costo es incrementado debido al uso de madera y ser lento a mayor altura

**Figura 6**

*Esquema del método open stoping*



Nota: (Llanque et al., 1999)

### 2.2.9. Sublevel Stoping

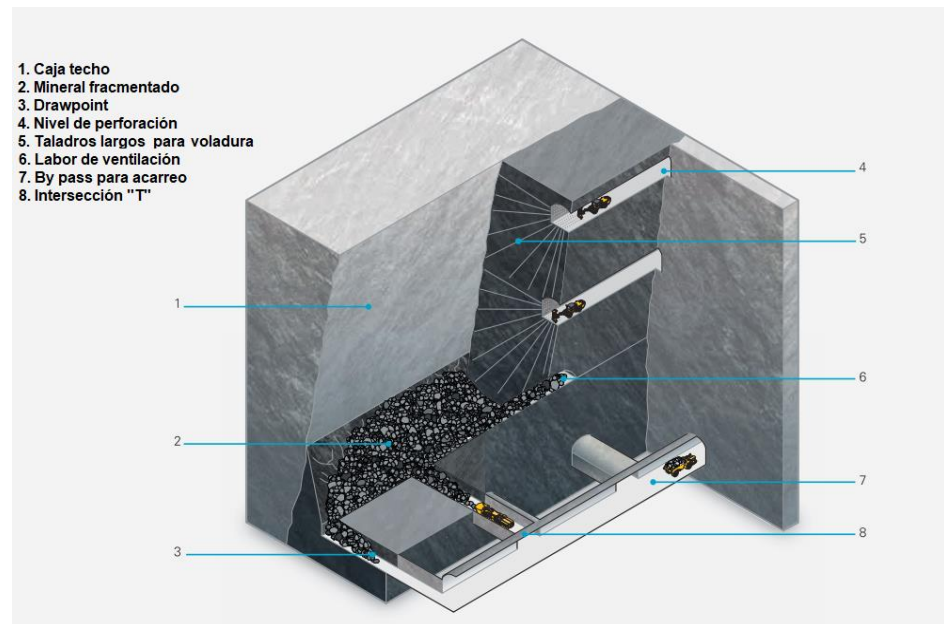
Ortiz (2011) indica que la minería por secciones es un método de excavación de minerales en cortes verticales, dejando un rebaje expuesto, a menudo de mayor tamaño, especialmente en dirección vertical.

Los materiales rotos se recogen en contenedores o buzones de correo en el nivel inferior del foso y se eliminan de diversas formas.

El término “sublevel” se refiere a las capas y corredores subterráneos desde donde se realizan las operaciones de extracción de minerales.

### Figura 7

*Esquema típico de un Sublevel Stopping*



Nota:(Copco, 2014)

### Características

- Tiene una mayor producción del mineral.
- Con posibilidad de aplicar a cuerpos largos, mayormente verticales, así mismo regulares en la estructura mineralizada y de cajas de buena resistencia.
- Tiene una producción de 15 a 40 ton / hombre turno.





- Cada tajo tiene una cantidad de productividad más de 25.000 ton / mes.
- Labores en desarrollo, mayormente elaborados en zona mineralizada.
- La forma no es tan selectiva es necesario que los yacimientos deben ser regulares.
- Es uno de las formas que tiene un bajo costo de explotación.

### **Ventajas**

- Muy fácil de mecanizar y eficiente.
- Productividad media a alta (25.000 ton / mes).
- Hasta 110 ton / hombre turno.
- Este método es más seguro y fácil de la ventilación.
- Su tasa de recuperación esta superior al 90%.
- Baja dilución: < 20%.
- Se puede mejorar la acumulación de perforaciones puede ser adelantada.
- Producción de mayor volumen, voladuras semanales son continuas -> turnos entrenados y eficientes
- Los minerales se encuentran disponible de después de iniciar la voladura de producción

### **Desventajas**

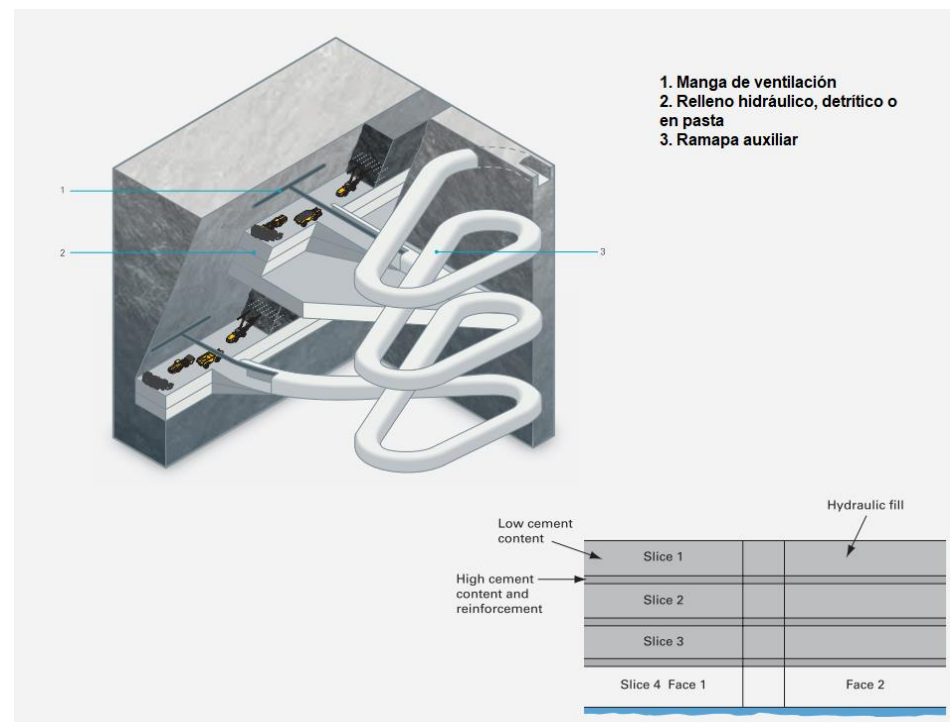
- Mayor en capital-> bastantes desarrollos antes de comenzar la explotación.
- Ineficiente a bajos buzamientos, no selectivos.
- Voladuras secundarias puede generar gases que regresan al tajo.

### 2.2.10. Cut and Fill Stoping

Ortiz (2011) manifiesta que consiste en excavar el mineral por tajadas horizontales en una secuencia ascendente (realce) partiendo de la base del caserón. Todo el mineral triturado se extrae del pozo de la mina. Cuando se obtiene un corte completo, el vacío se llena con material de otro lugar que sostiene la roca anfitriona mientras actúa como plataforma de trabajo para perforar, volar y extraer el siguiente corte. Los minerales se descargan a través de buzones artificiales construidos en el relleno, los cuales se construyen en orden ascendente según el progreso minero.

**Figura 8**

*Esquema típico de un Cut and fill*



Nota:(Copco, 2014)



Como rellenos se utilizan materiales estériles provenientes de procesos de cultivo subterráneos o de superficie, así como desechos o gravas de plantas de procesamiento, así como mezclas de partículas y concreto de mala calidad para darle mayor densidad.

### **Condiciones de su aplicación**

Se suele utilizar para objetos con forma de placa vertical o casi vertical, cuyo espesor en algunos casos varía desde unos pocos metros hasta 15 o 20 m.

si la resistencia a la estabilidad de la roca circundante (pared) es baja (insatisfactoria), otras alternativas son mejores opciones. Por otro lado, la estructura mineralizada debe ser suficientemente fuerte y estable, especialmente si se trata de un objeto muy grueso.

Los minerales extraídos deben ser de alto valor económico para compensar el tiempo y los costos asociados al proceso de extracción.

#### **2.2.11. Longwall**

La minería de tajeo largo, es un método de minería subterránea muy productivo, se utiliza en una gran extensión horizontal de depósitos de lecho fino de espesor uniforme que suele oscilar entre 0,6 y 1 m. Este método, muy utilizado por las empresas mineras sudafricanas, puede emplearse tanto en rocas blandas como en rocas duras, ya que la zona de trabajo a lo largo del frente minero puede sostenerse artificialmente en los lugares en los que la caja techo muestra una tendencia al derrumbe. La minería de tajeo largo permite extraer el mineral a lo largo de un frente



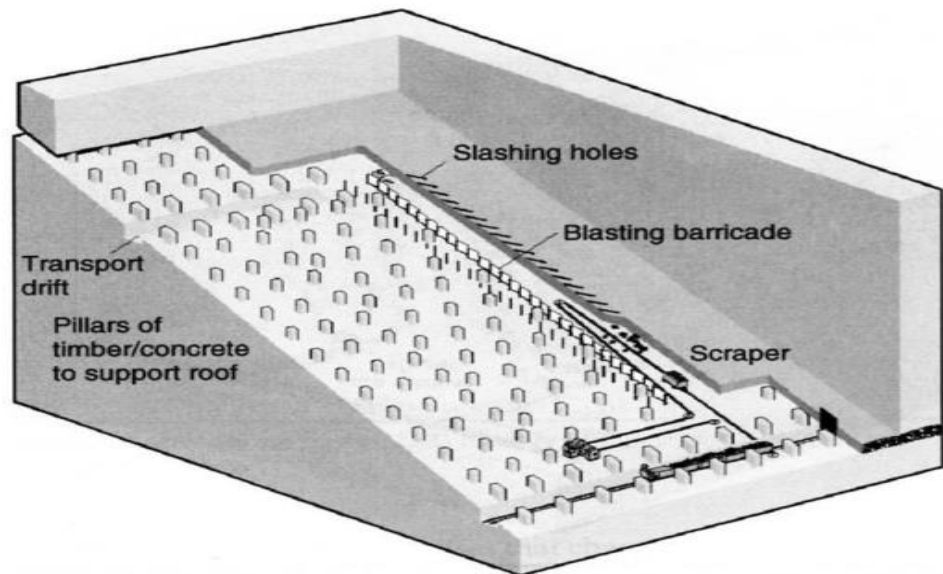
recto con una gran extensión longitudinal. Se utiliza una red de galerías de acarreo para llegar a la zona de producción y transportar el mineral a las estaciones de ore pass. Para ventilar las operaciones de la mina, las galerías de acarreo se acompañan de excavaciones paralelas. Las galerías de acarreo se organizan en estándares y se excavan en el propio yacimiento. La longitud del frente de tajeo largo viene determinada por la distancia entre dos galerías de transporte adyacentes.

El método de minería de tajeo largo está muy mecanizado y puede utilizarse con la máxima precisión. El material blando puede cortarse mecánicamente, ya que no requiere perforación ni voladura. Unas máquinas de corte especiales o unos tambores giratorios con cuchillas se mueven de un lado a otro a lo largo de los frentes cortando una porción de la veta. El transportador de cadena lleva el mineral a la galería de acarreo, desde donde se transporta fuera de la mina. Dado que el techo a lo largo del tajo largo está soportado, a medida que la minería avanza, los soportes se mueven hacia adelante y se permite que el techo de atrás se derrumbe.

Este método es popular para la explotación de depósitos de arrecifes finos, como los conglomerados de arrecifes de oro, que son difíciles de extraer. La minería de tajo largo representa más del 90% de la producción de carbón subterráneo de Australia. Aunque muchas empresas mineras han adaptado la tecnología, el reto consiste en equilibrar la productividad con la seguridad.

**Figura 9**

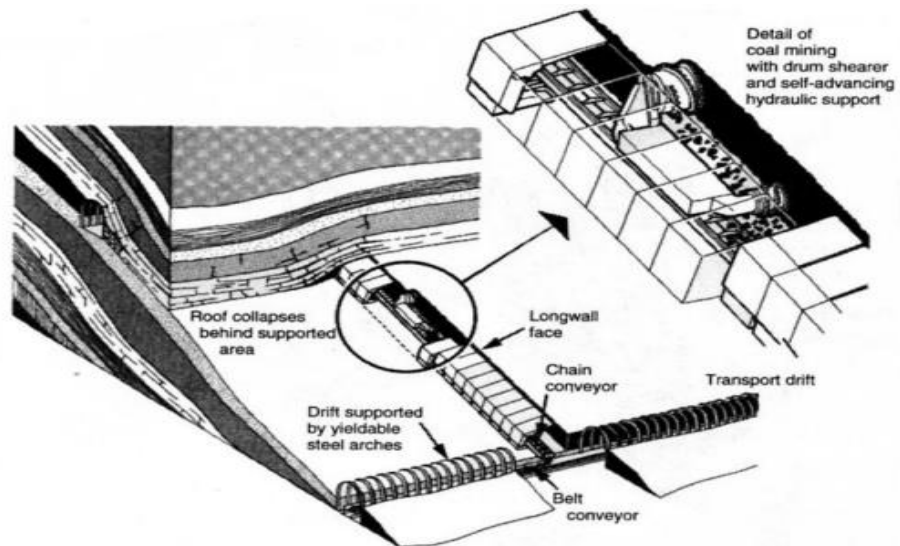
Esquema de longwall convencional



Nota: (Herrera Herbert & Gómez Jaén, 2007)

**Figura 10**

*Esquema de longwall mecanizado en yacimiento de carbón*



Nota: (Herrera Herbert & Gómez Jaén, 2007)



### **2.2.12. Top Slicing (rebanado superior)**

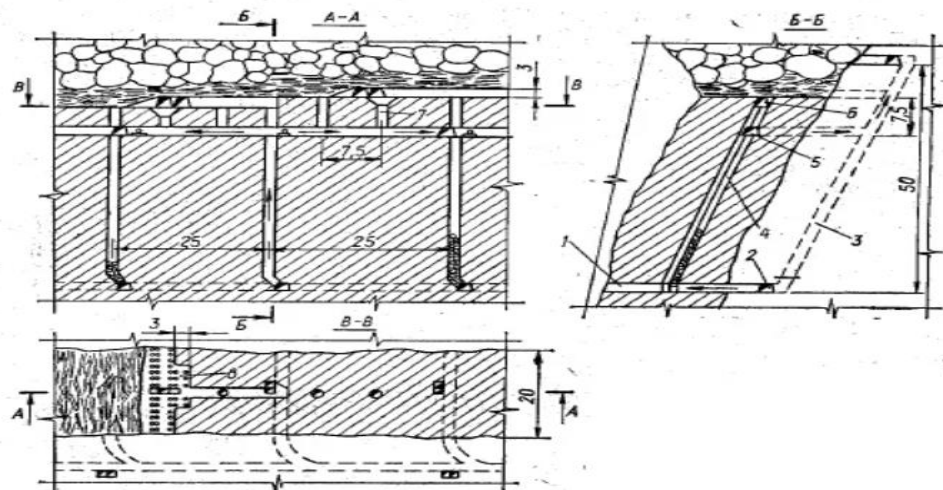
Según Ortiz (2011) la explotación de la parte superior, ilustrada en su forma ideal, consiste en la explotación de un yacimiento en cortes horizontales, empezando por la parte superior. Los niveles para el transporte se establecen a intervalos adecuados y, a partir de ellos, se colocan elevaciones hasta la cima del yacimiento cada 15 metros aproximadamente. La sobrecarga o el recubrimiento que se encuentra por encima del mineral se apoya en conjuntos o postes cuadrados hasta que se haya trabajado una lonja, o parte de ella. A continuación, el suelo de la sección se cubre con losas o tablones, y los maderos de soporte se eliminan y se deja que la cubierta se derrumbe sobre el suelo de madera. Este suelo y los postes rotos forman lo que se llama una estera, que mantiene separados el mineral y la cubierta. A continuación, los mineros empiezan a levantar otra porción de mineral justo por debajo de la anterior y recogen la estera de madera con postes o escuadras. Una vez completada esta rebanada, se coloca otro suelo y se vuelven a volar los soportes. De este modo, el yacimiento se trabaja en rodajas sucesivas desde arriba hacia abajo. El mineral roto de cada tajada se lleva a la elevación en carretillas o carros y se deja caer al nivel de acarreo. La tapa se cava y sigue hacia abajo en la parte superior de la estera.

En este método, el mineral no se cava en absoluto, pero el suelo por encima del mineral sí se cava, y el país circundante se cava más o menos según la cantidad de mineral extraído. Si hay otros yacimientos en la región afectada por el hundimiento, se perderán o se dificultará su

recuperación. Esta es una de las razones que pueden prohibir el uso de métodos de espeleología. Además, a menos que el yacimiento sea pequeño en comparación con la distancia a la superficie, se producirá un hundimiento de la superficie y ésta debe estar libre de edificios o carreteras. El corte superior se adapta a los minerales pesados que pueden extraerse con facilidad, y requiere una fuerte entibación y un relleno si se trabaja mediante el corte a mano alzada. Los depósitos de gran extensión, sobre los que la sobrecarga se derrumba fácilmente, son condiciones habituales. En algunos casos, el corte superior puede requerir tanta o incluso más madera que un rebaje con escuadras, pero para el mineral muy pesado, que si se trabaja a mano requiere escuadras fuertes, reforzadas y apuntaladas, se necesita menos madera y, en cualquier caso, se puede utilizar madera más pobre.

**Figura 11**

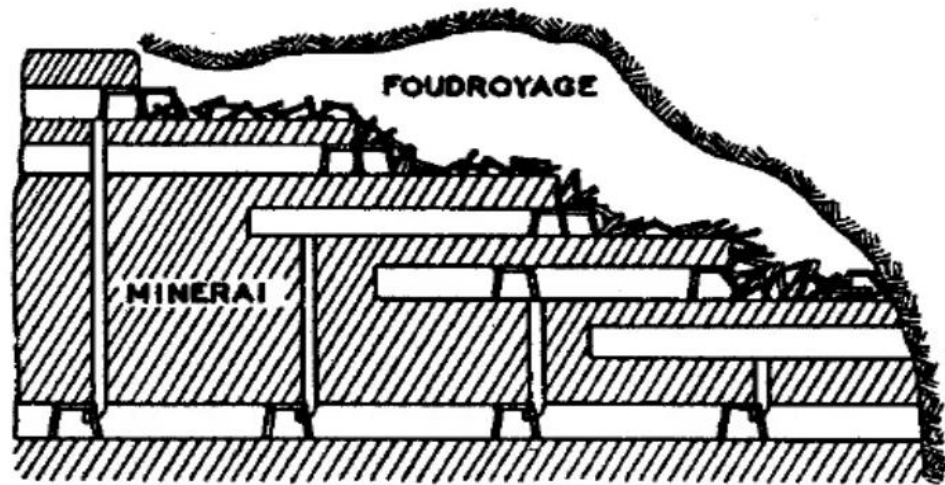
*Esquema de Top Slicing*



Nota: Ortiz (2011)

## Figura 12

### *Esquema de Top Slicing longitudinal*



Nota: Ortiz (2011)

### **Aplicación**

- En depósitos con gran inclinación
- Potencia de mineral > a 3-4 m
- Rocas encajonantes del mineral son débiles
- Leyes altas

### **Ventajas:**

- La madera es más barata y, en el caso de los minerales pesados, se necesita menos madera que en el caso de los tapones de escuadra.
- No es necesario el relleno de residuos.
- El mineral se puede clasificar tal y como se extrae.
- Se mezclan muy pocos residuos del tapado con el mineral.
- Se requiere menos mano de obra calificada.





- El mineral rico y fino que se produce en la rotura se guarda en la rebanada inferior.
- Es posible la extracción completa del mineral.

#### **Desventajas:**

- La espeleología puede causar daños en las estructuras de la superficie o hacer inviables otros yacimientos de la región.
- La extracción del mineral por arranque de pecho requiere más perforaciones y voladuras.
- El mineral roto en el tajo debe ser cargado con palas en carretillas o carros y llevado a las subidas.
- El desarrollo debe ir por delante de la demanda de mineral.
- Es difícil dejar los cuerpos de mineral de baja ley que pueden encontrarse en el yacimiento.
- La ventilación es difícil y, en algunos casos, las maderas en descomposición de la estera desprenden calor y gases desagradables.
- La producción del mineral es baja
- Costo de la producción es alto
- Existe poca pérdida de mineral y baja dilución

#### **2.2.13. Sublevel Caving**

Ortiz (2011) señala que en general el concepto de método por hundimiento implica que el material estéril superpuesto se derrumba y rellena el vacío que va dejando la extracción del cuerpo mineralizado. Este

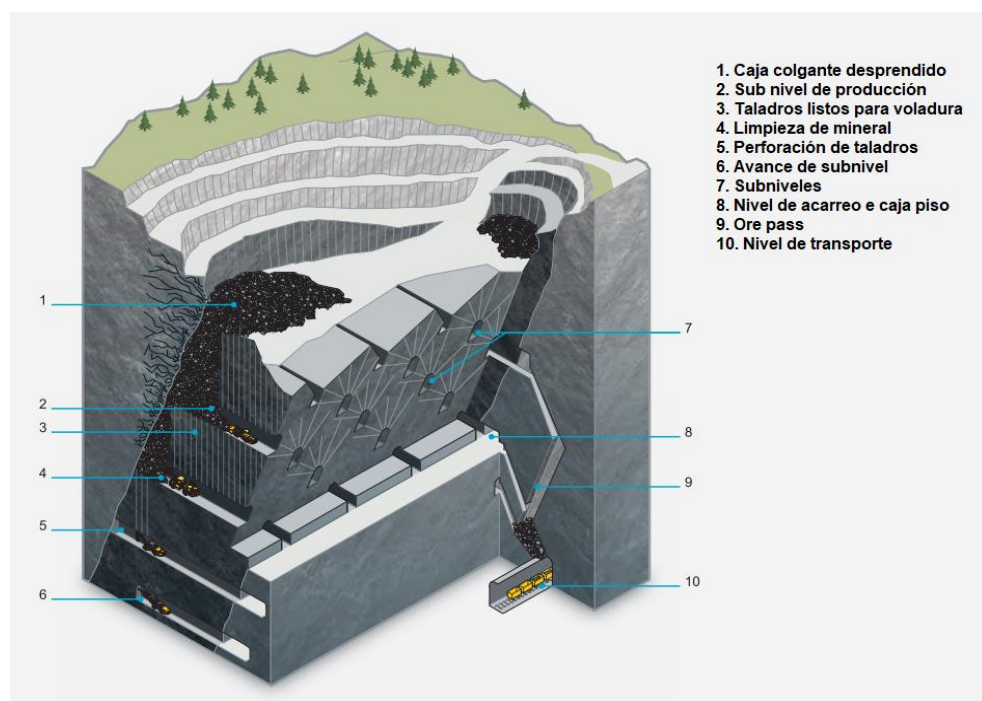
proceso debe extenderse hasta llegar a la superficie, creando una cavidad o cráter.

Consiste en dividir la mineralización en sustratos separados verticalmente entre 10 y 20 m. En cada nivel subterráneo se creó una red de galerías paralelas que discurrían transversalmente a través del cuerpo principal a una distancia de unos 10 a 15 m.

Las galerías en un subsuelo determinado están ubicadas entre las galerías de subsuelos adyacentes y equidistantes de ellas. De esta forma, todos los cuerpos mineralizados quedan cubiertos por una red de túneles dispuestos en forma de rombo.

### Figura 13

*Esquema típico de un sublevel caving*



Nota:(Copco, 2014)



## Condiciones de aplicación

Se prefiere el método SLC para particiones verticales o estructurales, pequeños y grandes, tanto en espesor como en extensión longitudinal. También es adecuado para grandes depósitos. Sólo las rocas minerales deberían tener suficientes condiciones competitivas para que la estructura interna permanezca estable con elementos de refuerzo mínimos.

La roca que lo rodeaba, o más bien encima, debía ser frágil y se desmoronaba fácilmente en los huecos dejados por la extracción de la roca mineral.

Es deseable que la piedra mineral y los desechos que contiene se puedan distinguir y separar fácilmente, es decir, se mezclan y así reducen la mineralización del mineral.

### 2.2.14. Block Caving

Ortiz (2011) afirma que, en lo esencial, este método consiste en inducir el hundimiento de una columna mineralizada, socavándola mediante la excavación de un corte basal, proceso que se realiza aplicando las técnicas convencionales de perforación y tronadura.

Las fuerzas internas existentes en la roca (fuerzas gravitacionales y tectónicas) y las resultantes de cambios en sus condiciones de equilibrio debido a fuerzas de corte subyacentes provocan inmediatamente pérdidas estables en columnas o losas de alta calidad. Se colapsa parcialmente, llena el vacío creado y tiende a restablecer el equilibrio.



El mineral triturado se extrae del lecho de roca a través de embudos o canales previamente excavados, creando nuevas condiciones inestables. Este fenómeno continúa, y luego el colapso o hundimiento del pozo se extiende a la superficie; este proceso se llama hundimiento en terminología minera.

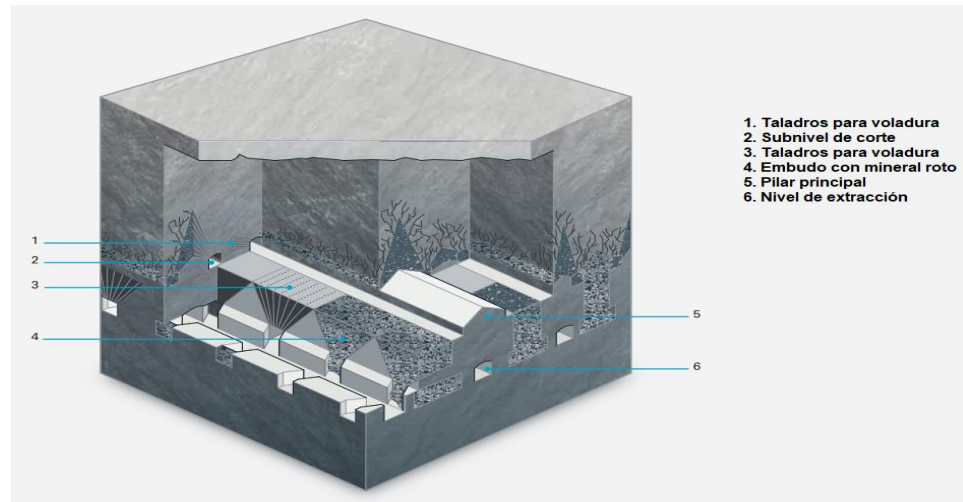
El proceso finaliza cuando se ha extraído toda la columna mineralizada. El material estéril suprayacente también se reduce, ocupando el espacio restante, y se puede observar una apariencia de hoyuelos en la superficie.

Dependiendo de su extensión longitudinal, un yacimiento puede ser golpeado por uno o más planos de corte y luego colapsar en orden descendente. La altura de los bastones para principiantes puede oscilar entre 40 metros y 300 metros. Prácticamente, este método se puede utilizar de dos formas:

- Block Caving en sí, donde los niveles son divididos en bloques virtuales que cuenta un área básica de  $3600\text{m}^2$  (60x60m) a  $10,000\text{m}^2$  (100x100m), que luego se sumergen en una cadena suelta hecha jirones.
- Panel Caving, que engloba el hundimiento permanente de áreas o unidades mineras más disminuidas.

## Figura 14

### *Esquema típico de un block caving*



Nota:(Copco, 2014)

### **Condiciones de aplicación**

El método de exploración por bloques se aplica, casi sin excepción, a yacimientos masivos de gran tamaño, como los yacimientos minerales dispersos conocidos como porfirias, que están presentes y son de gran importancia económica en nuestro país. También se puede utilizar con trezas muy gruesas. Las mejores condiciones operativas se encuentran en rocas relativamente poco mineralizadas que tienen altas tasas de fractura y tienden a hundirse en pequeños fragmentos. Sin embargo, las tecnologías actuales permiten su uso incluso en formaciones rocosas con alta resistencia a la fragilización.

Es muy deseable o casi importante que los límites de yacimiento sean regulares y la distribución equitativa. Este método no permite la extracción selectiva o marginal de pequeñas fracciones, por el contrario,

ni siquiera es posible aislar las fracciones de baja calidad presentes en el cuerpo mineral

**Tabla 2**

*Comparación de métodos de explotación*

Método de explotación	Características del yacimiento			de de Factor recuperación	de de Factor recuperación	Costo \$/TM
	Resistencia del mineral	Resistencia del estéril	Buzamiento del mineral			
Open pit	Moderado	Moderado	Plano	5	90	1 – 10
Block Caving	Moderado débil	Moderado débil	Empeinado	15	95	2.5 – 5
Cut and fill	Moderado fuerte	Moderado débil	Moderado empeinado	5	85	75 – 200
Room and pillar	Moderado fuerte	Moderado fuerte	Moderado plano	5	90	5 – 20
Shrinkage	Moderado fuerte	Moderado fuerte	Moderado empeinado	10	90	125 – 200
Sublevel stoping	Moderado fuerte	Fuerte	Empeinado	15	85	20 – 60
Long wall	Moderado débil	Débil	Moderado plano	15	85	100 – 150

Nota:(Copco, 2014)

### 2.2.15. Distribución de leyes y geometría del yacimiento

La geometría de un depósito está determinada por su forma general, pendiente, intensidad y profundidad, por otro lado, la distribución de leyes se identifica como inestable, uniforme, dispersa y graduada.

Para elegir un método de minería subterránea, lo mejor es crear un plan geológico que muestre las características del sitio, como edad de la roca, zonas de alteración, fallas, estructuras principales, estratigrafía y ejes de pliegue.

- **Forma del mineral:** existe tres tipos de yacimientos de tipo veta, masivos y tabulares
  - Masivo (M): son yacimientos que se extienden a lo largo de cientos de metros en forma homogénea en toda dirección.
  - Tabular (T): son los yacimientos relativamente planos (vetas y mantos).
  - Irregular (I): Las medidas varían a distancias muy pequeñas.
- **Potencia del mineral**
  - Estrecho (E) : < 10m
  - Intermedia (I) : 10 – 30m
  - Potente (P) : 30 – 100m
  - Muy potente (MP) : > 100m
- **Inclinación o buzamiento del mineral**
  - Tumbado o echado (T) : < 20°
  - Intermedia (IT) : 20° - 55°
  - Inclinado (IN) : > 55°
- **Profundidad del mineral desde la superficie**



- Superficial (S) : < 150 m
- Intermedio (I) : 150 – 300 m
- Profundo (P) : > 300 m

- **Distribución de leyes**

- Uniforme (U): Es cuando la ley media del mineral se mantiene en los diferentes puntos de muestreo.
- Diseminado (D) o gradual (G): Es cuándo las leyes se presentan en una distribución geográfica que sufre cambios graduales en los diferentes puntos de muestreo.
- Errático (E): sin relación espacial entre las leyes, porque difieren completamente de un punto a otro en distancias muy cortas.

#### 2.2.16. Características geomecánicas de las rocas

El comportamiento geomecánico depende de la resistencia del macizo rocoso, la resistencia de las discontinuidades y el grado de colapso del macizo rocoso. La resistencia de la roca es la relación entre la capacidad de la roca para soportar una compresión simple y la distancia entre grietas, que puede definirse por el número de grietas por segundo. contador o RQD. RQD es el porcentaje de discos centrales de más de 10 cm por metro de longitud de broca.

- **Resistencia de la matriz rocosa:** resistencia a la compresión simple

(Mpa)/presión del recubrimiento (Mpa)

- Pequeña (P) : < a 8
- Media (M) : 8 – 15
- Alta (A) : > a 15



- **Espaciamiento entre fracturas**

- Muy pequeño (MP) : > 16 fracturas/m 0 – 20 % RQD
- Pequeño (P) : 10 – 16 20 – 40% RQD
- Grande (G) : 3 – 10 40 – 70% RQD
- Muy grande (MG) : 3 70 – 100% RQD

- **Resistencia de las discontinuidades**

- Pequeña (P): discontinuidades limpias con una superficie suave o con material de relleno blando.
- Media (M): discontinuidades limpias con una superficie rugosa.
- Grande (G): discontinuidades con un relleno de material de igual resistencia o mayor que la roca intacta.

### **2.2.17. El método numérico de Nicholas (1981)**

Según (DELPHOS, 2010) El procedimiento propuesto por Nicholas (1981) consiste en determinar el método de minado más apropiado para un proyecto minero utilizando una clasificación numérica cuantitativa basada en un conjunto de tablas y el resultado de su investigación. Para ello se utilizaron 4 tablas para tomar en cuenta factores como tipo de mina, condiciones geotécnicas del mineral, condiciones geotécnicas de muro colgante y condiciones geotécnicas de muro inclinado.

Todas las tablas contiene una serie de columnas con indicadores específicos que se relacionan con diferentes características del factor que se evalúa. Con base en esto, se estima que los valores 1 y 2 representan propiedades que pueden ser adecuadas para este método, los valores 3 y 4 son propiedades deseadas para el método de extracción y un valor de 0 indica que la propiedad es

adecuada. Se aplica a los métodos de extracción. No se recomienda el uso de este método de explotación, y un valor de -49 indica que se ignorará este método de explotación. Para cada propiedad especificada, se suma de forma lineal. Finalmente, la columna resultante muestra el valor numérico más alto y se determina el método de explotación más óptimo para el yacimiento mencionado.

**Tabla 3**

*La geometría y su distribución de leyes en el yacimiento*

Métodos de explotación	Forma del Yacimiento			Potencia del Mineral				Inclinación			Distribución de Leyes		
	Masivo	Tabular	Irregular	Estrecho	Intermedio	Potente	Muy Potente	Tumbado	Intermedio	Inclinado	Uniforme	Diseminado	Errático
<i>Block Caving</i>	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
<i>Sublevel Stopping</i>	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
<i>Sublevel Caving</i>	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0
<i>Long wall</i>	-49	0	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
<i>Room and Pillar</i>	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
<i>Shrinkage</i>	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1
<i>Cut and Fill</i>	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3
<i>Square Set</i>	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3

Nota: (Llanque et al., 1999)

**Tabla 4**

*Las características geomecánicas en la zona mineralizada*

Método de explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas				Resistencia de las Discontinuidades		
	Baja	Media	Alta	Muy Cerca	Poco Espaciado	Espaciado	Muy Espaciado	Baja	Media	Alta
<i>Block Caving</i>	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
<i>Sublevel Stoping</i>	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
<i>Sublevel Caving</i>	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
<i>Long wall</i>	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
<i>Room and Pillar</i>	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
<i>Shrinkage</i>	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
<i>Cut and Fill</i>	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
<i>Square Set</i>	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

Nota: (Llanque et al., 1999)

**Tabla 5**

*Las características geomecánicas en la zona caja techo*

Método de explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas				Resistencia de las Discontinuidades		
	Baja	Media	Alta	Muy Cerca	Poco Espaciado	Espaciado	Muy Espaciado.	Baja	Media	Alta
<i>Block Caving</i>	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
<i>Sublevel Stoping</i>	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
<i>Sublevel Caving</i>	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
<i>Long wall</i>	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
<i>Room and Pillar</i>	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
<i>Shrinkage</i>	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
<i>Cut and Fill</i>	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
<i>Square Set</i>	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

Nota: (Llanque et al., 1999)

**Tabla 6**

*Las características geomecánicas en la zona caja piso*

Método de explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas			Resistencia de las Discontinuidades			
	Baja	Media	Alta	Muy Cerca	Poco Espaciado	Espaciado	Muy Espaciado	Baja	Media	Alta
<i>Open Pit</i>	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
<i>Block Caving</i>	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
<i>Sublevel Stopping</i>	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
<i>Sublevel Caving</i>	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
<i>Long wall</i>	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
<i>Room and Pillar</i>	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
<i>Shrinkage</i>	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
<i>Cut and Fill</i>	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
<i>Square Set</i>	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

Nota: (Llanque et al., 1999)

**Tabla 7**

*Valor numérico en su clasificación*

Clasificación	Valor
Preferido	3 – 4
Probable	1 – 2
Improbable	0
Desechado	-49

Nota: (Llanque et al., 1999)



## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

### **2.3.1. Método de explotación**

Se refiere a la forma, pasos y conjunto de actividades que se aplica en el proceso de explotación ya sea en interior mina cómo en una mina superficial.

### **2.3.2. Veta angosta**

Es un yacimiento de mineral en el cual tiene un buzamiento mayor a  $35^\circ$  llegando hasta los  $90^\circ$  y la potencia o ancho de la veta es desde 1 cm hasta 50 cm.

### **2.3.3. Minería subterránea**

Es considerado a las actividades mineras que se realizan en el subsuelo con la finalidad de extraer el mineral del yacimiento.

### **2.3.4. Relleno**

Es un material que se utiliza para poder ganar altura y tener un piso adecuado para continuar las actividades del ciclo de minado en un tajeo subterráneo.

### **2.3.5. Mineral**

Es el material que tiene un valor económico y genera beneficio para una empresa minera después de la comercialización del mineral.

### **2.3.6. Desmonte**

Es el material que se extrae de interior mina pero que no tiene un valor económico y otra parte de este material puede ser utilizado como relleno en interior mina.



### **2.3.7. Buzamiento**

Es el ángulo de inclinación que genera la veta de mineral respecto a la horizontal.

### **2.3.8. Dilución**

Es el proceso de combinación del mineral con el desmonte de manera involuntaria durante las actividades de la explotación y generalmente ocurre por falta de control.

### **2.3.9. Pilar**

Es una estructura de mineral o desmonte que se deja durante la explotación con la finalidad de que pueda soportar las rocas encajonantes.

## CAPÍTULO III

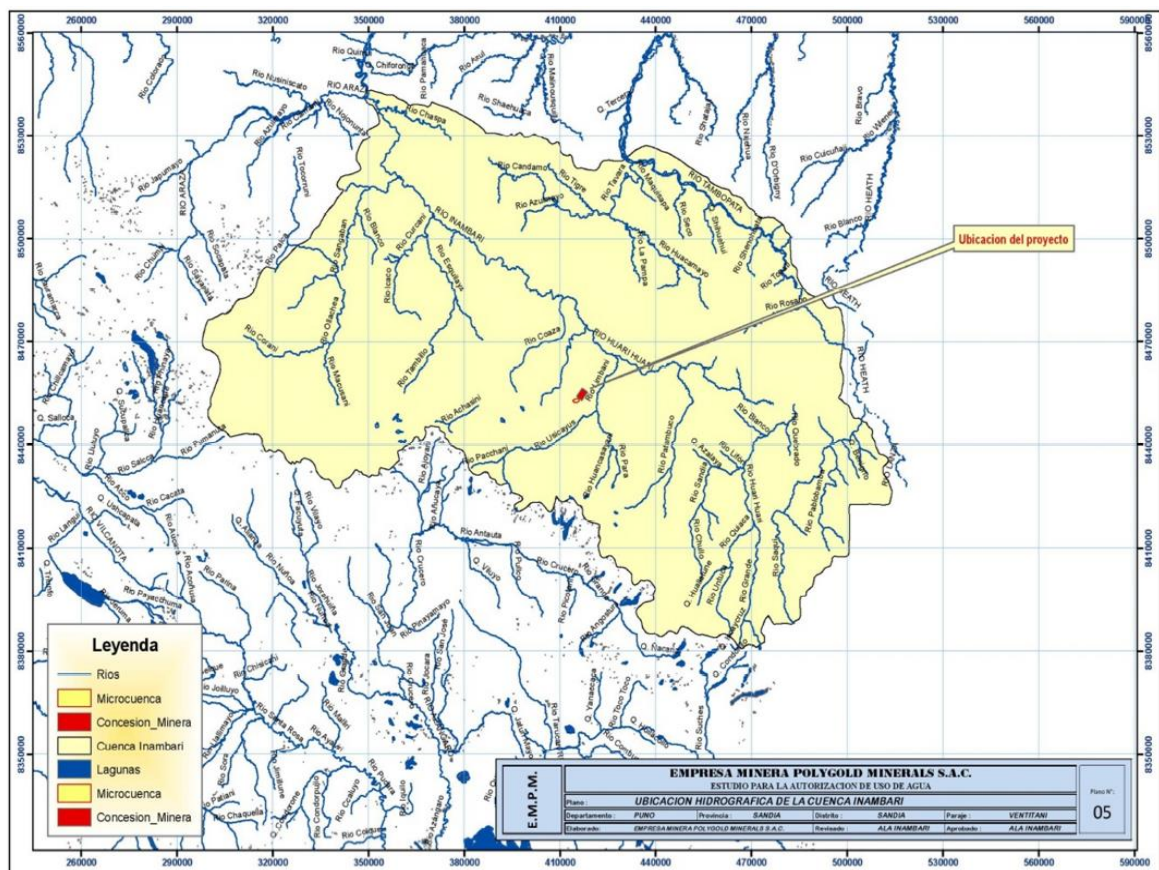
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La ubicación de la veta Benditani se encuentra en la concesión minera Florita N°1 de Polygold Minerals S.A.C. se encuentra específicamente en el distrito de Coasa, provincia de Carabaya, región de Puno. Aproximadamente entre 3800 a 2400 m.s.n.m.

**Figura 15**

*Ubicación de la concesión minera Florita N° 1*



Nota: ubicación de la concesión

**Tabla 8***Coordenadas de la concesión minera Florita N°1*

Vértices	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
NE	8456595.7020	416981.6350
SE	8455425.1160	418605.4400
SW	8452992.4090	416854.0610
NW	8454159.9950	415230.2560

### 3.1.1 Accesibilidad

Para acceder a la concesión Minera Florita N° 1, desde la ciudad de Puno, se sigue la siguiente ruta:

**Tabla 9***Acceso a la concesión Minera Florita N° 1.*

Tramo	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo (h)
Puno – Juliaca	45	Asfaltada	0.75
Juliaca – Coasa	140	Asfaltada y trocha	3.0
Coasa – Mina	60	Camino de herradura	2.0
Total	245		5.75





### **3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO**

El trabajo de investigación se ejecutó en el primer semestre del año 2022 de enero a junio.

### **3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO**

Los datos que se tomaron, procesaron y analizaron corresponde a la concesión minera Florita N° 1 de la veta Benditani.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.4.1. Población**

La población de estudio para la investigación se consideró todas las vetas del yacimiento que pertenecen a la concesión minera Florita n°1, donde presenta un peso específico del mineral aurífero de 2.7 gr/cm<sup>3</sup>, potencia promedio de la veta 20 cm, donde el yacimiento mineral es de origen hidrotermal tipo relleno de cavidades emplazado en rocas metamórficas de la formación Ananea del paleozoico inferior, construida por pizarras y cuarcitas.

#### **3.4.2. Muestra**

Para el proyecto de investigación se considerará la veta Benditani de la concesión minera Florita n°1. Así mismo, Hernández (2014) define que la muestra es un subgrupo de la población y que comparta algunas características.

#### **3.4.3. Muestreo**

Para el trabajo de investigación se seleccionó un muestreo no probabilístico según a los intereses del investigador ya que solo se tiene 2 galerías



en avance. Por otra parte, Sampieri (2014) define a la muestra no probabilística a un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación.

### **3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO Y METODOLÓGICO**

#### **3.5.1. Tipo de investigación**

Este trabajo de investigación ofrece un diseño de investigación no experimental y de corte longitudinal, ya que los datos se recolectaron en durante el primer semestre del año 2022 y no serán manipulados por ningún tipo de variables, ya que se trata de obtener datos de geometría, propiedades geomecánicas y distribuciones de rango. La capacidad de elegir el método de minería subterránea más apropiado para los depósitos en la Concesión Minera Florita N°1. De igual manera Hernández (2014) define al diseño no experimentales como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables.

#### **3.5.2. Alcance de la investigación**

El trabajo de investigación siguió los pasos de un enfoque cuantitativo y con un alcance descriptivo porque en el estudio de investigación se describió las características, geométricas, distribución de leyes y características geomecánicas de la concesión minera Florita N°1. Por otra parte (Hernández-Sampieri, 2014) define que el objetivo del investigar consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios



descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir que únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre conceptos o variables a las que se refieren.

### **3.6. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS**

#### **3.6.1. Metodología para determinar las características geométricas**

Se aplicó la técnica de la observación directa de la veta Benditani en la parte de superficie y en lo largo de la galería vetarrón A.

Para el buzamiento de la veta se tomó puntos de muestreo cada 10 metros en la galería Vetarrón A y en la parte superficial del afloramiento de la veta, promediando para tener un resultado final.

#### **3.6.2. Metodología para determinar la distribución de leyes**

Se aplicó la técnica de revisión documentaria, ya que se recurrió al informe de IGAFOM, para conocer la distribución de las leyes de la veta Benditani.

Por otra parte, se recurrió a la observación directa para poder constatar la formación de la veta ya sea en interior de la galería vetarron y en la parte superficial.

#### **3.6.3. Metodología para determinar sus características geomecánicas**

Se tomó en cuenta el número de fracturas en un metro cuadrado, según el punto de muestreo a cada 10 m, ya sea en la galería vetarron A y en la parte de superficie afloramiento de la veta.



Esta secuencia se siguió para la zona mineralizada, caja techo y caja piso, teniendo 30 datos en la parte superficial y 20 datos en la galería vetarron A

Para el resultado final se tuvo que trabajar con el promedio de los 50 puntos de muestreo

#### **3.6.4. Metodología para la selección del método de explotación subterránea**

El trabajo de investigación siguió la siguiente secuencia:

- Revisión de literatura, estudios previos respecto al tema de investigación.
- Visita en campo para tomar las muestras.
- Revisión de documentos, antecedentes que se realizaron en el proyecto minero de la concesión minera Florita N° 1.
- Aplicación del método numérico de Nicholas
- Análisis de datos con el apoyo del Excel

### **3.7. ANALISIS DE DATOS**

Para el análisis de los datos se utilizó el software Excel, ya que es un estudio con alcance descriptivo, donde no existió manipulación de variables.

### 3.8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 10**

*Operacionalización de variables*

<b>Variab</b> les	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Variable independiente:</b> la veta Beditani de la concesión Minera Florita N° 1.	Zonas de mineralización de gran longitud con un ángulo de buzamiento pronunciado y con potencias de menor de 3m y mayor de 3m.	Buzamiento Potencia Longitud ley	Grados Metros Metros Gramos de oro
<b>Variable dependiente:</b> selección del método de explotación subterránea	Son actividades que se aplica en el proceso de la explotación de las reseras de mineral de un proyecto minero.	Métodos soportados          Métodos auto soportado       Métodos mediante hundimiento	<i>Over cut and fill</i> <i>Under cut and fill</i> <i>Long wall</i> <i>Square set</i> <i>Room and pillar</i> <i>Shrinkage</i> <i>Open stoping</i> <i>Sublevel stoping</i> <i>Vertical crater retreta</i> <i>Sublevel caving</i> <i>Block caving.</i>

Nota: se evidencia la operacionalización de las variables de investigación

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

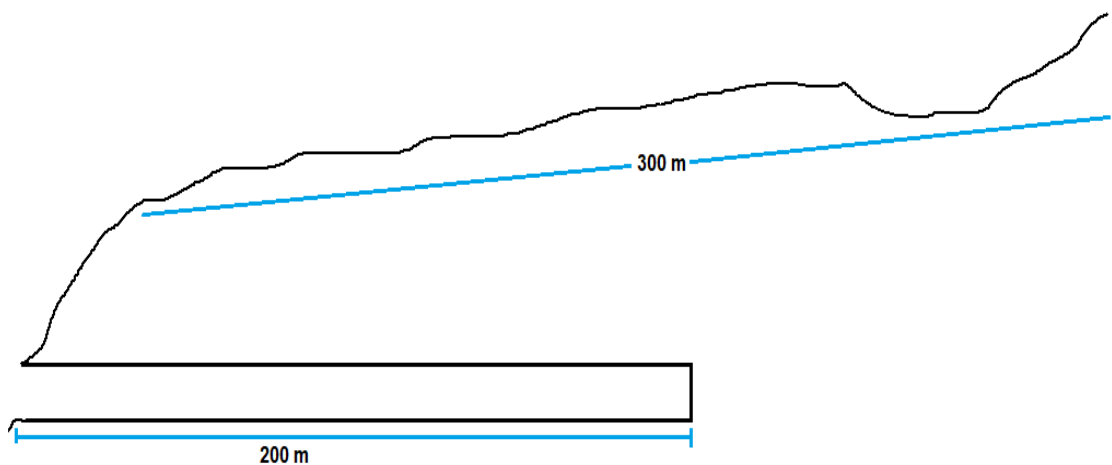
#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Características geométricas en la veta Benditani

Para poder lograr con este objetivo se aplicó la técnica de la observación directa en el campo ya sea en la galería Vetarrón A y en superficie donde la veta presenta afloramiento, la forma es en mayor porcentaje “**tabular**” así mismo se determinó la potencia de la veta, para el buzamiento se tomó puntos de muestreo cada 10 metros en la galería Vetarrón A en una longitud de 200 m y en la veta que presenta afloramiento en superficie se tomó puntos de muestreo en una longitud de 300 m.

#### Figura 16

*Esquema de muestreo de la veta Benditani*



**Figura 17**

*Veta Benditani*



**Figura 18**

*Galería Vetarrón A*





**Tabla 11**

*Buzamiento en la veta Benditani*

Muestra	Veta en Afloramiento (°)	Veta en Galería Vetarrón A (°)
1	48	40
2	40	48
3	42	57
4	49	51
5	51	55
6	41	44
7	50	46
8	53	59
9	50	44
10	39	38
11	37	44
12	47	61
13	46	64
14	52	54
15	53	56
16	53	44
17	40	39
18	39	48
19	47	60
20	51	60
21	55	0
22	53	0
23	42	0
24	51	0
25	49	0
26	36	0
27	46	0
28	39	0
29	35	0
30	54	0
Promedio (°)	46.27	50.6
Promedio (°)		48.43

Nota: se evidencia el buzamiento de la veta Benditani





**Tabla 12**

*Potencia de la veta Benditani*

<b>Muestra</b>	<b>Veta en Afloramiento (m)</b>	<b>Veta en Galería Vetarrón A (m)</b>
1	0.12	0.10
2	0.10	0.15
3	0.10	0.17
4	0.12	0.20
5	0.15	0.22
6	0.17	0.25
7	0.15	0.23
8	0.17	0.25
9	0.15	0.30
10	0.16	0.28
11	0.17	0.25
12	0.15	0.24
13	0.16	0.23
14	0.17	0.22
15	0.20	0.26
16	0.21	0.25
17	0.20	0.24
18	0.18	0.27
19	0.18	0.30
20	0.15	0.26
21	0.15	0
22	0.18	0
23	0.20	0
24	0.18	0
25	0.17	0
26	0.15	0
27	0.16	0
28	0.15	0
29	0.14	0
30	0.12	0
Promedio (cm)	0.16	0.23
Promedio (cm)		0.20

Nota: potencia en la veta Benditani igual a 0.20 m siendo estrecho ya que es menor a 10 m.



**Tabla 13**

*Características geométricas y distribución de leyes en la veta Benditani*

<b>Forma</b>	<b>Potencia de mineral</b>	<b>Buzamiento</b>	<b>Distribución de leyes</b>
Tabular	Estrecho < a10 m	Inclinado 48.43°	errático

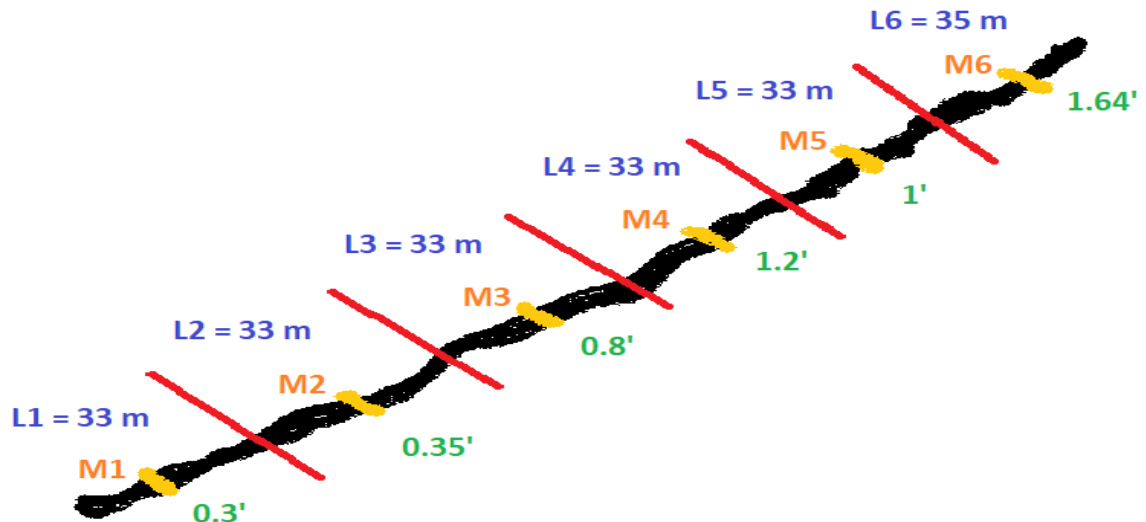
#### **4.1.2. Distribución de leyes en la veta Benditani**

Para poder encontrar el resultado del segundo objetivo específico, se recurrió a los informes del IGAFOM donde se tiene como reserva prospectiva el promedio de la ley estimada de la veta Benditani igual a 18.5g Au/TM. Según a la evaluación mediante la técnica de la observación se pudo identificar que la veta Benditani tiene la forma de tipo rosario y errático ya que la continuidad de la veta no es uniforme en toda la longitud de la galería y en superficie donde existe afloramiento de la veta.

Para lo cual se tuvo que tomar muestras por canales de diferentes tramos de la galería y superficie parte del afloramiento, posteriormente se realizó los análisis en el laboratorio con la finalidad de conocer las leyes y así conocer la reserva del yacimiento.

**Figura 19**

*Muestreo por canales en la galería veta Benditani*



Nota: esquema del muestreo por canales y las distancias de cada sección y su potencia de la veta en los puntos de muestreo.

**Tabla 14**

*Estimación de la ley promedio a través de volúmenes y toneladas en galería*

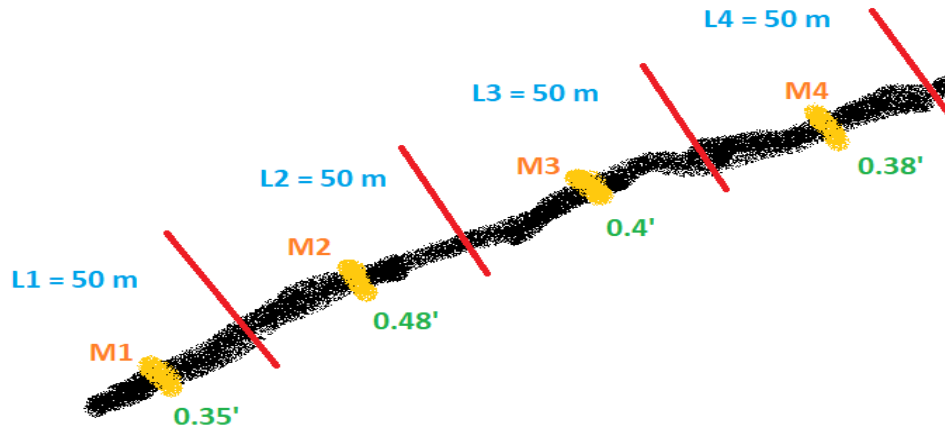
N° muestras	m	Área de influencias (L) pies	Potencia (W) pies	W*L pies <sup>2</sup>	gr/TM de Au	Au*W*L
S-1	33	108.27	0.3	32.481	12.69	412.28
S-2	33	108.27	0.35	37.8945	17.83	675.47
S-3	33	108.27	0.8	86.616	19.61	1698.54
S-4	33	108.27	1.2	129.924	17.63	2290.69
S-5	33	108.27	1	108.27	15.48	1675.59
S-6	35	114.83	1.64	188.3212	18.12	3412.76
TOTAL	200	656.18		583.5067		10165.32

$$\text{Ley promedio de Au} = 10165.32/583.5067 = 17.421092 \text{ gr/tm - Au}$$

$$\text{Potencia promedio} = 583.5067/656.18 = 0.88924792 \text{ pies}$$

**Figura 20**

*Muestreo por canales en el afloramiento de la veta Benditani*



Nota: esquema del muestre por canales en superficie parte del afloramiento a ca 50 m de distancia, así mismo la potencia de la veta en el punto de muestreo.

**Tabla 15**

*Estimación de la ley promedio a través de volúmenes y tonelajes en afloramiento*

N° muestra	m	Área de influencias (L) pies	Potencia (W) pies	W*L pies2	gr/TM de Au	Au*W*L
S-1	50	164.042	0.35	57.4147	12.56	721.128632
S-2	50	164.042	0.48	78.7401	15.583	1227.00791
S-3	50	164.042	0.4	65.6168	23.562	1546.06304
S-4	50	164.042	0.38	62.3359	11.234	700.282175
TOTAL	200	656.168		264.107		4194.48176

Ley promedio de Au  
 $4194.48176/264.10762 = 15.88 \text{ \% Pb}$

Potencia promedio =  $264.10762/656.168$   
 $= 0.40 \text{ pies}$

**Tabla 16***Características del yacimiento veta Benditani*

Muestra	gr/tm de Au	potencia (pies)	Altura (m)
1	12.69	0.23	42
2	17.83	0.16	65
3	19.61		81
4	17.63		
5	15.48		
6	18.12		
7	12.56		
8	15.583		
9	23.562		
10	11.234		
Promedio	16.43	0.20	62.67

Nota: se considera los datos de la galería y del afloramiento de la veta

**Tabla 17***Cálculo de reserva de la veta Benditani*

Block	Longitud (m)	Altura (m)	Potencia (m)	Factor de tonelaje (TC/m3)	Toneladas (TC)	Ley Au (gr/TM)	Ton-Ley
1	200	62.67	0.06	2.8	2105.7	16.43	34596.8

Total toneladas = 2105.7

Ley promedio =  $34596 / 2105.7 = 16.43$  gr/TM - Au

La tabla 17 muestra el cálculo de reserva para el yacimiento de la veta Benditani, gracias al conocimiento de las características necesarias.

#### 4.1.3. Características geomecánicas en la veta Benditani

Se determinó el RQD de la estructura, caja techo y caja piso.



**Tabla 18**

*Número de fracturas por metro en la veta Benditani*

Muestra	Veta en Afloramiento	Veta en galería vetarrón A
1	3	5
2	8	4
3	7	2
4	4	2
5	6	4
6	4	2
7	4	3
8	3	1
9	4	5
10	5	2
11	7	4
12	6	5
13	8	1
14	4	5
15	5	2
16	7	1
17	5	3
18	3	2
19	4	1
20	3	1
21	7	0
22	7	0
23	7	0
24	6	0
25	5	0
26	4	0
27	3	0
28	3	0
29	5	0
30	6	0
Promedio	5.1	2.75
Promedio		3.93

Nota: la estructura de la veta Benditani en promedio está con 3.93 fracturas por metro esto quiere

decir que el espaciamiento entre fracturas es grande (G) teniendo un RQD de 40-70 %.



**Tabla 19**

*Número de fracturas por metro en la caja techo*

Muestra	Veta en Afloramiento	Veta en galería vetarrón A
1	6	1
2	4	3
3	2	2
4	6	3
5	4	4
6	5	1
7	4	1
8	6	1
9	5	1
10	2	3
11	3	4
12	6	3
13	5	1
14	2	2
15	5	4
16	6	5
17	3	1
18	4	2
19	2	1
20	5	1
21	3	0
22	1	0
23	5	0
24	1	0
25	1	0
26	6	0
27	1	0
28	6	0
29	5	0
30	2	0
<b>Promedio</b>	<b>3.87</b>	<b>2.20</b>
<b>Promedio</b>		<b>3.03</b>

Nota: las muestras se tienen en promedio 3.03 fracturas por metro, esto quiere decir que es levemente fracturada con un RQD (70-90).

**Tabla 20***Número de fracturas por metro en la caja piso*

Muestra	Veta en Afloramiento	Veta en galería vetarrón A
1	3	2
2	1	2
3	5	3
4	2	1
5	1	4
6	5	2
7	4	1
8	3	4
9	1	2
10	5	1
11	1	4
12	1	1
13	4	3
14	5	3
15	4	2
16	2	1
17	2	3
18	5	3
19	5	4
20	3	3
21	4	0
22	1	0
23	4	0
24	2	0
25	3	0
26	1	0
27	2	0
28	3	0
29	3	0
30	3	0
Promedio	2.93	2.45
Promedio	2.69	

Nota: las fracturas por metro cuadrado en los diferentes puntos de muestreo, donde se tiene un promedio de 2.69 fracturas por metro, esto quiere decir que es levemente fracturada con un RQD (70-90).

En resumen, sobre las características geomecánicas de la veta Benditani se tiene la siguiente tabla.



**Tabla 21**

*Resistencia del material*

<b>Resistencia</b>	<b>Resistencia del material</b>	<b>RQD</b>	<b>Espaciamiento entre fracturas</b>	<b>Resistencia de las discontinuidades</b>
Estructura	Alta	70 - 90%	Espaciadas	Alta
Caja techo	Alta	70 – 90%	Espaciadas	Alta
Caja piso	Alta	70 – 90%	Muy espaciadas	Alta

#### 4.1.4. Selección del método de explotación subterránea para la veta Benditani

Para este objetivo se tuvo que aplicar el método numérico de Nicholas, ya que es más aplicado en la industria minera y es más adecuado para la selección del método de explotación subterránea.

**Tabla 22**

*Geometría y distribución de leyes de la veta Benditani*

<b>Métodos de explotación</b>	<b>Forma del Yacimiento</b>			<b>Potencia del Mineral</b>			<b>Inclinación</b>			<b>Distribución de Leyes</b>			<b>Total</b>	
	<b>Masivo</b>	<b>Tabular</b>	<b>Irregular</b>	<b>Estrecho</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Potente</b>	<b>Muy potente</b>	<b>Tumbado</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Inclinado</b>	<b>Uniforme</b>	<b>Diseminado</b>		<b>Errático</b>
<i>Open Pit</i>	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3	<b>11</b>
<i>Block Caving</i>	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0	<b>-43</b>
<i>Sublevel Stopping</i>	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1	<b>8</b>
<i>Sublevel Caving</i>	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0	<b>-41</b>
<i>Longwall mining</i>	-49	0	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0	<b>-45</b>
<i>Room and Pillar</i>	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3	<b>11</b>
<i>Shrinkage Stopping</i>	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1	<b>8</b>
<i>Cut and Fill Stopping</i>	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3	<b>15</b>
<i>Square Set</i>	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3	<b>12</b>

La tabla 22 muestra la puntuación respectiva en geometría y distribución de leyes para la veta Benditani, puntuación para cada método de explotación subterránea donde en la sumatoria total se tiene resultados negativos en *Block Caving* con -43, *Sublevel caving* con -41 y *Longwall mining* con -45 esto quiere decir de que es imposible aplicar los métodos de explotación con valores negativos, de forma similar resultados positivos de diferente valor numérico siendo el más resaltante el método de explotación *Cut and Fill Stopping* con un valor de 15 seguido de *Square set* con 12.

Esto quiere decir que según a la geometría y distribución de leyes a veta Benditani se podría explotar mediante el método *Cut and Fill Stopping* como primera opción y *Square Set* como segunda opción.

**Tabla 23**

*Característica geomecánica de la zona mineralizada*

Método de explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas			Resistencia de las Discontinuidades			Total	
	Baja	Media	Alta	Muy Cerca	Poco Espaciado	Espaciado	Muy Espaciado	Baja	Media		Alta
<i>Open Pit</i>	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	<b>12</b>
<i>Block Caving</i>	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0	<b>4</b>
<i>Sublevel Stopping</i>	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4	<b>9</b>
<i>Sublevel Caving</i>	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2	<b>9</b>
<i>Longwall mining</i>	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0	<b>0</b>
<i>Room and Pillar</i>	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	<b>10</b>
<i>Shrinkage Stopping</i>	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4	<b>11</b>
<i>Cut and Fill Stopping</i>	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	<b>6</b>
<i>Square Set</i>	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2	<b>5</b>

La tabla 23 evidencia la puntuación de las características geomecánicas de la zona mineralizada, puntuación respectiva para cada método de explotación subterránea, en el cual en la sumatoria total tenemos valores positivos en todos los métodos de explotación subterránea.

Según las características geomecánicas de la zona mineralizada el método de explotación más adecuado como primera opción se tendría Shrinkage Stopping con un valor de 11 y como segunda opción el método Room and Pillar con un valor de 10, esto se debe a que la zona mineralizada esta de medianamente competente a competente.

**Tabla 24**

*Característica geomecánica de la caja techo*

Método de explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas				Resistencia de las Discontinuidades			Total
	Baja	Media	Alta	Muy Cerca	Poco Espaciado	Espaciado	Muy Espaciado	Baja	Media	Alta	
<i>Open Pit</i>	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	<b>12</b>
<i>Block Caving</i>	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0	<b>8</b>
<i>Sublevel Stopping</i>	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4	<b>9</b>
<i>Sublevel Caving</i>	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0	<b>8</b>
<i>Longwall mining</i>	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0	<b>-46</b>
<i>Room and Pillar</i>	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	<b>6</b>
<i>Shrinkage Stopping</i>	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0	<b>8</b>
<i>Cut and Fill Stopping</i>	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	<b>8</b>
<i>Square Set</i>	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	<b>7</b>

La tabla 24 muestra los resultados según a la característica geomecánica de la caja techo, donde se obtiene la sumatoria total de los valores numéricos y se encuentra que el método de explotación subterránea *Longwall Mining* con un

valor negativo -46 y los demás métodos de explotación subterránea con valores positivos.

Según a la característica geomecánica de la caja techo los métodos de explotación subterránea más adecuados que pueden aplicarse son el *Sublevel Stopping* como primera opción ya que tiene un valor numérico igual a 9, seguido de los métodos *Block Caving*, *Sublevel Caving*, *Shrinkage stoping* y *Cut and Fill Stopping* con un valor numérico igual a 8.

**Tabla 25**

*Característica geomecánica de la caja piso*

Método de explotación	Resistencia de las Rocas			Espaciamiento entre Fracturas				Resistencia de las Discontinuidades			Total
	Baja	Media	Alta	Muy Cerca	Poco Espaciado	Espaciado	Muy Espaciado	Baja	Media	Alta	
<i>Open Pit</i>	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	<b>12</b>
<i>Block Caving</i>	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3	<b>6</b>
<i>Sublevel Stopping</i>	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4	<b>12</b>
<i>Sublevel Caving</i>	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4	<b>10</b>
<i>Longwall mining</i>	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3	<b>6</b>
<i>Room and Pillar</i>	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3	<b>11</b>
<i>Shrinkage Stopping</i>	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	<b>9</b>
<i>Cut and Fill Stopping</i>	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	<b>6</b>
<i>Square Set</i>	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	<b>6</b>

La tabla 25 evidencia los resultados de los valores numéricos respecto a la característica geomecánica de la caja piso, donde los resultados totales todos tienen valores positivos en el cual los que resaltan son los valores altos y bajos, el método de explotación subterránea *Sublevel Stopping* con un valor igual a 12 siendo el mayor valor numérico y los métodos de explotación subterránea como *Block*

*Caving, Longwall mining, Cut and Fill Stopping y Square Set* con el valor más bajo igual a 6.

Según a la característica geomecánica de la caja piso los métodos más adecuados que pueden aplicarse en la veta Benditani como primera opción está el método de explotación subterránea *Sublevel Stopping* con un valor numérico igual a 12 y como segunda opción el método *Room and Pillar* con un valor numérico igual a 11.

### Tabla 26

*Resumen de la selección del método de explotación*

Método de explotación	Tabla 19	Tabla 20	Tabla 21	Tabla 22	Total
	Geometría y distribución de leyes	Mineral	Caja techo	Caja piso	
<i>Open Pit</i>	11	12	12	12	<b>47</b>
<i>Block Caving</i>	-43	4	8	6	<b>-25</b>
<i>Sublevel Stopping</i>	8	9	9	12	<b>38</b>
<i>Sublevel Caving</i>	-41	9	8	10	<b>-14</b>
<i>Longwall mining</i>	-45	0	-46	6	<b>-85</b>
<i>Room and Pillar</i>	11	10	6	11	<b>38</b>
<i>Shrinkage Stopping</i>	8	11	8	9	<b>36</b>
<i>Cut and Fill Stopping</i>	15	6	8	6	<b>35</b>
<i>Square Set</i>	12	5	7	6	<b>30</b>

La tabla 26 muestra el resumen para la selección del método de explotación subterránea, después de conocer la geometría, distribución de leyes, características geomecánicas de la zona mineralizada, caja techo y caja piso se tienen valores negativos y valores positivos.

El resumen de la selección del método de explotación subterránea evidencia que los valores numéricos negativos son descartados ya son de imposible aplicación en la veta Benditani como el método de explotación *Block*

*Caving*, *Sublevel Caving*, y *Lonwall mining*. Los métodos de explotación con valores positivos y altos tienen la posibilidad de ser aplicados, siendo como primera opción el método de explotación subterránea *Sublevel Stopping* y *Room and Pillar* con un valor numérico igual a 38, y como segunda opción el método *Shrinkage Stopping* con un valor numérico igual a 36.

**Tabla 27**

*Selección del método de explotación subterránea*

Método de explotación	Rankin Según Nicholas	Descarte del método según criterio técnico	
<i>Open Pit</i>	1	Por ser veta angosta	no
<i>Block Caving</i>	0	Imposible	no
<i>Sublevel Stopping</i>	2	Por ser veta angosta y un buzamiento inclinado	no
<i>Sublevel Caving</i>	0	Imposible	no
<i>Longwall mining</i>	0	Imposible	no
<i>Room and Pillar</i>	2	Como primera opción	1
<i>Shrinkage Stopping</i>	3	Por tener un buzamiento inclinado	no
<i>Cut and Fill Stopping</i>	4	Como segunda opción	2
<i>Square Set</i>	5	Por tener una resistencia geomecánica alta	no

La tabla 27 presenta la selección del método de explotación después de realizar el descarte técnico tomando en consideración el buzamiento de la veta y potencia de la veta, donde se tiene como primera opción *Room and pillar* y en segunda opción el método *cut and fill stoping*.

## 4.2. DISCUSIÓN

Se logró conocer la característica geométrica y distribución de leyes en la veta Benditani según al método numérico de Nicholas donde la forma es tabular, potencia de mineral estrecho ya que es menor a 10 m y un buzamiento de  $48.43^\circ$  siendo inclinado. Donde de forma similar Mamani (2022) logró determinar la forma del yacimiento



potencia de la veta y su respectivo buzamiento. Así mismo Torres (2021) logró determinar la geometría de mineral, buzamiento distribución de leyes y propiedades geomecánicas del yacimiento.

El resultado en la distribución de leyes en la veta Benditani se encontró que tiene una distribución de leyes errático ya que presenta una forma de veta tipo rosario a lo largo de la galería y como se pudo observar en el afloramiento de la veta en superficie. Igualmente Mendiola (2017) determinó la distribución geométrica del yacimiento y su distribución de leyes en toda la longitud del yacimiento. Así mismo Minaya (2007) mediante el enfoque de Nicholas ponderó numéricamente los valores para determinar las condiciones geomecánicas y geológicas del yacimiento.

En la determinación de resistencia de la estructura mineralizada y las rocas encajonantes se encontró que su resistencia es alta con un RQD (70 a 90) %, espaciamiento de fracturas espaciadas y muy espaciadas, por otra parte, la resistencia de las discontinuidades es alta ya sea para la estructura mineralizada y las rocas encajonantes. De forma similar Maza & Vásquez (2021) lograron como resultado determinar las dimensiones del yacimiento, características geomecánicas y geológicas del yacimiento. Por otra parte Lezama & Urteaga (2020) caracterizaron la zona mineralizada y las rocas encajonantes del yacimiento utilizando el método numérico de Nicholas.

El método numérico de Nicholas permitió la selección de método de explotación subterránea para la veta Bentidani tomando en cuenta el descarte técnico según a la experiencia en la actividad minera, donde se tiene como primera opción *Room and Pillar* (38 puntos) y en segunda opción *Cut and Fill Stopping* (35 puntos), eliminado los otros métodos según al criterio técnico. Así mismo (Muñoz Lezma & Tomay Teran, 2020) gracias al método numérico de Nicholas logró determinar la selección del método de



explotación como primera opción el método corte y relleno con una puntuación de 28.6 y en segunda opción cuadros sobre cuadros con una puntuación de 26.6 y en tercera opción tajeo largo con una puntuación 23.84 y es posible la fusión de estos métodos.





## V. CONCLUSIONES

- La propuesta de selección del método de explotación subterránea más adecuado para la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C. como primera opción es el método de explotación subterránea *Room and Pillar* con un valor numérico de 38 puntos y en segunda opción el método de explotación subterránea *Cut and Fill Stopping* con un valor numérico de 35 puntos.
- Las características geométricas en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C. es un yacimiento es tabular y con una potencia de la veta estrecho.
- La distribución de leyes en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C. presenta una distribución errática por ser una veta de tipo rosario.
- Las características geomecánicas en la veta Benditani de la concesión minera Florita N° 1 Polygold Minerals S.A.C. respecto a la veta, caja piso y caja techo tiene una resistencia alta con un RQD (70 a 90) %, espaciamiento de fracturas espaciadas y muy espaciadas, por otra parte, la resistencia de las discontinuidades es alta ya sea para la estructura mineralizada y las rocas encajonantes.



## VI. RECOMENDACIONES

- Aplicar otros métodos para seleccionar el método de explotación subterránea para la veta Benditani y realizar la comparación con el método numérico de Nicholas.
- Tomar varios puntos de muestreo para determinar la geometría del yacimiento ya sea en interior mina y en superficie.
- Para la distribución de leyes del yacimiento es necesario revisar los estudios previos ya sea taladros diamantinos, reportes del área de geología, análisis de laboratorio.
- En la caracterización del macizo rocoso y de la zona mineralizada nos permitirá conocer los métodos clásicos como el conteo de fracturas por metro, el golpe de la picota o mediante la obtención de un testigo de taladro diamantino.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bogdanovic, D., Nikolic, D., & Ivana, I. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 84(1), 219–233. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652012005000013>
- Campos-Arzapalo, E. (1996). *Concepto sistémico en la elección de métodos de explotación minera en los andes peruanos*. 1–13.
- Celedonio, C. S. (2015). *Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforación y voladura y acarreo: caso práctico; una mina subterránea del Norte* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6472>
- Copco, A. (2014). Underground mining. In S. Greenwood Communications (Ed.), *AusIMM Bulletin* (Primera ed, Issue 1).
- Córdova-Mondragón, M. L. (2019). Análisis del método de Corte y relleno ascendente semimecanizado, frente al método Long wall en la producción de mineral del tajo 6520, Nv 2760, Compañía Minera Poderosa S.A. [Universidad Nacional de Piura]. In *Tesis*. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1899/MIN-COR-MON-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DELPHOS, M. P. L. (2010). *Métodos de explotación*. <https://delphoslab.cl/index.php/54-dec/pde-2/281-metodos-de-explotacion>
- Gutiérrez Travezaño, V. M. (2022). Implementación del método de explotación sub Level Stopping en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. In *Cerro de Pasco*. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026\\_71393625\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026_71393625_T.pdf)
- Herrera Herbert, J., & Gómez Jaén, J. P. (2007). *Diseño de explotaciones e infraestructuras mineras subterráneas*. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Oras Subterráneas. <https://oa.upm.es/21841/>
- Inacutipamamani, Y. W. (2019). Cambio de método de minado a corte y relleno ascendente convencional de la farallón en mina SMRL las bravas N° 2 de Ica [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Tesis*.



- <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12373>
- Javanshirgiv, M., & Safari, M. (2017). The selection of an underground mining method using the fuzzy topsis method: A case study in the Kamar Mahdi II fluorine mine. *Mining Science*, 24, 161–181. <https://doi.org/10.5277/msc172410>
- Lezama Machuca, J. M., & Urteaga Flores, G. A. (2020). *Selección del método de minado para la veta vista alegre aplicando el método numérico de Nicholas, La Asunción - Cajamarca 2020* [Uniersidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/26313>
- Llanque, O. E., Navarro, V. F., Durant, J. G., Coila, Y. A., Calderon, R. G., Tapia, H. A., Cuentas, M. S., & Camac, E. A. (1999). *Explotación Subterránea, Métodos y Casos Prácticos*. <https://pdfcoffee.com/explotacion-subterranea-metodos-y-casos-practicos-oscar-llanque-maquera-c-2-pdf-free.html>
- Lopez-Arancibia, Y. B. (2012). *Optimización del método de explotación corte y relleno ascendente para incrementar la producción en la compañía minera Cobre Nazca Unidad Santa - Ana*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- López Aburto, V. M. (1994). *Manual para la selección de métodos de explotación de minas*. Universidad Nacioal Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1769>
- Mamani Huanca, A. W. (2022). Selección del método de explotación subterránea mediante la metodología de Nicholas para la eta Nelly de la empresa minera la Española S.A. [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Tesis*. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Maza Izquierdo, M. A., & Vásquez Rojas, J. A. (2021). *Diseño del método de explotación basado en las características naturales de la Veta El Inca - Unidad de Producción Pallasca* [Universidad César Vallejo]. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendiola Ochante, V. J. (2017). Criterios de diseño para la toma de decisiones en la evaluación de alternativas de minado en Empresas Mineras de la Región Central del Perú. *Prospectiva Universitaria*, 9(1), 55. <https://doi.org/10.26490/uncp.1990->



7044.2012.1.293

- Minaya-Villareal, J. A. (2007). Evaluación de condiciones geomecánicas y viabilidad técnica según metodología numérica D. Nicholas para selección del método de explotación en veta Delia, mina Colquirrumi. In *Tesis* (Vol. 4, Issue None). Universidad Nacional de Trujillo.
- Muñoz Lezma, C. W., & Tomay Teran, J. M. (2020). *Influencia del tipo de yacimiento en la elección del método de explotación de la concesión Collapampa, Cajamarca, 2020* [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/28864>
- Muruaga-Rojas, S. I. (2016). Selección de métodos de explotación para vetas angostas [Universidad de Chile]. In *Tesis* (Issue May). <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139743/Seleccion-de-metodos-de-explotacion-para-vetas-angostas.pdf?sequence=1>
- Ortiz C., J. (2000). CURSO DE EXPLOTACIÓN DE MINAS. In *Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas departamento de Ingeniería de Minas* (p. 338). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería de Minas. [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2015/1/ME5703/1/foro/r/Apuntes\\_de\\_Curso\\_de\\_Explotacion\\_de\\_Minas\\_-\\_Julian\\_Ortiz.pdf](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2015/1/ME5703/1/foro/r/Apuntes_de_Curso_de_Explotacion_de_Minas_-_Julian_Ortiz.pdf)
- Ortiz, C. J. (2011). Métodos de explotación - Selección de método. In *Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería en Minas*.
- Palomino Pacheco, X. O. (2019). *Selección y análisis del método de explotación para el minado del manto Anita en la U.M. Islay - Volcan Compañía Minera S.A.A.* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6184>
- Paz-Zevallos, C. Z. (2019). “*Selección y aplicación del método de explotación por corte y relleno ascendente, para optimizar costos en la veta gino I – Empresa Minera Minas Icas S.A.C. – ICA*” [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Prado-Palomino, P. C. (2017). Evaluación del método de explotación y control de la altura de minado según las condiciones geomecánicas de la veta Daniela en la empresa



especializada Comiluz SAC de Marsa. In *Tesis* (Vol. 4, Issue None). Universidad Nacional de Trujillo.

Torres-Humpiri, C. V. (2019). Selección de métodos de explotación para vetas angostas. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

Torres Figueroa, R. V. (2021). *Geomecánica para la selección del método de explotación del proyecto María José de minera Castor S.A.C. - Año 2019* [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].  
[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033\\_45522655\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2484/T033_45522655_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



## ANEXOS

## Anexo 1 Campamentos

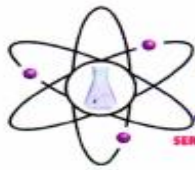


## Anexo 2 Disposición de desmonte





### Anexo 3 Análisis de muestras de mineral veta Benditani - Afloramiento en superficie



**RHLAB S.A.C.**  
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

**RH-M104-2435**

#### INFORME DE ENSAYO

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
A SOLICITUD DE	: BACH, JOHN JOSEPH MELO ARAUJO
ASUNTO	: Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
PROYECTO	: PROPUESTA DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA PARA LA VETA BENDITANI DE LA CONCESIÓN MINERA FLORITA N° 1 POLYGOLD MINERALS S.A.C.
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA	
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 04
SOLICITUD DE ENSAYO	: Análisis Químico elemento Oro (Au) Reconocimiento
RECEPCION DE MUESTRAS	: Bolsa de Plástico Sellado y Codificado
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	: 14/06/2023 al 17/06/2023
<b>DETALLE DEL INFORME</b>	

#### RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tc
1	RH-M107149	VA - 001 GP Benditani	12,560	0,366
2	RH-M107150	VA - 002 GP Benditani	15,583	0,455
3	RH-M107151	VA - 003 GP Benditani	23,562	0,687
4	RH-M107152	VA - 004 GP Benditani	11,234	0,328

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

#### MÉTODOS DE REFERENCIA

\* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método por Vía seca

**RHLAB S.A.C.**  
  
Ing. Víctor Huaynospeta Luque  
GERENTE GENERAL



## Anexo 4 Análisis de muestras de mineral veta Benditani - galería interior mina



**RHLAB S.A.C.**  
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

**RH-M104-2447**

### INFORME DE ENSAYO

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
A SOLICITUD DE :	BACH. JOHN JOSEPH MELO ARAUJO
ASUNTO :	Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
PROYECTO :	PROPUESTA DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA PARA LA VETA BENDITANI DE LA CONCESIÓN MINERA FLORITA N° 1 POLYGOLD MINERALS S.A.C.
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA	
CANTIDAD DE MUESTRAS :	06
SOLICITUD DE ENSAYO :	Análisis Químico elemento Oro (Au) Reconocimiento
RECEPCION DE MUESTRAS :	Bolsa de Plástico Sellado y Codificado
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO :	15/08/2023 al 19/06/2023
<b>DETALLE DEL INFORME</b>	

### RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Au	
			Gr/Tm	Oz/Tc
1	RH-M107188	VA - 005 GP Benditani	18,122	0,529
2	RH-M107189	VA - 006 GP Benditani	15,476	0,451
3	RH-M107190	VA - 007 GP Benditani	17,631	0,514
4	RH-M107191	VA - 008 GP Benditani	19,610	0,572
5	RH-M107192	VA - 009 GP Benditani	17,825	0,520
6	RH-M107193	VA - 0010 GP Benditani	12,693	0,370

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

#### MÉTODOS DE REFERENCIA

\* Determinación de Oro (Au) en mineral - Método por Vía seca

**RHLAB S.A.C.**  
*Roberto Huaynata Inga*  
GERENTE GENERAL

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)  
Cel: 978645480 - 935008140



## Anexo 5 Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JOHN JOSEPH MELO ARAUJO  
, identificado con DNI: 42213569 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

" PROPUESTA DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA PARA LA VETA  
BENDITANI DE LA CONCESIÓN MINERA FLORITA N° 1 POLYGOLD MINERALS S.A.C.

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mí persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de ABRIL del 2024




  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## Anexo 6 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional

	Universidad Nacional del Altiplano Puno		Vicerrectorado de Investigación		Repositorio Institucional
---	--	---	------------------------------------	---	------------------------------

---

**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Por el presente documento, Yo JOHN JOSEPH MELO ARAUJO  
identificado con DNI 42213569 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
INGENIERÍA DE MINAS

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

" PROPUESTA DE SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN PARA LA VETA BENDITANI DE LA CONCESIÓN MINERA FLORITA N° 1 POLYGOLD MINERALS S.A.C.

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexas, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.


Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de ABRIL del 2024

  
FIRMA (obligatoria)

  
Huella