

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“PROPUESTA TÉCNICA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO
DE EXPLOTACIÓN MINERA, EN LA CONCESIÓN
LUMINOSA NUMERO 2A, SAN PABLO 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Bach. César Hernán Angeles Quiroz

Bach. Wilson Cueva Portal

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú

2019



DEDICATORIAS

Apoyarme incondicionalmente, especialmente a mis hijos que, sin su presencia no hubiera tenido la motivación necesaria, para lograr este objetivo académico.

A la memoria de todas las personas que ya partieron al encuentro con el Señor. Especialmente al que fue mi mejor amigo, Luis “Caderita”, que en donde se encuentren, sé que festejan este logro.

A todos los estudiantes, que invirtieron en su educación, estudiando una segunda carrera, y personificaran día a día un ejemplo de superación, sacrificando muchas cosas a cambio de brindar un mejor futuro para los suyos.

Angeles Quiroz, César H.

Dedico esta tesis a dios por haberme dado salud, sabiduría y guiarme para poder lograr mis objetivos. A mi familia, maestros y amigos por acompañarme y guiarme incondicionalmente, para culminar el presente trabajo Académico.

Cueva Portal, Wilson

AGRADECIMIENTO

A todos nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Privada del Norte, filial Cajamarca, que dictaron cátedra en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas, cuando fuimos alumnos, especialmente a nuestro Asesor Ing. Elmer Ovidio Luque Luque. Así como al Jurado por su apoyo y orientación constante. A todos nuestros amigos de las diferentes promociones, que nos alentaron en concluir la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	1
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo general.....	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Hipótesis	14
1.4.1. Hipótesis general	14
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA.....	15
2.1. Tipo de investigación.....	15
2.2. Población y muestra	15
2.2.1. Población	15
2.2.2. Muestra	15
2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	16
2.4. Procedimiento.....	20
CAPÍTULO 3 RESULTADOS	23
3.1. Descripción del área de proyecto.....	23
3.1.1. Ubicación	23
3.1.2. Accesibilidad	24
3.1.3. Clima o vegetación	24
3.1.4. Condiciones geológicas	24
3.1.5. Concesión minera	26
3.2. Determinación de las características geométricas del yacimiento.....	26
3.2.1. Forma o ancho general.....	26
3.2.2. Potencia del mineral	27
3.2.3. Inclinación	28
3.2.4. Profundidad bajo la superficie	30
3.2.5. Distribución de leyes.....	31

3.3. Determinación de las características geomecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes.....	34
3.3.1. Resistencia del macizo rocoso	34
3.3.2. Espaciamiento entre fracturas	44
3.3.3. Resistencia de discontinuidades	48
3.4. Resumen de valores parciales por método de explotación	51
3.4.1. Cielo Abierto	51
3.4.2. Hundimientos por bloques	52
3.4.3. Cámaras por subniveles	53
3.4.4. Hundimientos por subniveles.....	54
3.4.5. Tajeo largo	55
3.4.6. Cámaras y pilares	56
3.4.7. Cámaras almacén.....	57
3.4.8. Corte y relleno.....	58
3.4.9. Entibación con marcos.....	59
CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
4.1. Discusión	65
4.2. Conclusiones	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	16
Tabla 2 Definición de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes	16
Tabla 3 Características geo mecánicas del macizo rocoso	17
Tabla 4 Clasificación de la geometría y distribución de leyes, para los diferentes métodos de explotación minera.....	18
Tabla 5 Clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”	19
Tabla 6 Clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”.....	19
Tabla 7 Clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Pared o Caja Piso (Footwall)”	20
Tabla 8 Criterios de influencia o de peso	20
Tabla 9 Coordenadas UTM del área de investigación.....	23
Tabla 10 Acceso a la Concesión Luminosa 2A.....	24
Tabla 11 Forma o ancho general.....	26
Tabla 12 Potencia del mineral	27
Tabla 13 Inclinación	28
Tabla 14 Profundidad bajo la superficie	30
Tabla 15 Distribución de leyes	31
Tabla 16 Resumen de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes	34
Tabla 17 Resistencia del macizo rocoso	34
Tabla 18 Resumen de resistencia a la compresión simple	42
Tabla 19 Valores parciales asignados para “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”	43
Tabla 20 Valores parciales asignados para “Pared o Caja Piso (Footwall)”	43
Tabla 21 Valores parciales asignados para “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”	44
Tabla 22 Espaciamiento entre fracturas	44
Tabla 23 Resumen de presencia de fracturas	47
Tabla 24 Valores parciales seleccionados para “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”	47
Tabla 25 Valores parciales seleccionados para “Pared o Caja Piso (Footwall)”.....	47
Tabla 26 Valores parciales seleccionados para “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”	48
Tabla 27 Resistencia de discontinuidades	48
Tabla 28 Valores seleccionados de resistencia de discontinuidades para “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”	49

Tabla 29 Valores seleccionados de resistencia de discontinuidades para “Pared o Caja Piso (Footwall)”	50
Tabla 30 Valores seleccionados de resistencia de discontinuidades para “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”	50
Tabla 31 Valores parciales asignados para el método a Cielo Abierto	51
Tabla 32 Valores parciales asignados para el método a Hundimientos por bloques	52
Tabla 33 Valores parciales asignados para el método de Cámaras por subniveles	53
Tabla 34 Valores parciales asignados para el método de Hundimientos por subniveles	54
Tabla 35 Valores parciales asignados para el método de Tajeo largo	55
Tabla 36 Valores parciales asignados para el método de Cámaras y pilares	56
Tabla 37 Valores parciales asignados para el método de Cámaras almacén	57
Tabla 38 Valores parciales asignados para el método de Corte y relleno	58
Tabla 39 Valores parciales asignados para el método de Entibación con marcos	59
Tabla 40 Resumen de los valores asignados por cada método de explotación	60
Tabla 41 Método de explotación ordenados según han obtenido mayores puntajes a menores	60
Tabla 42 Método de explotación que pueden aplicarse en la Concesión Minera Luminosa número 2A	61
Tabla 43 Criterios de influencia o de peso	61
Tabla 44 Valores de puntuación afectados con los factores del Criterio de influencia N° 01	62
Tabla 45 Valores de puntuación afectados con los factores del Criterio de influencia N° 02	63
Tabla 46 Valores de puntuación afectados con los factores del Criterio de influencia N° 03	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Toma de coordenadas con GPS navegador.....	23
Figura 2. Forma del yacimiento.....	27
Figura 3. Medida de la potencia de la veta.....	28
Figura 4. Medida de la inclinación de Caja techo.....	29
Figura 5. Lectura de la inclinación de la Caja techo.....	29
Figura 6. Profundidad bajo la superficie.....	30
Figura 7. Toma de muestra de mineral en la entrada del desarrollo.....	31
Figura 8. Toma de muestra de mineral en intermedio del desarrollo.....	32
Figura 9. Toma de muestra de mineral en el final del desarrollo.....	32
Figura 10. Resultados de leyes del mineral existente.....	33
Figura 11. Recojo de muestra de caja Techo.....	35
Figura 12. Recojo de muestra de caja Piso.....	35
Figura 13 Recojo de muestra de mineral.....	36
Figura 14 Preparación de las muestras con martillo.....	36
Figura 15 Selección de la mejor muestra.....	37
Figura 16 Muestra de Caja Techo.....	37
Figura 17 Muestra de Caja Piso.....	38
Figura 18 Muestra de mineral.....	38
Figura 19 Determinación de la resistencia en laboratorio.....	39
Figura 20 Ensayo de la muestra Caja Techo.....	39
Figura 21 Ensayo de la muestra caja Piso.....	40
Figura 22 Ensayo de la muestra de Mineral.....	40
Figura 23 Resultado de la resistencia de la muestra Caja Techo.....	41
Figura 24 Resultado de la resistencia de la muestra Caja Piso.....	41
Figura 25 Resultado de la resistencia de la muestra de mineral.....	42
Figura 26 Número de fracturas en Caja Techo.....	45
Figura 27 Número de fracturas en Caja Piso.....	46
Figura 28 Número de fracturas en Mineral.....	46
Figura 29 Resistencia de Discontinuidades (PR).....	49
Figura 30 Representación de las puntuaciones de los métodos elegibles, luego de ser afectados con los factores del Criterio de influencia No 01.....	62
Figura 31 Representación de las puntuaciones de los métodos elegibles, luego de ser afectados con los factores del Criterio de influencia No 02.....	63

Figura 32 Representación de las puntuaciones de los métodos elegibles, luego de ser afectados con los factores del Criterio de influencia N° 03.....	64
Figura 33: Plano Topográfico	69
Figura 34: Resumen de la Concesion Minera	70
Figura 35 implementación de chimeneas con el método vcr – consorcio minero horizonte.....	74
Figura 36: Corte Y Relleno Descendente Convencional	74
Figura 37: Recuperación de rellenos Detriticos Mediante SLS: A Partir del enriquecimiento de Rellenos Detríticos De Minado Anterior.	75
Figura 38: Vista panorámica del mineral a extraer	75
Figura 39: Planificación de cortes al macizo y rocoso	76
Figura 40: Galería	76
Figura 41: Rampas de Acceso	77
Figura 42: subniveles	77
Figura 43: Chimenea	78
Figura 44: Perforación con maquinaria Jumbo	79
Figura 45: Carga y Voladura,.....	80
Figura 46: Extracción de los gases tóxicos producto del proceso de voladura	80
Figura 47: Transporte y limpieza del material obtenido por el proceso de voladura, ...	81
Figura 48: Relleno con material detrítico.....	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, es titulado “Propuesta técnica de aplicación del método de explotación minera, en la concesión Luminosa Numero número 2A, San Pablo 2019”, el cual tiene por objetivo: “Elaborar una propuesta técnica para la aplicación del método de explotación en la concesión minera Luminosa número 2A, San Pablo 2019”. Para lograr cumplir con el objetivo se desarrolló una investigación del tipo no experimental, de carácter transversal y de nivel descriptivo, a partir de ello se determinaron las características de la geometría del depósito en estudio, las condiciones del terreno del pendiente (Caja Techo), las condiciones del terreno del yacente (Caja Piso) y las condiciones del terreno en la zona del mineral, para garantizar un mayor porcentaje de recuperación de reservas en comparación a otros métodos, para ello se siguió la metodología propuesta por Nicholas. El trabajo inició con la visita a la zona del proyecto, en tal lugar se recogió la información necesaria para el desarrollo de la investigación, así como se tomaron las medidas del macizo rocoso, se extrajeron muestras de la caja techo y caja piso; para que sean analizadas en laboratorio y se determine su resistencia a la compresión. También, se recogieron muestras de mineral con la finalidad de determinar que minerales y con qué leyes se encuentran, ello se realizó en el laboratorio de la Empresa SGS.

La presente concluye que la Concesión Minera Laminosa número 2A, debe de explotarse a través del método de Corte y Relleno. Adicionalmente, también pueden usarse los métodos en el siguiente orden: Entibación con marcos, Cielo abierto, Cámaras almacén, Cámaras y pilares. Sin embargo, no se recomienda que se usen los métodos de Hundimientos por bloques, Tajeo largo, Hundimiento por subniveles y Cámaras por subniveles, ya que presentan condiciones desfavorables.

Palabras clave: Concesión minera, método de explotación minera, geometría del depósito, caja techo, caja piso, zona de mineral.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

De la Cruz, y otros (2010). Indico que en el nuestro país tenemos yacimientos minerales en la costa y en la sierra (andes peruanos), en los que se puede encontrar la mineralización en forma de vetas, mantos y cuerpos. Las empresas mineras de acuerdo al tipo de yacimiento y algunos criterios eligen el método de explotación. Por el volumen de producción, puede ser de la gran minería, mediana minería, pequeña minería y minería artesanal. Luego de la independencia del Perú, casi todas las minas han sido abandonadas porque los trabajadores eran los naturales (indios) del imperio incaico, quienes fueron esclavizados por los invasores (españoles) que trabajaban con mano de obra sin costo alguno. Cuando quisieron reiniciar las operaciones mineras, ningún peón quería ir a la mina porque “ir a la mina era ir a morir”. Hasta que los gobernantes de ese entonces (1895) ofrecieron muchas ventajas a los extranjeros para que puedan explotar minas en el Perú, razón por la que en 1905 llega al Perú una empresa norteamericana que en 1915 llega a formar la Cerro de Pasco Corporation, que funcionó hasta 1974, año en que fue nacionalizada. Esta empresa implementa tecnologías de explotación en seis grandes unidades mineras ubicadas en la región central del Perú, con profesionales mineros, geólogos y químicos, generalmente, que por requerimiento de la mediana y pequeña minería, migran con el Know How adquirido y así iban implementando técnicas a nivel de mediana y pequeña minería del Perú, las que actualmente se conocen como corte y relleno ascendente y descendente, corte reducción, hundimiento de bloques y la formación de cuadros o enmaderado.

Llanque et al, (1999) indica que el objetivo principal es diseñar un sistema de extracción apropiado bajo las características actuales del yacimiento explorado. Esto puede ser interpretado como el camino para alcanzar la máxima utilidad de la operación, pero la decisión se basa en factores técnicos; por ejemplo, alta productividad, extracción total del mineral, condiciones de trabajo seguro, etc. Los factores que tienen mayor peso en la primera etapa de selección son la geometría, la distribución de leyes del depósito, las propiedades geo mecánicas del mineral y estéril adyacente, mediante el análisis de esos factores se obtendrá una primera

clasificación y ordenación de los métodos de explotación para su aplicación más adecuada desde la perspectiva netamente técnica. En la segunda etapa, se procederá a la evaluación económica, basada sobre un esquema general de explotación, así como el estudio complementario del ritmo de producción, ley de corte, necesidades de personal, impacto ambiental, procedimientos de restauración y otras consideraciones específicas. Con todo ello se determina el método de explotación óptimo y la rentabilidad económica del mismo. Al respecto, Nicholas, D., menciona que “el estudio de la posibilidad de lección del método de explotación comprende varias fases. En la primera se describe la geometría del yacimiento, la distribución de la ley del mineral y las propiedades geo mecánicas de las rocas. Para con ello eliminar a aquellos métodos que no se adapten a los parámetros ya definidos para el yacimiento.

De acuerdo a la geometría del manto, características geomecánicas del mineral y las paredes adyacentes (caja techo y caja piso), determinó que el método de explotación Long wall mining o tajeo largo es técnicamente aplicable para la explotación del manto de carbón de la mina Piñipata. (Cueva & Rojas, 2018).

(Huaynalaya 2019) indica que para evaluar técnico económico el cuerpo Santa Rosa y su aplicación del método de minado sublevel stoping, es necesario realizar la evaluación geomecánica y su trade off respectivo. La implementación del método de explotación por sublevel stoping de acuerdo a los parámetros geomecánicos permiten y sugieren dimensiones recomendadas de 8m de ancho, 45m de largo y 19m de altura de tajeo.

Cabello (2008) en su investigación denominada “Selección del método de explotación para la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca, Ayacucho”, fundamenta su análisis en las condiciones geológicas, geométricas, hidrogeológicas, el estudio geo mecánico de la veta Piedad y su entorno físico como base para seleccionar técnicamente los métodos aplicables para la explotación minera. El mismo que concluye que el “Corte & Almacenamiento Provisional” es el método Óptimo para la explotación de la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca.

Gago (1996) indica que la geometría del macizo rocoso, la distribución de valores, las resistencias de la roca estructura mineralizada, el costo de producción, la

recuperación, las condiciones ambientales y la seguridad son parámetros para la selección numérica del método de explotación. Para finalizar concluye, que estos parámetros se deben examinar con rigurosidad para efectos de evaluación, revisión y selección de un método de explotación.

En la concesión minera Luminosa 2A, no se sabe cuál es el método de explotación minera, que se adecue a las características Geometría del depósito, de las condiciones del terreno del pendiente (Caja Techo), de las condiciones del terreno del yacente (Caja Piso) y de las condiciones del terreno en la zona del mineral. Sin embargo, en la actualidad se vienen realizando trabajos (75 m. de desarrollo), sin ningún tipo de asesoramiento técnico-profesional, poniendo en riesgo la integridad física de los trabajadores. Ante tal situación, en la presente investigación tendrá la finalidad de presentar una propuesta técnica de aplicación del método de explotación minera, en la concesión Luminosa Numero número 2A, siguiendo la metodología propuesta por Nicholas, para solucionar la problemática existente y se retomen los trabajos.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál sería la propuesta técnica de aplicación, del método de explotación minera en la Concesión Luminosa número 2A, San Pablo 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta técnica para la aplicación del método de explotación en la concesión minera Luminosa número 2A, San Pablo 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la geometría del yacimiento.
- ✓ Determinar las características geomecánicas del yacimiento
- ✓ Determinar las características geomecánicas de las rocas encajonantes.
- ✓ Proponer el método de explotación para el yacimiento minero

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La metodología de Nicholas (1981), que se sigue para la selección del método de explotación minera, es aplicable en la mina Luminosa Numero 2A, San Pablo 2019.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Hernández, R (2014) tipifica a las investigaciones No Experimentales de la siguiente manera:

a) Longitudinales

- Por su propósito, ya que analizan cambios a través del tiempo.
- Por su tipo, son investigaciones de diseños de tendencias, etc.

b) Transversales

- Por su característica, a través de una recolección de datos en un único momento.
- Por su tipo. Pueden ser: Exploratorios, Descriptivos, etc. (p.127)

En las investigaciones “No Experimentales” se observan situaciones ya existentes (no provocadas intencionalmente en la investigación). Además, se determinó es del Carácter Transversal, ya que éstas tienen por características, que el investigador recolecte información (datos) en un determinado momento, para luego identificar variables y analizar su correlación. Para finalizar es de Nivel Descriptivo, ya que se estudió la variable identificada, utilizando el diseño estratificado para la contrastación de la hipótesis. En resumen, la presente es del **Tipo No Experimental, de Carácter Transversal y de Nivel Descriptivo.**

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Toda la veta Murciélago, en la concesión minera Luminosa Número 2A.

2.2.2. Muestra

75m. de veta Murciélago, en la concesión minera Luminosa Número 2A.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

Tabla 1 Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

Métodos	Instrumentos	Materiales	
Observación	De campo	Guías	Libreta de apuntes
		Ficha	Formato de campo
		Tomas fotográficas	Fotografía
De laboratorio		Normas Técnicas Peruanas	Formato estándar
		Ficha de resultados	Informe
		Tomas fotográficas	Fotografía

Fuente: Nicholas (1981)

Para seleccionar el método de explotación minera en la Concesión Minera “Luminosa”, utilizaremos los cuadros propuestos por Nicholas, los mismos que se muestran a continuación:

Tabla 2 Definición de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes

A)	B)	C)	D)	E)
Forma o ancho general	Potencia del mineral	Inclinación	Profundidad bajo la superficie	Distribución de leyes
<u>Equidimensional o masivo (M)</u> Todas las dimensiones son de igual orden de magnitud.	<u>Delgado(A)</u> Menos de 10 m.	<u>Horizontal (Hz)</u> Menos de 20°	<u>Pequeña (A)</u> Menos de 150 m.	<u>Uniforme (U)</u> El grado de cualquier punto en el depósito no varía significativamente del grado medio de ese depósito.
<u>Tabular o laminado (T)</u> Dos dimensiones tienen varios intervalos de grosor, las cuales no exceden usualmente los 100 m.	<u>Intermedio (In)</u> De 10 m. a menos de 30 m.	<u>Intermedio (In)</u> De 20° a menos de 55°	<u>Intermedia (In)</u> De 150 m. a menos de 600 m.	<u>Gradual o diseminado (D)</u> Los valores de los grados de distribución tienen zonas características, y cambian gradualmente desde una a otra zona.

<u>Irregular (Ir)</u>	De Potente a muy potente	<u>Inclinado</u> o <u>Empinado</u>	<u>Empinada (E)</u>	<u>Errático (Er)</u>
Las dimensiones varían en distancias cortas.	<u>(G-MG)</u>	<u>(E)</u>	Más de 600 m.	El valor de los grados cambian radicalmente en distancias cortas y no muestran un patrón discernible en sus cambios.
	De 30 m. a más.	Más de 55°		

Fuente: Nicholas (1981)

Tabla 3 Características geo mecánicas del macizo rocoso

F)	G)	H)	I)
Resistencia del macizo rocoso	Espaciamiento entre fracturas N° fracturas (m.)	RQD (%)	Resistencia de las discontinuidades
<u>Poco resistente(PR)</u>	De muy cerrado (MC) a cerrado (C)		Poco resistente(PR)
Menos de 8 Mpa.	Más de 10 fracturas.	Menos del 40%.	Discontinuidades limpias con una superficie lisa o rellena con un material menos resistente que el macizo rocoso.
		Ancho (A)	
<u>Moderado (M)</u>	De 3 a menos de 10 fracturas.	Del 40% al 70%.	<u>Moderado(M)</u>
De 8 Mpa. a menos de 15 Mpa.		Muy ancho (MA)	Discontinuidades limpias con superficie áspera.
<u>Resistente (R)</u>	Menos de 3 fracturas.	Más del 70%.	<u>Resistente(R)</u>
Más de 15 Mpa.			Discontinuidades rellenas con un material que es igual o más resistente que el macizo rocoso.

Fuente: Nicholas (1981)

Tabla 4 Clasificación de la geometría y distribución de leyes, para los diferentes métodos de explotación minera.

Método de Explotación	Forma del yacimiento			Potencia del mineral				Inclinación			Distribución de leyes		
	M	T	Ir	A	In	G	MG	Hz	In	E	U	D	Er
Cielo abierto	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Hundimientos por bloques	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
Cámaras por subniveles	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
Hundimiento por subniveles	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0
Tajeo largo	-49	0	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
Cámaras y pilares	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
Cámaras almacén	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1
Corte y relleno	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3
Entibación con marcos	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3

Fuente: Nicholas (1981)

Tabla 5 Clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”.

Método de Explotación	Resistencia de la Roca			Espaciamiento entre Fractura				Resistencia discontinuidades		
	PR	M	R	MC	C	A	MA	PR	M	R
	Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3
Hundimientos por bloques	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Tajeo largo	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Cámaras almacén	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
Entibación con marcos	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

Fuente: Nicholas (1981)

NOMENCLATURA:

PR : Poco Resistente; **M** : Moderado; **R** : Resistente; **MC** : Muy Cerrado; **C** : Cerrado; **A** : Ancho; **MA** : Muy Ancho.

Tabla 6 Clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”.

Método de Explotación	Resistencia de la Roca			Espaciamiento entre Fractura				Resistencia discontinuidades		
	PR	M	R	MC	C	A	MA	PR	M	R
	Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3
Hundimientos por bloques	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Cámaras por subniveles	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subniveles	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Tajeo largo	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Cámaras almacén	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Entibación con marcos	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

Fuente: Nicholas (1981)

NOMENCLATURA:

PR : Poco Resistente; **M** : Moderado; **R** : Resistente; **MC** : Muy Cerrado; **C** : Cerrado; **A** : Ancho; **MA** : Muy Ancho.

Tabla 7 Clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Pared o Caja Piso (Footwall)”.

Método de Explotación	Resistencia de la Roca				Espaciamiento entre Fractura				Resistencia discontinuidades		
	PR	M	R	MC	C	A	MA	PR	M	R	
	Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimientos por bloques	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3	
Cámaras por subniveles	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4	
Hundimiento por subniveles	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4	
Tajeo largo	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3	
Cámaras y pilares	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3	
Cámaras almacén	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3	
Corte y relleno	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	
Entibación con marcos	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2	

Fuente: Nicholas (1981)

NOMENCLATURA:

PR : Poco Resistente; **M** : Moderado; **R** : Resistente; **MC** : Muy Cerrado; **C** : Cerrado; **A** : Ancho; **MA** : Muy Ancho.

Tabla 8 Criterios de influencia o de peso

Descripción	C1	C2	C3
Geometría del depósito	1.00	1.00	1.00
Condiciones del terreno del pendiente (Caja Techo)	0.75	0.60	0.38
Condiciones del terreno del yacente (Caja Piso)	0.60	0.38	0.75
Condiciones del terreno en la zona del mineral	0.38	0.75	0.60

Fuente: Nicholas (1981)

2.4. Procedimiento

Pese que en la actualidad se conoce que, para la selección del método de explotación minera, existen investigadores tales como: Boshkov and Wright (1973); Hartman (1987); Morrison (1976); Laubscher (1981) y Nicholas (1981), que propusieron una metodología todas relacionadas pero diferentes. Para nuestro

caso utilizaremos la recomendada por éste último, que toma para ello, características del cuerpo mineralizado, su distribución de leyes, etc. Para mayor detalle se describe a continuación lo siguiente:

- a. revisada la bibliografía propuesta por Nicholas (1981) y otros autores que investigaron sobre su metodología para la elección del método de explotación minera, se elaboraron los formatos y material para la recolección de datos y muestras en campo. Para luego visitar campo.
- b. De la Tabla 2, referente a la definición de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes, en la columna A) podemos determinar la forma o ancho general del depósito o yacimiento minero. Caracterizando si éste es: Equidimensional o masivo, Tabular o Irregular; en la columna B) veremos si el grosor de la mena es: Delgado, Intermedio, Potente o Muy potente; en la columna C) si el yacimiento presenta inclinación: Horizontal, Intermedia o Inclinado; mientras que en la columna D) está relacionada a la profundidad bajo la superficie y si ésta es: Pequeña, Intermedia o Empinada; Por último, en la columna en la columna E) se verá como es el grado de distribución de leyes en el deposito o yacimiento minero y si éste es: Uniforme, Gradual (diseminado) o Errático.
- c. De la Tabla 3, se podrá determinar las características geo mecánicas del macizo rocoso, para tal efecto en la columna F) se determinará si el macizo rocoso es Poco resistente, Moderado o Resistente; en las columnas G) y H) son las que están relacionadas al espaciamiento entre fracturas, la primera al número de fracturas y la segunda al RQD(%); para finalizar en la columna I) se sabrá la resistencia de las discontinuidades del macizo rocoso.
- d. Para la clasificación de la geometría y distribución de leyes, para los diferentes métodos de explotación minero, se deberá conocer la forma del yacimiento, potencia del mineral, la inclinación y grado de distribución de leyes, se asignarán valores numéricos conforme se indica en la Tabla 4, obteniéndose valores parciales para cada método de explotación: Cielo abierto, Hundimientos por bloques, Cámaras por subniveles, Hundimiento por subniveles, Tajeo largo, Cámaras y pilares, Cámaras almacén, Corte y relleno y Entibación con marcos.
- e. Para la clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Zona de Mena (Ore Zone o

Zona de Mineral o del depósito)”, se deberá conocer la resistencia de la roca, el espaciamiento entre fracturas y la resistencia de discontinuidades, se asignarán valores numéricos conforme se indica en la Tabla 5, obteniéndose valores parciales para cada método de explotación indicados en el párrafo anterior.

- f. Para la clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”, se deberá conocer la resistencia de la roca, el espaciamiento entre fracturas y la resistencia de discontinuidades y se asignarán valores numéricos conforme se indica en la Tabla 6, obteniéndose valores parciales para cada método de explotación indicados.
- g. Para la clasificación de las características geo-mecánicas de la roca para los diferentes métodos de explotación minero, según “Pared o Caja Piso (Footwall), se deberá conocer la resistencia de la roca, el espaciamiento entre fracturas y la resistencia de discontinuidades y se asignarán valores numéricos conforme se indica en la Tabla 7, obteniéndose valores parciales para cada método de explotación indicados.
- h. Se tendrá cuidado en sumar los parciales, por cada método de explotación minera y ordenar en orden del que obtenga mayor valor al menor. Adicionalmente se podrá graficar los resultados luego de haber aplicado los criterios de influencia citados en la Tabla 8. Lo último con la finalidad de tener la seguridad de que el método de explotación minera elegido es el más adecuado.

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

Los resultados que se muestran, están en función del tipo de investigación, población y muestra, método de recolección de datos, instrumentos y el procedimiento descrito en el capítulo anteriormente, el mismo que se muestra a continuación:

3.1. Descripción del área de proyecto

3.1.1. Ubicación

La concesión Luminosa número 2A, se encuentra ubicado en:

- Departamento : Cajamarca
- Provincia : San Pablo
- Distrito : San Bernardino

La zona de estudio se encuentra las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 9 Coordenadas UTM del área de investigación

Punto	Este	Norte
Entrada	737379.98	9205505.80
Fondo	737389.73	9205503.03

Fuente: Datos tomados en campo.



Figura 1. Toma de coordenadas con GPS navegador
Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Accesibilidad

El acceso al proyecto se realiza mediante la siguiente ruta:

Tabla 10 Acceso a la Concesión Luminosa 2A.

Origen - Destino	Distancia (km)	Estado de carretera
Cajamarca - Chilete	87.2	Asfaltada
Chilete - Desvío Paredones	17	Asfaltada
Desvío Paredones – Concesión	16	Trocha Afirmada

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Clima o vegetación

El clima por lo general es cálido y seco durante casi toda la mayor parte del año, con temperatura promedio anual que varía entre 18 y 28°C, presentándose entre los meses de junio y agosto las mayores temperaturas.

Muestra un microclima seco, caracterizado por la ausencia de precipitaciones pluviales, esto es influenciado por la basta cubierta rocosa permitiendo que la zona muestre escasos recursos vegetales y de poco aprovechamiento para los organismos residentes, en los meses de diciembre y enero se aprovecha la humedad y algunos hualangos, cactus y árboles de pate, así como brotes de forrajes tienden a verdecer la cubierta superficial de esta zona.

3.1.4. Condiciones geológicas

El yacimiento está localizado en la faja volcánica cretácica – Neógeno de los Andes del Norte del Perú, que se extienden en dirección NW-SE y regionalmente corresponde al grupo Calipuy, ya que es parte de las formaciones Volcánico San pablo, Volcánico Huambos, Volcánico Tembladera y Volcánico Chilete. Localmente las rocas aflorantes tienen flujos de composición andesíticas con intrusión Diorítica. (Rivera, 1980).

- **Volcánico Tembladera (Pe-Vt):**

Consta de secuencias de rocas volcánicas de composición andesítica con matriz de color gris verdoso, presentan textura porfirítica de grano fino a medio. Litológicamente la parte inferior se compone de bancos andesíticos que se intercalan con brechas de la misma naturaleza, con matrices grises verdosa y gris claro, hacia la parte superior abundan flujos piroclásticos pseudo estratificados en capas delgadas con presencia de flujos lávicos

Edad y correlación. - En ausencia de datos paleontológicos y radiométricos, la edad del volcánico Tembladera puede definirse en base a sus relaciones estratigráficas, la unidad reposa en discordancia angular sobre las series Cretácicas marinas en algunos lugares. Así mismo infrayace en discordancia al Volcánico Chilete, por lo que esta Formación corresponde a una de las primeras fases del vulcanismo Paleógeno- Eoceno (INGEMMET, 2007)

- **Volcánico Chilete: (Po-Vch)**

Flujos, tobas y materiales volcánicos de color verde violáceo a gris claro, de composición andesítica, con clastos sub redondeados y transportados, cubren gran porcentaje del área de estudio, presenta hidrofracturamientos rellenos de sulfatos (Yeso, Baritina) y carbonatos (Malaquita) en las proximidades cercanas al cuerpo intrusivo.

Edad y correlación. - Por ausencia de datos paleontológicos y radiométricos, básicamente por sus relaciones estratigráficas, la edad de esta formación asignada es de Paleógeno, Oligoceno (INGEMMET, 2007).

- **Volcánico San Pablo: (Po-VSp)**

Esta unidad consiste en pseudo estratos gruesos de rocas volcánicas d composición andesítica, intercaladas en los niveles superficiales con flujos piroclásticos y tobas bien sedimentados. Los afloramientos de esta formación se hallan según la data del INGEMMET en la cima del cerro Huayrapongo. El volcánico San Pablo yace con suave discordancia

erosional al volcánico Chilete e infrayace al volcánico Huambos en igual relación.

Edad y correlación. - Estimada en base a discordancias, mineralización e intensidad de deformación se postula que la edad de acumulación de este material lítico tuvo lugar durante el Paleógeno – Oligoceno. (INGEMMET, 2007).

3.1.5. Concesión minera

La concesión minera lleva por nombre Luminosa número 2A, cuenta con 53.15 Has. disponibles. Se encuentra ubicada en: distrito San Bernardino, Provincia de San pablo y región Cajamarca. El titular es: S.M.R.L. INCOGNITA 2005; con un porcentaje del 100%. Su código es 01027320, es un yacimiento con presencia de elementos metálicos.

3.2. Determinación de las características geométricas del yacimiento

Las características geométricas del yacimiento o depósito que se evaluarán en la presente investigación será: Forma o ancho general, Potencial del mineral, Inclinación y Profundidad bajo la superficie. Mientras que el grado de distribución de leyes, se determinará en los laboratorios de la Empresa SGS, con la finalidad de determinar si el yacimiento es: Uniforme, Gradual (Diseminado) o Errático.

3.2.1. Forma o ancho general

Tabla 11 Forma o ancho general

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Nomenclatura</i>
Equidimensional o masivo	Todas las dimensiones son de igual orden de magnitud.	M
Tabular o laminado	Dos dimensiones tienen varios intervalos de grosor, las cuales no exceden usualmente 100 m.	T
Irregular	Las dimensiones varían en distancias cortas.	Ir

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Forma del yacimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Tal como se puede observar en la Figura 2. y lo considerado en la Tabla 11, concluimos que el depósito o yacimiento presenta forma Tubular (T).

3.2.2. Potencia del mineral

Tabla 12 Potencia del mineral

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Nomenclatura</i>
Delgado o angosto	Menos de 10 m.	A
Intermedio	De 10 m. a menos de 30 m.	In
De potente a muy potente (De grueso a muy grueso)	De 30 m. a más.	G-MG

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Medida de la potencia de la veta.

Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede observar en la **Figura 3**, la medida tomada de la potencia del proyecto fue de 3.5m. el mismo que es constate durante todo el desarrollo. Por lo que según la **Tabla 12**, le corresponde una caracterización de **Angosto (A)**.

3.2.3. Inclinación

Tabla 13 Inclinación

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Nomenclatura</i>
Horizontal	Menos de 20°	H_z
Intermedio	De 20° a menos de 55°	In
Inclinado o Empinado	Más de 55°	E

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Medida de la inclinación de Caja techo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Lectura de la inclinación de la Caja techo.

Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede observar en la **Figura 4** y **Figura 5**, la medida tomada de la inclinación con el apoyo de la brújula, fue de 88° . Por lo que según la **Tabla 13**, le corresponde una caracterización de Inclinado o empinado (**E**).

3.2.4. Profundidad bajo la superficie

Tabla 14 Profundidad bajo la superficie

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Nomenclatura</i>
Pequeña	Menos de 150 m.	P
Intermedio	De 150 m. a menos de 600 m.	In
Empinada	Más de 600 m.	E

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Profundidad bajo la superficie

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se puede observar en la Figura 6, la profundidad bajo la superficie es menor de 150m. Por lo que según la Tabla 14, le corresponde una caracterización de Pequeña (P).

3.2.5. Distribución de leyes

Tabla 15 Distribución de leyes

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Nomenclatura</i>
Uniforme	El grado de cualquier punto en el depósito no varía significativamente del grado medio de ese depósito.	U
Diseminado	Los valores de los grados de distribución tienen zonas características, y cambian gradualmente desde una a otra zona.	D
Errático	El valor de los grados cambia radicalmente en distancias cortas y no muestran un patrón discernible en sus cambios.	Er

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Toma de muestra de mineral en la entrada del desarrollo.

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Toma de muestra de mineral en intermedio del desarrollo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Toma de muestra de mineral en el final del desarrollo
Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede observar en la **Figura 7**, **Figura 8** y **Figura 9**, se tomaron muestras en la entrada, parte intermedia y al final del desarrollo. Para luego, llevarlas al laboratorio de la Empresa SGS, con la finalidad de identificar que minerales se encuentran presentes y con qué leyes. Los resultados arrojaron una Uniforme distribución de leyes Por lo que según la **Tabla 15**, le corresponde una caracterización de Uniforme (U). A continuación, pondremos los resultados obtenidos:



INFORME DE ENSAYO
GQ1904349 Rev. 0

Página 1 de 2

Esquema	Método
PRP93	Pesado, secado 100°C, chancado - 10 mesh >90%, cuarteo, pulverizado de 250 g -140 mesh >95 %
ICP40B	SGS-MN-ME-41 /Octubre 2018 Rev.09 / Muestras de Exploración Geoquímica - Digestión Total - ICPOES
PMI_CH	Peso de Muestra Recibido
PMI_M10	ASTM E 389-69 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and coarser for Metal bearing ores and related materials

Elemento	Ag	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Límite de Detección	0.2	3	1	0.5	5	0.01	1	1
FRENTE	14.2	26	1301	0.6	21	0.14	9	5
BOCAMINA	7.1	31	1019	1.1	5	0.14	6	9
PARTE CENTRALGALERIA	6.0	51	413	0.5	<5	0.10	7	6
DUP PARTE CENTRALGALERIA	6.4	52	403	0.5	<5	0.10	6	6

Elemento	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Li	Mg
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%
Límite de Detección	1	0.5	0.01	10	0.01	0.5	1	0.01
FRENTE	326	576.5	5.19	<10	0.76	1.9	94	0.23
BOCAMINA	231	2039.6	10.76	15	1.15	3.2	130	0.34
PARTE CENTRALGALERIA	502	1419.0	6.16	<10	0.63	1.3	126	0.17
DUP PARTE CENTRALGALERIA	512	1407.4	6.34	<10	0.64	1.5	126	0.17

Elemento	Mn	Mo	Na	NaCl	Nb	Ni	P	Pb
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	%	ppm
Límite de Detección	2	1	0.01	0.01	1	1	0.01	2
FRENTE	4533	4	0.41	0.67	17	8	0.03	6924
BOCAMINA	3586	5	0.25	0.42	10	9	0.05	3596
PARTE CENTRALGALERIA	6356	8	0.12	0.20	5	10	0.02	2916
DUP PARTE CENTRALGALERIA	6557	9	0.13	0.21	4	10	0.02	2934

Elemento	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Ti	Tl	V
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Límite de Detección	0.01	5	0.5	10	0.5	0.01	2	2
FRENTE	0.10	33	5.5	<10	49.6	0.09	<2	47
BOCAMINA	0.05	31	11.6	<10	43.4	0.14	<2	99
PARTE CENTRALGALERIA	0.02	40	4.8	<10	78.1	0.05	<2	48
DUP PARTE CENTRALGALERIA	0.02	38	4.7	<10	79.6	0.06	<2	46

Elemento	W	Y	Zn	Zr	Peso Muestra	P_MEN10
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	PMI_CH	PMI_M10
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	g	%
Límite de Detección	10	0.5	0.5	0.5		
FRENTE	<10	5.6	1440.3	50.7	990.0	92.11
BOCAMINA	<10	7.5	895.6	55.1	1275	--
PARTE CENTRALGALERIA	<10	4.6	1390.7	16.5	540.0	--
DUP PARTE CENTRALGALERIA	<10	4.4	1367.3	17.1	--	--

Notas de Almacenaje:

Pasado el plazo de almacenamiento de 90 días para Remanentes o Pulpas y 30 días para Rechazos o Gruesas, se procederá a descartar las muestras. Favor no considerar esta información si se presentaran instrucciones al inicio del servicio.

Emitido en Callao-Perú el, 24/10/2019

Figura 10. Resultados de leyes del mineral existente.

Fuente: Informe GQ1904349 de SGS.

Para concluir, esta primera parte de la definición de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes, se muestra la Tabla 16, con el resumen de los datos encontrados.

Tabla 16 Resumen de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes

<i>Tipo</i>	<i>Resultado</i>	<i>Nomenclatura</i>
Forma	Tabular	T
Potencia del mineral	Estrecha o Angosta	A
Inclinación	Inclinado o Empinado	E
Distribución de leyes	Uniforme	U

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinación de las características geomecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes.

Para determinar las características geomecánicas del yacimiento o macizo rocoso, se tomará en cuenta los siguiente: Resistencia del macizo rocoso, Espaciamiento entre facturas (Numero de fracturas y RQD) y Resistencia de discontinuidades.

3.3.1. Resistencia del macizo rocoso

Tabla 17 Resistencia del macizo rocoso

<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Nomenclatura</i>
Poco resistente	Menos de 8 Mpa.	PR
Moderado	De 8 Mpa. a menos de 15 Mpa.	M
Resistente	Más de 15 Mpa.	R

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la resistencia del macizo rocoso, se recogieron muestras insitu, tanto para Caja piso, Caja techo y del Mineral. Tal como podemos observar en las siguientes figuras:



Figura 11. Recojo de muestra de caja Techo
Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Recojo de muestra de caja Piso
Fuente: Elaboración propia



Figura 13 Recojo de muestra de mineral
Fuente: Elaboración propia.

Previo a colocarse en el equipo (Laboratorio de la UPN-Cajamarca), para ensayar y determinar su resistencia a la compresión simple, se perfilaron las muestras. Tal como se muestran a continuación:

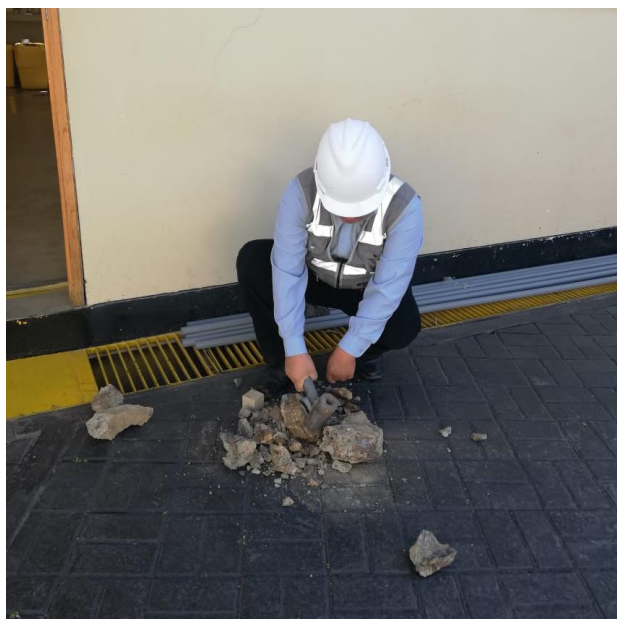


Figura 14 Preparación de las muestras con martillo
Fuente: Elaboración propia

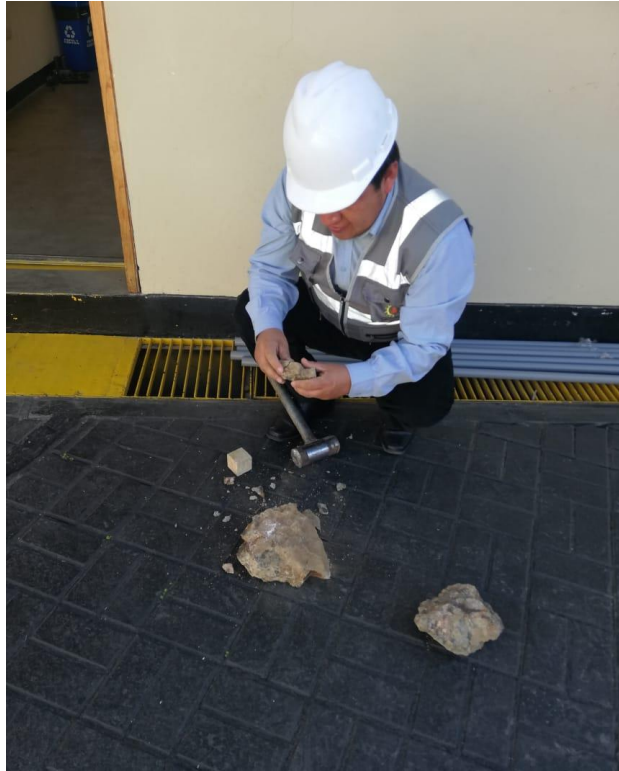


Figura 15 Selección de la mejor muestra
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, las muestras quedaron listas para ensayarse y determinar su resistencia a la compresión simple, tal como lo podemos observar en las figuras que se muestran a continuación:



Figura 16 Muestra de Caja Techo
Fuente: Elaboración propia



Figura 17 Muestra de Caja Piso
Fuente: Elaboración propia



Figura 18 Muestra de mineral
Fuente: Elaboración propia

En el Laboratorio de ensayos de Rocas, con el apoyo del Ing. Oscar Vásquez Mendoza, se procedieron a ensayarse las muestras (ver siguientes figuras):



Figura 19 Determinación de la resistencia en laboratorio
Fuente: Elaboración propia



Figura 20 Ensayo de la muestra Caja Techo
Fuente: Elaboración propia



Figura 21 Ensayo de la muestra caja Piso
Fuente: Elaboración propia



Figura 22 Ensayo de la muestra de Mineral
Fuente: Elaboración propia

Obteniéndose los resultados que se muestran en las siguientes figuras:



Figura 23 Resultado de la resistencia de la muestra Caja Techo
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24 Resultado de la resistencia de la muestra Caja Piso
Fuente: Elaboración propia



Figura 25 Resultado de la resistencia de la muestra de mineral
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en laboratorio:

Tabla 18 Resumen de resistencia a la compresión simple

Muestra	Descripción	Resistencia (Mpa)	Nomenclatura
1	Caja techo	0.62	PR
2	Caja Piso	0.90	PR
3	Mineral	0.36	PR

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en la **Tabla 18**, los valores obtenidos tanto para: caja techo, Caja Piso y para el Mineral, son menores de 8 Mpa, razón por la cual le corresponde una caracterización de Poco resistente (**PR**). A continuación, se muestran los valores parciales asignados que le corresponden, en función a las **Tabla 5**, **Tabla 6** y **Tabla 7**:

Tabla 19 Valores parciales asignados para “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”.

Método de Explotación	Valor asignado (PR)
Cielo abierto	3
Hundimientos por bloques	4
Cámaras por subniveles	-49
Hundimiento por subniveles	3
Tajeo largo	4
Cámaras y pilares	0
Cámaras almacén	4
Corte y relleno	3
Entibación con marcos	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Valores parciales asignados para “Pared o Caja Piso (Footwall)”.

Método de Explotación	Valor asignado (PR)
Cielo abierto	3
Hundimientos por bloques	2
Cámaras por subniveles	0
Hundimiento por subniveles	0
Tajeo largo	2
Cámaras y pilares	0
Cámaras almacén	2
Corte y relleno	4
Entibación con marcos	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Valores parciales asignados para “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”.

Método de Explotación	Valor asignado (PR)
Cielo abierto	3
Hundimientos por bloques	4
Cámaras por subniveles	-49
Hundimiento por subniveles	0
Tajeo largo	4
Cámaras y pilares	0
Cámaras almacén	1
Corte y relleno	3
Entibación con marcos	4

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Espaciamiento entre fracturas

Tabla 22 Espaciamiento entre fracturas

Tipo	No de Fracturas	RQD (%)	Resultado	Nomenclatura
1	Más de 10.	Menos del 40%.	De muy cerrado a cerrado	MC-C
2	De 3 a menos de 10.	Del 40% al 70%.	Ancho	A
3	Menos de 3.	Más del 70%.	Muy ancho	MA

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran las siguientes fotografías, en las cuales podemos apreciar el número de fracturas en un 1mx1m para Caja Techo, Caja Piso y Mineral.



Figura 26 Número de fracturas en Caja Techo
Fuente: Elaboración propia



Figura 27 Número de fracturas en Caja Piso
Fuente: Elaboración propia.



Figura 28 Número de fracturas en Mineral
Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 23**, se muestra el resumen de la presencia de fracturas, por lo que en las 3 situaciones se encuentran con un valor entre 3 y menor de 10 fracturas, ante tal situación presenta una característica de Espaciamiento entre Fracturas “Ancho” (A).

Tabla 23 Resumen de presencia de fracturas

Muestra	Descripción	Número de Fracturas	Nomenclatura
1	Caja techo	4	A
2	Caja Piso	3	A
3	Mineral	4	A

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 Valores parciales seleccionados para “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”.

Método de Explotación	Valor asignado (A)
Cielo abierto	4
Hundimientos por bloques	3
Cámaras por subniveles	1
Hundimiento por subniveles	3
Tajeo largo	3
Cámaras y pilares	2
Cámaras almacén	3
Corte y relleno	2
Entibación con marcos	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Valores parciales seleccionados para “Pared o Caja Piso (Footwall)”.

Método de Explotación	Valor asignado (A)
Cielo abierto	4
Hundimientos por bloques	3
Cámaras por subniveles	2
Hundimiento por subniveles	3
Tajeo largo	4
Cámaras y pilares	3
Cámaras almacén	3
Corte y relleno	2
Entibación con marcos	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Valores parciales seleccionados para “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”.

Método de Explotación	Valor asignado (A)
Cielo abierto	4
Hundimientos por bloques	3
Cámaras por subniveles	1
Hundimiento por subniveles	4
Tajeo largo	0
Cámaras y pilares	2
Cámaras almacén	3
Corte y relleno	2
Entibación con marcos	2

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Resistencia de discontinuidades

Tabla 27 Resistencia de discontinuidades

Tipo	Descripción	Nomenclatura
Poco resistente	Discontinuidades limpias con una superficie lisa o rellena con un material menos resistente que el macizo rocoso.	PR
Moderado	Discontinuidades limpias con superficie áspera.	M
Resistente	Discontinuidades rellenas con un material que es igual o más resistente que el macizo rocoso.	R

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente **Figura 29**, podemos apreciar que tanto la Caja Techo, Caja Piso y Mineral presentan Discontinuidades limpias con superficie áspera, correspondiéndole una caracterización de Poco resistente (**PR**).



Figura 29 Resistencia de Discontinuidades (PR).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 Valores seleccionados de resistencia de discontinuidades para “Pared o Caja Techo (Hanging Wall)”.

Método de Explotación	Valor asignado (PR)
Cielo abierto	2
Hundimientos por bloques	4
Cámaras por subniveles	0
Hundimiento por subniveles	4
Tajeo largo	4
Cámaras y pilares	0
Cámaras almacén	4
Corte y relleno	4
Entibación con marcos	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Valores seleccionados de resistencia de discontinuidades para “Pared o Caja Piso (Footwall)”.

Método de Explotación	Valor asignado (PR)
Cielo abierto	2
Hundimientos por bloques	1
Cámaras por subniveles	0
Hundimiento por subniveles	0
Tajeo largo	1
Cámaras y pilares	0
Cámaras almacén	2
Corte y relleno	4
Entibación con marcos	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Valores seleccionados de resistencia de discontinuidades para “Zona de Mena (Ore Zone o Zona de Mineral)”.

Método de Explotación	Valor asignado (M)
Cielo abierto	2
Hundimientos por bloques	4
Cámaras por subniveles	0
Hundimiento por subniveles	0
Tajeo largo	4
Cámaras y pilares	0
Cámaras almacén	0
Corte y relleno	3
Entibación con marcos	4

Fuente: Elaboración propia

3.4. Resumen de valores parciales por método de explotación

3.4.1. Cielo Abierto

Tabla 31 Valores parciales asignados para el método a Cielo Abierto

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>		
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	<i>(T)</i>	2		
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	<i>(A)</i>	2		
		Inclinación	<i>Empinado</i>	<i>(E)</i>	4		
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	<i>(P)</i>	-		
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	<i>(U)</i>	3		
	Parcial					11	
	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3		
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	4		
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	2		
		Parcial					09
Resistencia del macizo rocoso		<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3			
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	4		
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	2		
		Parcial					09
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3		
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	4		
	Mineral	Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	2		
		Parcial					09
		Total					38

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Hundimientos por bloques

Tabla 32 Valores parciales asignados para el método a Hundimientos por bloques

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>	
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	(T)	2	
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	(A)	-49	
		Inclinación	<i>Empinado</i>	(E)	4	
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	(P)	-	
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	(U)	4	
	Parcial				-39	
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Parcial				11
	Caja Piso	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	2	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	1	
		Parcial				06
	Mineral	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	3	
Resistencia de discontinuidades		<i>Poco resistente</i>	(PR)	4		
	Parcial				11	
Total					-11	

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Cámaras por subniveles

Tabla 33 Valores parciales asignados para el método de Cámaras por subniveles

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc</i>	<i>Valor Asignado</i>	
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	(T)	2	
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	(A)	1	
		Inclinación	<i>Empinado</i>	(E)	4	
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	(P)	-	
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	(U)	3	
	Parcial					10
	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	-49	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	1	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
		Parcial				
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	2	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
		Parcial				
	Mineral	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	-49	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	1	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
		Parcial				
Total					-84	

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Hundimientos por subniveles

Tabla 34 Valores parciales asignados para el método de Hundimientos por subniveles

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc</i>	<i>Valor Asignado</i>	
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	(T)	4	
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	(A)	-49	
		Inclinación	<i>Empinado</i>	(E)	4	
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	(P)	-	
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	(U)	4	
		Parcial				-37
	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	3	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Parcial				10
Resistencia del macizo rocoso		<i>Poco resistente</i>	(PR)	0		
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
		Parcial				03
	Mineral	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	4	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	0	
	Parcial				04	
Total					-20	

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Tajeo largo

Tabla 35 Valores parciales asignados para el método de Tajeo largo

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>	
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	(T)	0	
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	(A)	4	
		Inclinación	<i>Empinado</i>	(E)	-49	
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	(P)	-	
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	(U)	4	
	Parcial					-41
	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Parcial				
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	2	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	4	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	1	
		Parcial				
	Mineral	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	(A)	0	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	(PR)	4	
		Parcial				
Total					-15	

Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Cámaras y pilares

Tabla 36 Valores parciales asignados para el método de Cámaras y pilares

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	<i>(T)</i>	4
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	<i>(A)</i>	4
		Inclinación	<i>Empinado</i>	<i>(E)</i>	0
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	<i>(P)</i>	-
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	<i>(U)</i>	3
	Parcial				11
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0
		Parcial			02
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	3
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0
		Parcial			03
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Mineral	Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0
		Parcial			02
		Total			18

Fuente: Elaboración propia

3.4.7. Cámaras almacén

Tabla 37 Valores parciales asignados para el método de Cámaras almacén

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>	
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	<i>(T)</i>	2	
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	<i>(A)</i>	1	
		Inclinación	<i>Empinado</i>	<i>(E)</i>	4	
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	<i>(P)</i>	-	
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	<i>(U)</i>	3	
		Parcial				10
	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4	
		Parcial				11
Resistencia del macizo rocoso		<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	2		
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	2	
		Parcial				07
	Mineral	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	1	
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	3	
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	0	
	Parcial				04	
Total					32	

Fuente: Elaboración propia

3.4.8. Corte y relleno

Tabla 38 Valores parciales asignados para el método de Corte y relleno

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	<i>(T)</i>	4
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	<i>(A)</i>	4
		Inclinación	<i>Empinado</i>	<i>(E)</i>	4
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	<i>(P)</i>	-
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	<i>(U)</i>	3
	Parcial				15
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
		Parcial			09
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
		Parcial			10
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Mineral	Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3
		Parcial			08
		Total			42

Fuente: Elaboración propia

3.4.9. Entibación con marcos

Tabla 39 Valores parciales asignados para el método de Entibación con marcos

<i>Clasificación según</i>	<i>Ámbito</i>	<i>Descripción</i>	<i>Característica</i>	<i>Nomenc.</i>	<i>Valor Asignado</i>
Geometría del yacimiento	General	Forma o ancho general	<i>Tabular</i>	<i>(T)</i>	2
		Potencia del mineral	<i>Angosto</i>	<i>(A)</i>	4
		Inclinación	<i>Empinado</i>	<i>(E)</i>	3
		Profundidad bajo la superficie	<i>< 150m</i>	<i>(P)</i>	-
		Distribución de leyes	<i>Uniforme</i>	<i>(U)</i>	3
	Parcial				12
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja techo	Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	3
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
		Parcial			09
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Caja Piso	Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
		Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
		Parcial			10
		Resistencia del macizo rocoso	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
		Espaciamiento entre fracturas	<i>Ancho</i>	<i>(A)</i>	2
Características geo mecánicas del yacimiento y de las rocas encajonantes	Mineral	Resistencia de discontinuidades	<i>Poco resistente</i>	<i>(PR)</i>	4
		Parcial			10
		Total			41

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el resumen de los valores asignados por cada método de explotación.

Tabla 40 Resumen de los valores asignados por cada método de explotación

Método de explotación	Geometría del depósito de leyes	Características geomecánicas del macizo			Valores totales	Orden de Prelación
		Caja techo	Caja Piso	Mineral		
Cielo abierto	11	09	09	09	38	3°
Hundimientos por bloques	-39	11	06	11	-11	6°
Cámaras por subniveles	10	-48	02	-48	-84	9°
Hundimiento por subniveles	-37	10	03	04	-20	8°
Tajeo largo	-41	11	07	08	-15	7°
Cámaras y pilares	11	02	03	02	18	5°
Cámaras almacén	10	11	07	04	32	4°
Corte y relleno	15	09	10	08	42	1°
Entibación con marcos	12	09	10	10	41	2°

Fuente: Elaboración propia

Ordenando a aquellos métodos que han obtenido mayor puntaje tenemos:

Tabla 41 Método de explotación ordenados según han obtenido mayores puntajes a menores

Método de explotación	Geometría del depósito de leyes	Características geomecánicas del macizo			Valores totales	Orden de Prelación
		Caja techo	Caja Piso	Mineral		
Corte y relleno	15	09	10	08	42	1°
Entibación con marcos	12	09	10	10	41	2°
Cielo abierto	11	09	09	09	38	3°
Cámaras almacén	10	11	07	04	32	4°
Cámaras y pilares	11	02	03	02	18	5°
Hundimientos por bloques	-39	11	06	11	-11	6°
Tajeo largo	-41	11	07	08	-15	7°
Hundimiento por subniveles	-37	10	03	04	-20	8°
Cámaras por subniveles	10	-48	02	-48	-84	9°

Fuente: Elaboración propia

Tal como podemos observar en la **Tabla 41**, los métodos: Hundimientos por bloques, Tajeo largo, Hundimiento por subniveles y Cámaras por subniveles, obtuvieron valores de puntuación negativos. Razón por la cual, son descartados para su aplicación como métodos de explotación minera en la Concesión Luminosa número 2A. Mientras los métodos: Corte y relleno, Entibación con marcos, Cielo abierto, Cámaras almacén y Cámaras y pilares, obtuvieron mayores puntajes respectivamente. Sin embargo, es importante diferenciar que los 2 primeros obtuvieron una puntuación mayor a 40, estando casi empatados, los métodos Cielo Abierto y Cámaras almacén obtuvieron puntuaciones menores a 40 y lejos de estos métodos encontramos a Cámaras y pilares con 18 puntos. A continuación, se muestran los métodos de explotación con posibilidades de ser aplicados:

Tabla 42 Método de explotación que pueden aplicarse en la Concesión Minera Luminosa número 2A.

Método de explotación	Geometría	Características			Valores totales	Orden de Prelación
	del depósito	geomecánicas del macizo				
	distribución de leyes	Caja techo	Caja Piso	Mineral		
Corte y relleno	15	09	10	08	42	1°
Entibación con marcos	12	09	10	10	41	2°
Cielo abierto	11	09	09	09	38	3°
Cámaras almacén	10	11	07	04	32	4°
Cámaras y pilares	11	02	03	02	18	5°

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43 Criterios de influencia o de peso.

Descripción	C1	C2	C3
Geometría del depósito	1.00	1.00	1.00
Condiciones del terreno del pendiente (Caja Techo)	0.75	0.60	0.38
Condiciones del terreno del yacente (Caja Piso)	0.60	0.38	0.75
Condiciones del terreno en la zona del mineral	0.38	0.75	0.60

Fuente: Nicholas (1981)

NOMENCLATURA: C1 : Criterio de influencia No 01; C2 : Criterio de influencia No 02 y C3 : Criterio de influencia No 03

Pese a que el método Corte y relleno, obtuvo mayor puntuación y es recomendable su utilización, vamos a comprobar según los criterios de influencia o de peso, tal como lo indica la **Tabla 8**.

Tabla 44 Valores de puntuación afectados con los factores del Criterio de influencia N° 01

Método de explotación	Geometría del depósito distribución de leyes	Características geomecánicas del macizo		
		Caja techo	Caja Piso	Mineral
Corte y relleno	15	6.75	6.00	3.04
Entibación con marcos	12	6.75	6.00	3.80
Cielo abierto	11	6.75	5.40	3.42
Cámaras almacén	10	8.25	4.20	1.52
Cámaras y pilares	11	1.50	1.80	0.76

Fuente: Elaboración propia

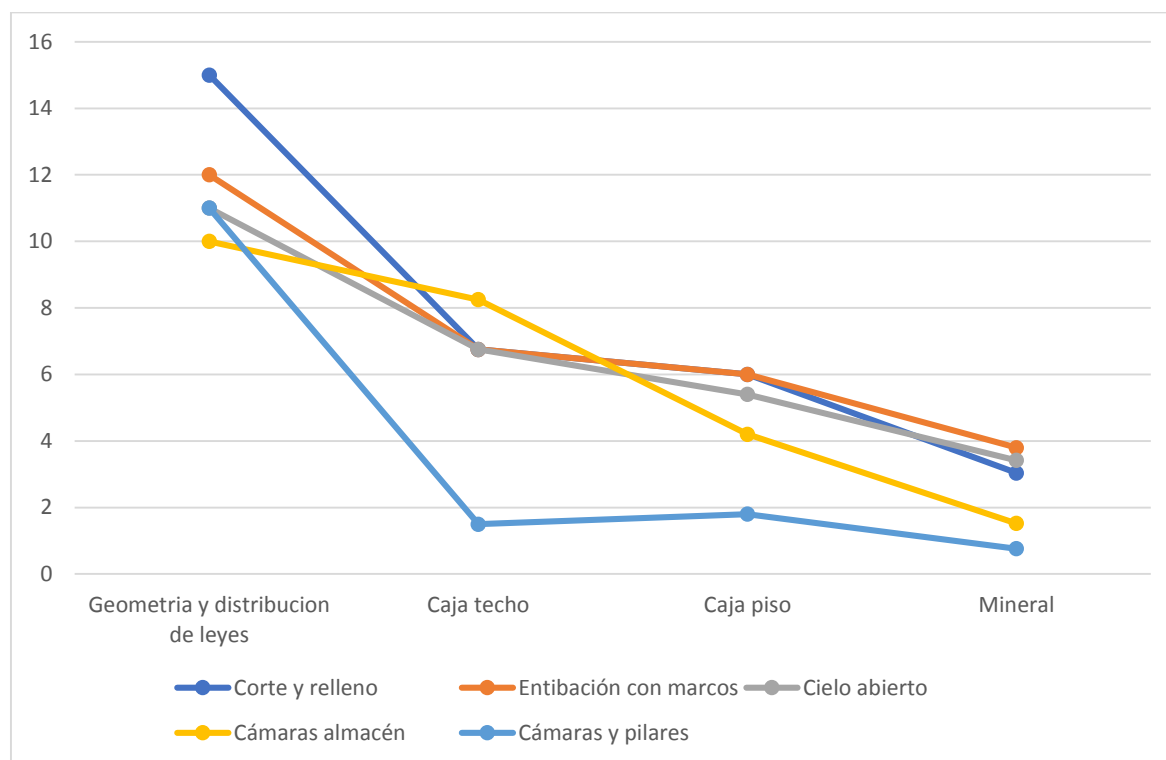


Figura 30 Representación de las puntuaciones de los métodos elegibles, luego de ser afectados con los factores del Criterio de influencia No 01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45 Valores de puntuación afectados con los factores del Criterio de influencia N° 02

Método de explotación	Geometría del depósito	Características geomecánicas del macizo		
	distribución de leyes	Caja techo	Caja Piso	Mineral
Corte y relleno	15	5.40	3.80	6.00
Entibación con marcos	12	5.40	3.80	7.50
Cielo abierto	11	5.40	3.42	6.75
Cámaras almacén	10	6.60	2.66	3.00
Cámaras y pilares	11	1.20	1.14	1.50

Fuente: Elaboración propia

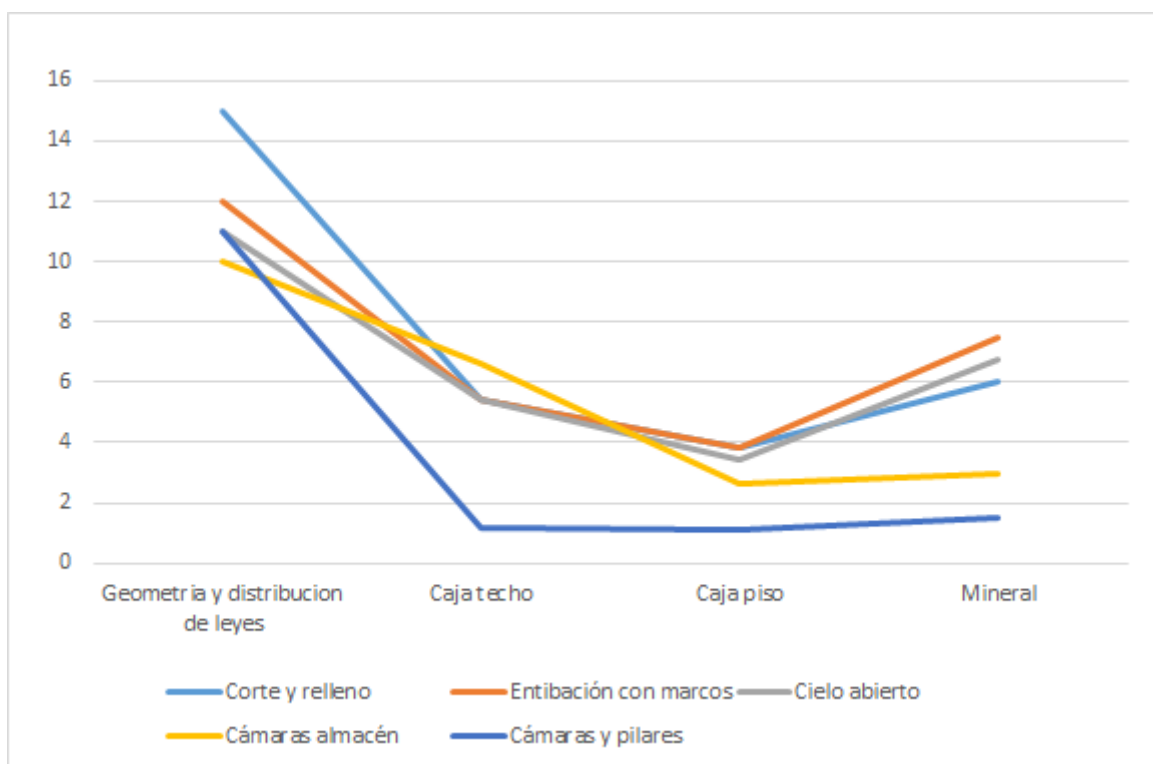


Figura 31 Representación de las puntuaciones de los métodos elegibles, luego de ser afectados con los factores del Criterio de influencia No 02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46 Valores de puntuación afectados con los factores del Criterio de influencia N° 03

Método de explotación	Geometría del depósito distribución de leyes	Características geomecánicas del macizo		
		Caja techo	Caja Piso	Mineral
Corte y relleno	15	3.42	7.50	4.80
Entibación con marcos	12	3.42	7.50	6.00
Cielo abierto	11	3.42	6.75	5.40
Cámaras almacén	10	4.18	5.25	2.40
Cámaras y pilares	11	0.76	2.25	1.20

Fuente: Elaboración propia

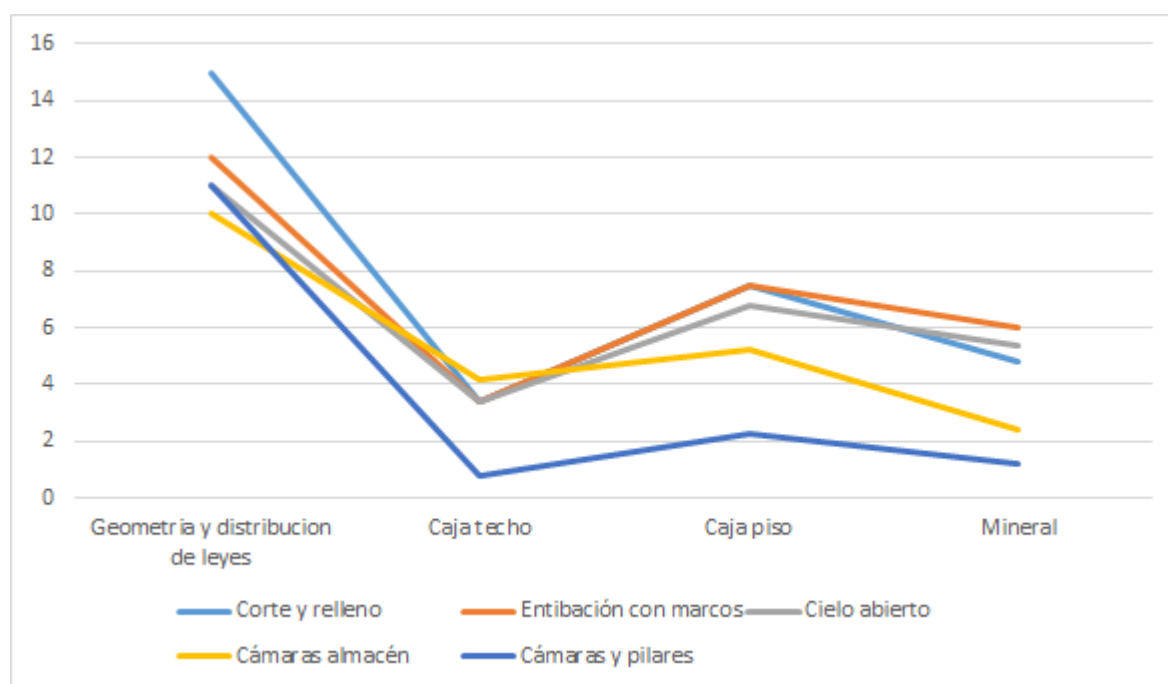


Figura 32 Representación de las puntuaciones de los métodos elegibles, luego de ser afectados con los factores del Criterio de influencia N° 03

Fuente: Elaboración propia

Tal como podemos apreciar en las **Figuras 30, 31 y 32**, la representación de los puntajes de los métodos de explotación minera elegibles: Corte y relleno, Entibación con marcos, Cielo abierto, Cámaras almacén y Cámaras y pilares; luego de afectar sus valores con los factores de influencia según los criterios propuestos (C1, C2 y C3); ratifican que el mejor método de explotación minero, es **Corte y relleno**.

CAPÍTULO 4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

La presente investigación demostró, la propuesta técnica de aplicación del método de explotación minera, en la Concesión Luminosa Número 2A, para el año 2019. A través de las características geométricas del depósito y distribución de leyes del macizo rocoso; así mismo de las características geomecánicas del macizo rocoso (Caja techo, caja piso y mineral). Las mismas que sirvieron como determinar el mejor método de explotación minera, a través del procedimiento propuesto por Nicholas. Determinándose el orden de métodos elegibles para su aplicación en la Concesión Luminosa Número 2A: (1) Corte y relleno, (2) Entibación con marcos, (3) Cielo abierto, (4) Cámaras almacén y (5) Cámaras y pilares.

De acuerdo a la geometría del manto, características geomecánicas del mineral y las paredes adyacentes (caja techo y caja piso) se determinó que el método de explotación Long wall mining o tajeo largo es técnicamente aplicable para la explotación del manto de carbón de la mina Piñipata. (Cueva & Rojas, 2018).

Cabello (2008) fundamenta su análisis en las condiciones geológicas, geométricas, hidrogeológicas, el estudio geo mecánico de la veta Piedad y su entorno físico como base para seleccionar técnicamente los métodos aplicables para la explotación minera. El mismo que concluye que el “Corte & Almacenamiento Provisional” es el método Óptimo para la explotación de la veta Piedad en la Mina Catalina Huanca.

De igual manera, Gago (1996), concluye que a través de la determinación de la geometría del yacimiento, la distribución de leyes, las resistencias de la roca y la estructura mineralizada se deben estudiar como principales parámetros para la selección numérica del método de explotación minera.

Gago (1996) indica que la geometría del macizo rocoso, la distribución de valores, las resistencias de la roca estructura mineralizada, el costo de producción, la recuperación, las condiciones ambientales y la seguridad son parámetros para la selección numérica del método de explotación. Para finalizar concluye, que estos parámetros se deben examinar con rigurosidad para efectos de evaluación, revisión y selección de un método de explotación.

4.2. Conclusiones

- Se cuenta con una propuesta técnica para la aplicación del método de explotación en la concesión minera Luminosa número 2A, San Pablo 2019.
- Se determinaron las características de la geometría del depósito y grado de distribución de leyes, las mismas que se detallan a continuación: Forma o ancho del depósito (Tabular); Potencia del mineral (angosto); Inclinación (Empinado); Profundidad bajo la superficie (menor a 150 m.); Distribución de leyes (Uniforme).
- Se determinaron las características geomecánicas del macizo rocoso, tanto para Caja techo, caja Piso y en el mineral, siendo las siguientes: Resistencia del macizo rocoso (Poco resistente); Espaciamiento entre fracturas (A) y Resistencia de discontinuidades (Poco resistente).
- Bajo las características descritas en los párrafos anteriores, y su respectiva ponderación, a través de la metodología recomendada por Nicholas, se concluye que la Concesión Minera Laminosa número 2A, debe de explotarse a través del método de Corte y Relleno, por haber arrojado el mayor puntaje entre 9 métodos analizados.
- Adicionalmente, también pueden usarse los métodos en el siguiente orden: Entibación con marcos, Cielo abierto, Cámaras almacén, Cámaras y pilares, al haber obtenido puntajes positivos por debajo del método Corte y relleno. Sin embargo, se concluye que los métodos de Hundimientos por bloques, Tajeo largo, Hundimiento por subniveles y Cámaras por subniveles, no deben de utilizarse de ninguna manera ya que presentan condiciones desfavorables.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR MARTINEZ, E. C. (2015). “MINADO POR SUBNIVELES PARA LA RECUPERACIÓN DE RELLENOS DETRITICOS EN LA VETA MATA CABALLO DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN RELIQUIAS DE CORPORACIÓN. HUANCAYO, PERU.
- ATLAS COPCO, C. (FEBRERO de 2016). METODO DE EXPLOTACION CORTE Y RELLENO. CHILE.
- Cabello Corman, N. N. (2008). Selección del método de explotación para la veta. v. Huanca, Ayacucho, Perú.
- Cueva Quispe, D. K., & Rojas Atalaya, K. U. (2018). PROPUESTA TÉCNICA DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN LONGWALL MINING EN LA MINA PIÑIPATA – BAMBAMARCA. Bambamarca, Perú.
- de la Cruz, E., Álvarez, Á., Rodríguez V., C., Huamaní, A., de la Cruz, L., & Lázaro, V. (2010). Métodos de explotación en la mediana minería del Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM*, 125-134.
- GAGO PORRAS, O. H. (1996). Selección Numérica de los Métodos de Explotación. Perú.
- Huaynalaya Orejon, M. A. (2019). Implementación del método de explotación “sublevel stoping” en el cuerpo Santa Rosa de Minera Raura. Perú.
- INGEMMET. (2019). Resumen del Derecho Minero. Cajamarca, San Pablo, Peru.
- Rivera, L. R. (1980). *Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba*. Lima : (INGEMMET).
- TIPE QUISPE, V. H. (2004). “IMPLEMENTACION DE CHIMENEAS USANDO EL MÉTODO VCR EN LA COMPAÑIA CONSORCIO MINERO HORIZONTE”. LIMA, PERU.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Plano Topográfico

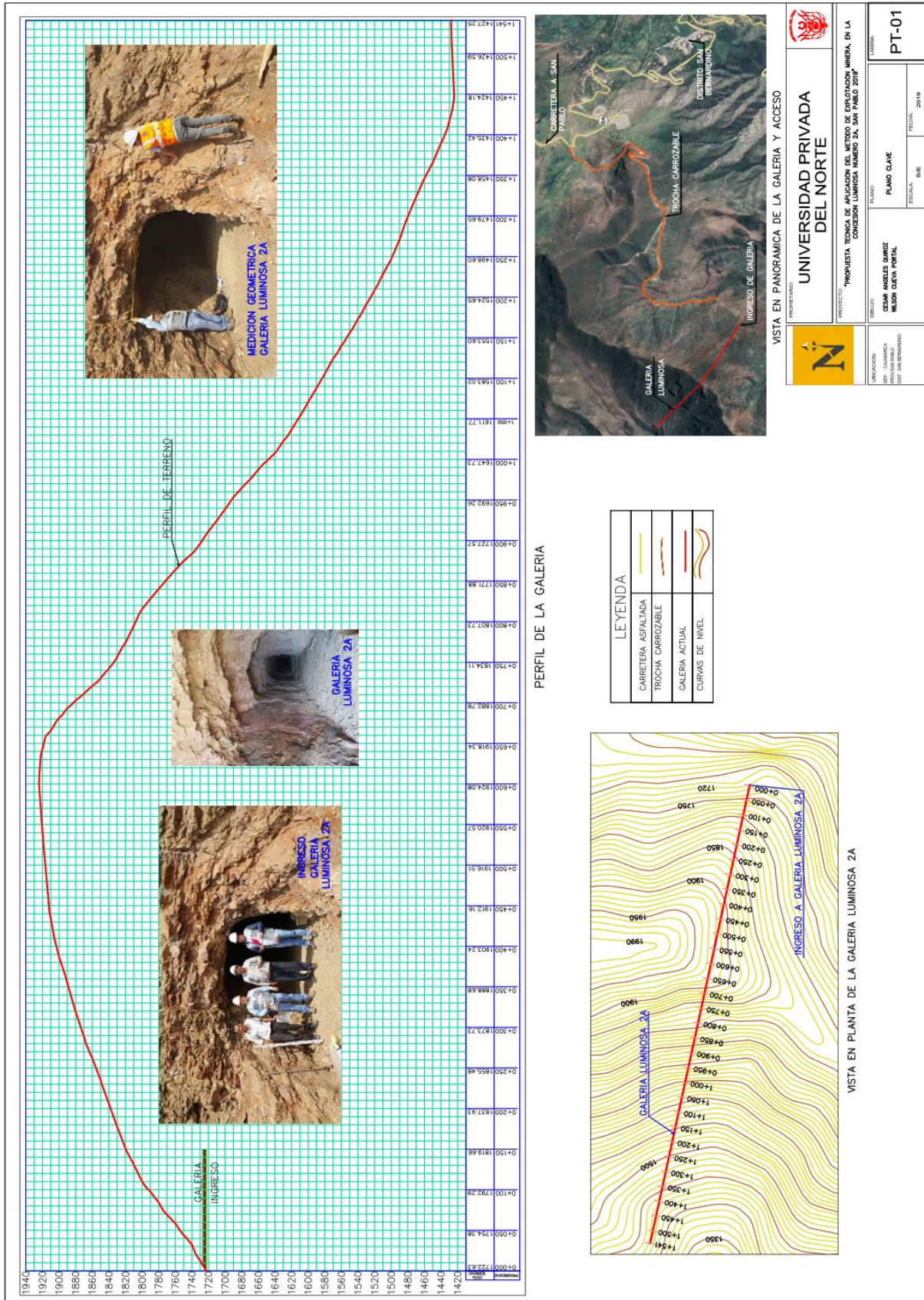


Figura 33: Plano Topográfico
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N° 2. INFORMACION DE LA CONCESION

RESUMEN DEL DERECHO MINERO

Datos Generales						
Código	010273204	Nombre	LUMINOSA NUMERO 2A			
Fecha de Formulación	12/08/2004	Situación	VIGENTE			
Procedimiento	TITULADO(CONCESION)	Tipo	PETITORIO (D.LEG. 708)			
Has. Formuladas	200.00	Sustancia	METALICA			
Has. Rectificadas		Has. Formadas				
Has. Reducidas		Has. Disponibles	53.15			
Ubicación	ARCHIVO CENTRAL desde el 21/08/2019					
Titular Referencial						
<i>Tipo</i>	<i>Nombre de Razón Social</i>	<i>Dirección</i>	<i>% Participación</i>			
JURIDICO	S.M.R.L. INCOGNITA 2005		100			
Demarcaciones						
	<i>Departamento</i>	<i>Provincia</i>	<i>Distrito</i>			
	CAJAMARCA	SAN PABLO	SAN BERNARDINO			
Cartas						
	<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<i>Zona UTM</i>			
	15-F	CAJAMARCA	17			
Pagos						
	<i>Nro. Recibo</i>	<i>Monto</i>	<i>Fecha Pago</i>	<i>Nro. Cuenta</i>	<i>Banco</i>	<i>Concepto</i>
	0046899	S/ 320.00	12/08/2004	CAJA	CAJA	Tramite
	2230500700021	US \$ 600.00	12/08/2004	070361884426	SCOTIABANK PERÚ S.A.A.	Vigencia
Resoluciones						
	<i>Nro. Resolución</i>	<i>Fec. Resolución</i>	<i>Decisión</i>	<i>Plazo</i>		
	00573-2005-INACC/J	07/02/2005	CONCESION MINERA	15 días		
	DGCM	28/10/2004	EXPIDASE LOS CARTELES	30 días		
	DGCM	28/10/2004	TENGASE PRESENTE	0 días		
	DGCM	07/09/2004	SUBSANE LA OMISION - DOMICILIO EN RADIO URBANO	10 días		
Escritos						
	<i>Escrito</i>	<i>Sede</i>	<i>Trámite</i>	<i>F. Presentación</i>	<i>Contenido</i>	<i>Razon Social</i>
	0100141011D	LIMA	DOCUMENTO	21/03/2011	CONSTANCIA DE VIGENCIA	CESAR PIERINO
	0100076905D	LIMA	DOCUMENTO	21/02/2005	NOTIFICACION	SERPOST
	0100038705T	LIMA	TRAMITE P.O.M.	13/01/2005	ADJ. PUBLICACION: EL PERUANO Y DIARIO LOCAL	HILDEBRANDO TERAN
	0100763704T	LIMA	TRAMITE P.O.M.	24/09/2004	SEÑALA DOMICILIO DENTRO DEL RADIO URBANO	HILDEBRANDO TERAN

Figura 34: Resumen de la Concesion Minera

Fuente: (INGEMMET, 2019)

ANEXO N° 3. ENSAYO DE LEY DEL MINERAL



INFORME DE ENSAYO GQ1904349 Rev. 0

Página 1 de 2

A solicitud de:	CONSULTORA ANGELES EIRL Av: Heroes de Cenepe N° 1703 Br. Mollepampa Alta	Cantidad Muestras:	3
Por cuenta de:	CONSULTORA ANGELES EIRL Av: Heroes de Cenepe N° 1703 Br. Mollepampa Alta	Fecha de Recepción:	12/10/2019
Producto descrito como:	ROCAS - Muestra Exploración Geoquímica y/o Menas	Fecha de Ensayo:	Del 12/10/2019
Tipo de Análisis:	PREPARACION Y ANALISIS QUIMICO		Al 24/10/2019
Localidad de preparación:	CAJAMARCA		
Descripción del Estado y Condición de la Muestra:	En sobres de plástico con seguro a presión. Granulometría de 1 a 3 pulg aprox. Peso aprox. de 500 a 1200 g secas.		
Referencia Cliente:	Solicitud según cot. N° GQ - 00101787/2019		
Notas:			

Esquema	Método
PRP93	Pesado, secado 100°C, chancado - 10 mesh >90%, cuarteo, pulverizado de 250 g -140 mesh >95 %
ICP40B	SGS-MN-ME-41 /Octubre 2018 Rev.09 / Muestras de Exploración Geoquímica - Digestión Total - ICPOES
PMI_CH	Peso de Muestra Recibido
PMI_M10	ASTM E 389-69 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and coarser for Metal bearing ores and related materials

Elemento	Ag	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Límite de Detección	0.2	3	1	0.5	5	0.01	1	1
FRENTE	14.2	26	1301	0.6	21	0.14	9	5
BOCAMINA	7.1	31	1019	1.1	5	0.14	6	9
PARTE CENTRALGALERIA	6.0	51	413	0.5	<5	0.10	7	6
DUP PARTE CENTRALGALERIA	6.4	52	403	0.5	<5	0.10	6	6

Elemento	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Li	Mg
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%
Límite de Detección	1	0.5	0.01	10	0.01	0.5	1	0.01
FRENTE	326	576.5	5.19	<10	0.76	1.9	94	0.23
BOCAMINA	231	2039.6	10.76	15	1.15	3.2	130	0.34
PARTE CENTRALGALERIA	502	1419.0	6.16	<10	0.63	1.3	126	0.17
DUP PARTE CENTRALGALERIA	512	1407.4	6.34	<10	0.64	1.5	126	0.17

Elemento	Mn	Mo	Na	NaCl	Nb	Ni	P	Pb
Esquema	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B	ICP40B
Unidad	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	%	ppm
Límite de Detección	2	1	0.01	0.01	1	1	0.01	2
FRENTE	4533	4	0.41	0.67	17	8	0.03	6924
BOCAMINA	3586	5	0.25	0.42	10	9	0.05	3596
PARTE CENTRALGALERIA	6356	8	0.12	0.20	5	10	0.02	2916
DUP PARTE CENTRALGALERIA	6557	9	0.13	0.21	4	10	0.02	2934



INFORME DE ENSAYO
GQ1904349 Rev. 0

Página 2 de 2

Elemento	S	Sb	Sc	Sn	Sr	Ti	Tl	V
Esquema	ICP408	ICP408	ICP408	ICP408	ICP408	ICP408	ICP408	ICP408
Unidad	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Límite de Detección	0.01	5	0.5	10	0.5	0.01	2	2
FRENTE	0.10	33	5.5	<10	49.6	0.09	<2	47
BOCAMINA	0.05	31	11.6	<10	43.4	0.14	<2	99
PARTE CENTRALGALERIA	0.02	40	4.8	<10	78.1	0.05	<2	48
DUP PARTE CENTRALGALERIA	0.02	38	4.7	<10	79.6	0.06	<2	46

Elemento	W	Y	Zn	Zr	Peso Muestra	P_MEN10
Esquema	ICP408	ICP408	ICP408	ICP408	PMI_CH	PMI_M10
Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	g	%
Límite de Detección	10	0.5	0.5	0.5		
FRENTE	<10	5.6	1440.3	50.7	990.0	92.11
BOCAMINA	<10	7.5	895.6	55.1	1275	--
PARTE CENTRALGALERIA	<10	4.6	1390.7	16.5	540.0	--
DUP PARTE CENTRALGALERIA	<10	4.4	1367.3	17.1	--	--

Notas de Almacenaje:

Pasado el plazo de almacenamiento de 90 días para Remanentes o Pulpas y 30 días para Rechazos o Gruesas, se procederá a descartar las muestras. Favor no considerar esta información si se presentaran instrucciones al inicio del servicio.

Emitido en Callao-Perú el , 24/10/2019



Edgar Zárate Aguilar
Supervisor de Laboratorio
C.I.P. 22151

ANEXO N° 4. METODO DE EXPLOTACION

METODO DE CORTE Y RELLENO

A. DESCRIPCIÓN DEL METODO

Consiste en romper el mineral en diferentes pisos. Después que un corte o piso ha sido completamente extraído, se procede a rellenar antes de empezar el nuevo corte en el piso inmediato inferior. Este relleno es el que va ayudar en el sostenimiento del techo de nuevo frontón que se abre. El minado del mineral continua piso por piso hasta terminar el bloque. (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

El grado de mecanización de una explotación minera del tipo corte y relleno también puede ser asociado al uso del relleno hidráulico, relleno hidroneumático o sostenimiento de tajeos mediante pernos de anclaje o cables de anclaje. (ATLAS COPCO, 2016)

La mecanización permite el empleo de maquinarias de gran capacidad y avanzada tecnología tratando de alcanzar los más altos índices de seguridad para el personal y equipos, la más alta productibilidad en toneladas de hombre-guardia y los más bajos costos unitarios. (ATLAS COPCO, 2016)

B. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

B.1. Corte y Relleno Ascendente Convencional

Este método se desarrolla a partir de la galería dejando un puente de mineral y el corte es en forma ascendente. La limpieza del mineral roto se realiza con winches eléctricos hasta las chimeneas donde se realiza el chuteo por medio de las tolvas. (TIPE QUISPE, 2004, pág. 13)

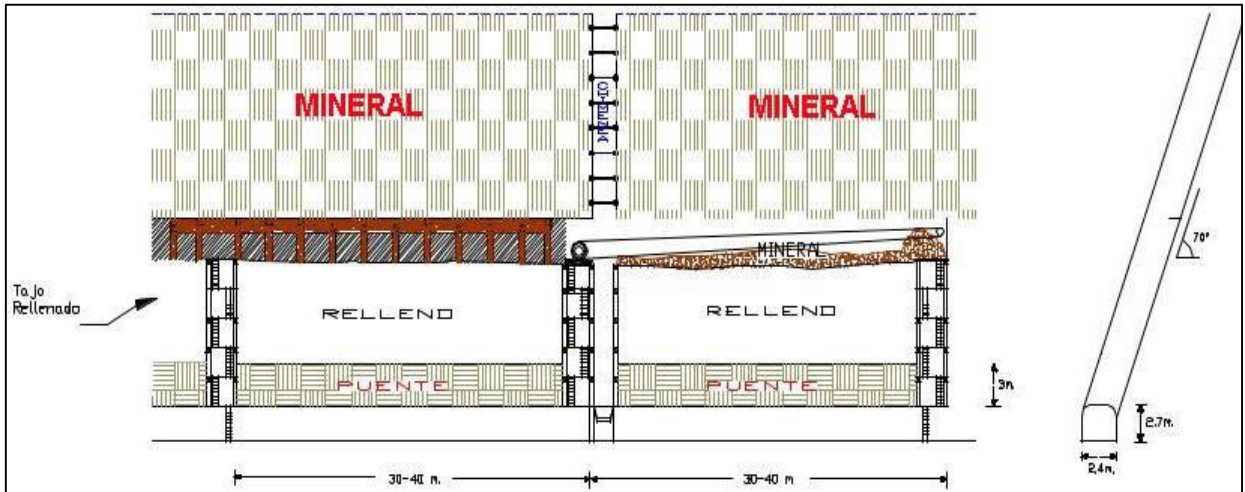


Figura 35 implementación de chimeneas con el método vcr – consorcio minero horizonte
Fuente: (TIPE QUISPE, 2004)

B.2. Corte y Relleno Descendente Convencional

Este método se aplica en la mina Rumpuy, donde la veta tiene un buzamiento entre 50° y 70° y potencias de 2.5m en promedio, con cajas completamente incompetentes. La preparación se realiza con una chimenea en estéril a partir de una galería inferior, la rotura de mineral se realiza con un primer corte superior en subnivel y a partir de ésta en forma descendente. Una vez agotado el corte se coloca una loza de concreto y se rellena con relleno hidráulico, el siguiente corte se realiza teniendo como techo la loza de concreto. La limpieza se realiza con winches eléctricos hacia los buzones que se ubican en la parte inferior. (TIPE QUISPE, 2004, pág. 13)

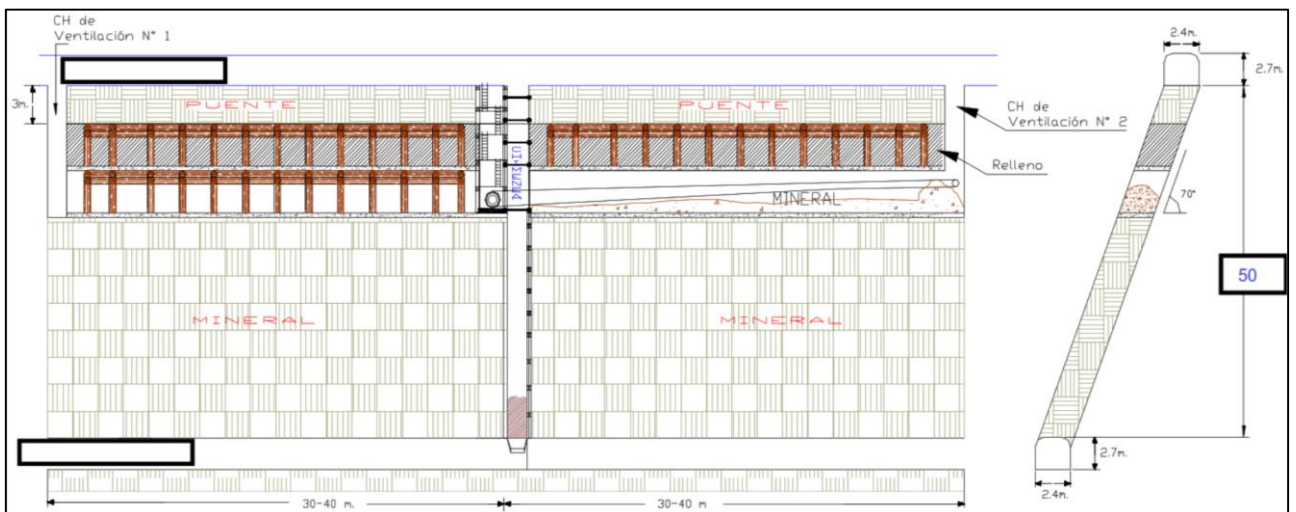


Figura 36: Corte Y Relleno Descendente Convencional
Fuente: (TIPE QUISPE, 2004, pág. 14)

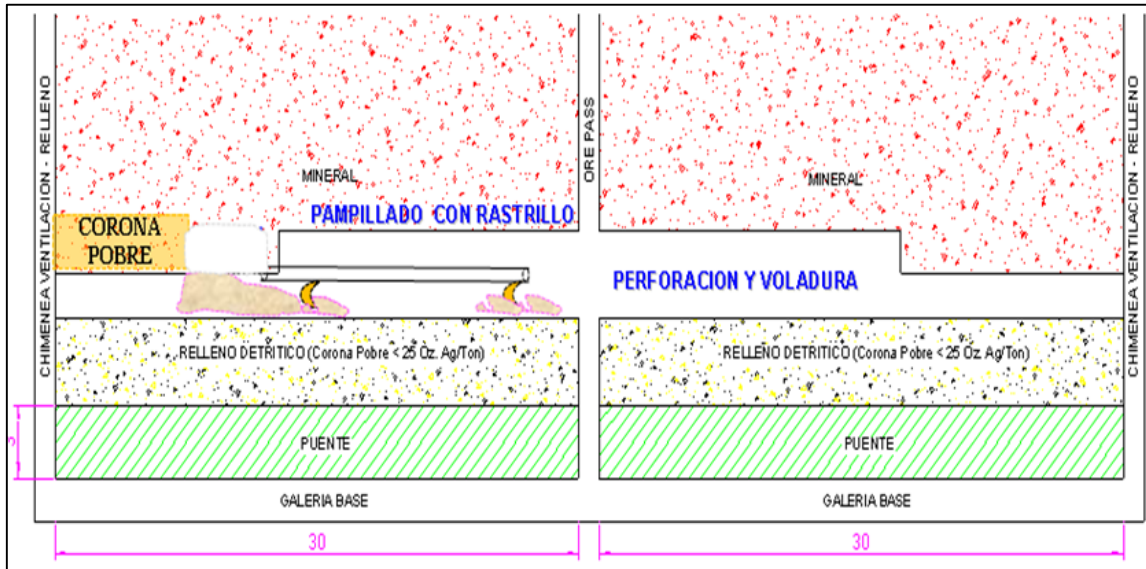


Figura 37: Recuperación de rellenos Detríticos Mediante SLS: A Partir del enriquecimiento de Rellenos Detríticos De Minado Anterior.

Fuente: (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

C. CONDICIONES DE APLICABILIDAD

Se puede aplicar en yacimientos:

- ✓ Con buzamientos pronunciados mayores de 45 °.
- ✓ En mantos de grandes dimensiones.
- ✓ Con cajas y mineral competentes.
- ✓ Las cajas del yacimiento pueden ser irregulares y no competentes.
- ✓ Limites regulares del yacimiento.
- ✓ Disponibilidad del material de relleno detrítico o hidráulico.

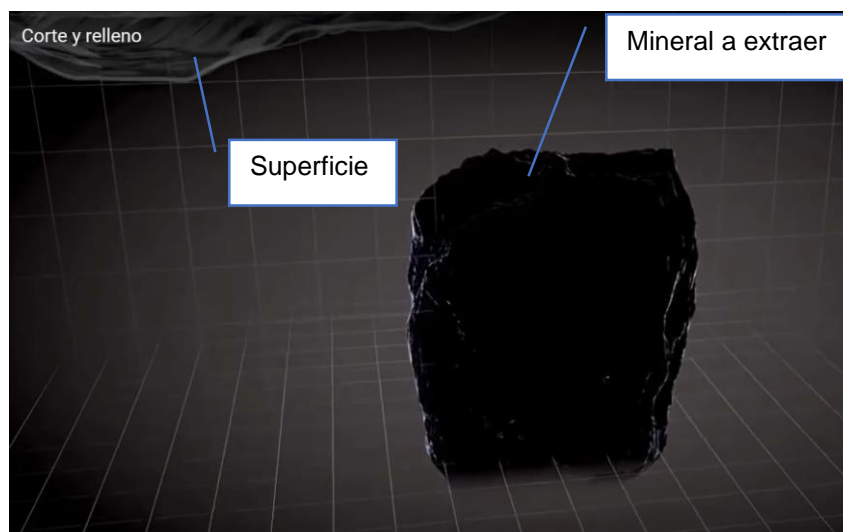


Figura 38: Vista panorámica del mineral a extraer

Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

D. PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO DE EXPLOTACION

1.1. PREPARACION.

Son labores que limitan los tajeos cuyo diseño y ubicación fundamentalmente están basados en las características técnicas que se requiera en la explotación. Para el diseño se coincide las secciones. (TIPE QUISPE, 2004)

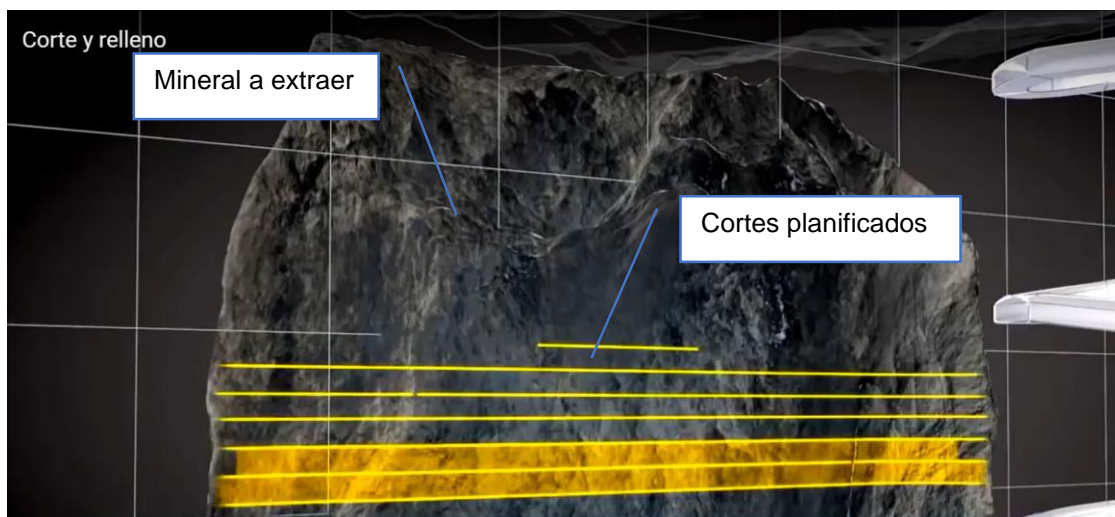


Figura 39: Planificación de cortes al macizo y rocoso
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.1.1. GALERÍAS: Un nivel superior y uno inferior

Labores horizontales desarrollados dentro de las rocas, es decir, fuera de los depósitos mineralizados tratando de envolver el yacimiento presentan un gradiente de 2%. (ATLAS COPCO, 2016)



Figura 40: Galería
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.1.2. RAMPAS

Labores principales de acceso que son inclinados con una gradiente de 12 a 14 %, estas rampas denominadas rampas mayores o principales se desarrollan para gran profundidad y así poder aprovechar los depósitos de mineral profundos. (ATLAS COPCO, 2016)

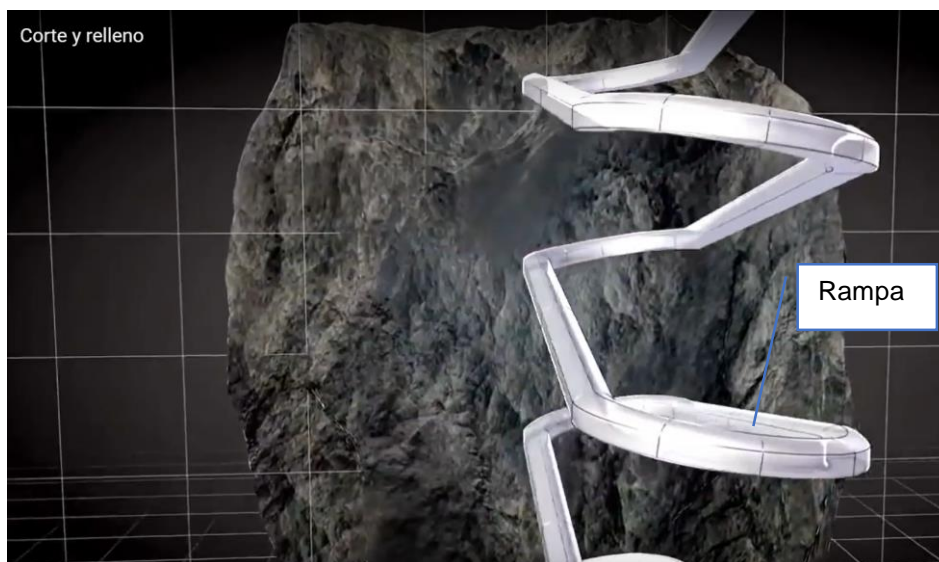


Figura 41: Rampas de Acceso
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.1.3. SUBNIVELES

Labor a partir de donde se realiza la rotura del mineral en sentido ascendente, hasta llegar al nivel superior.

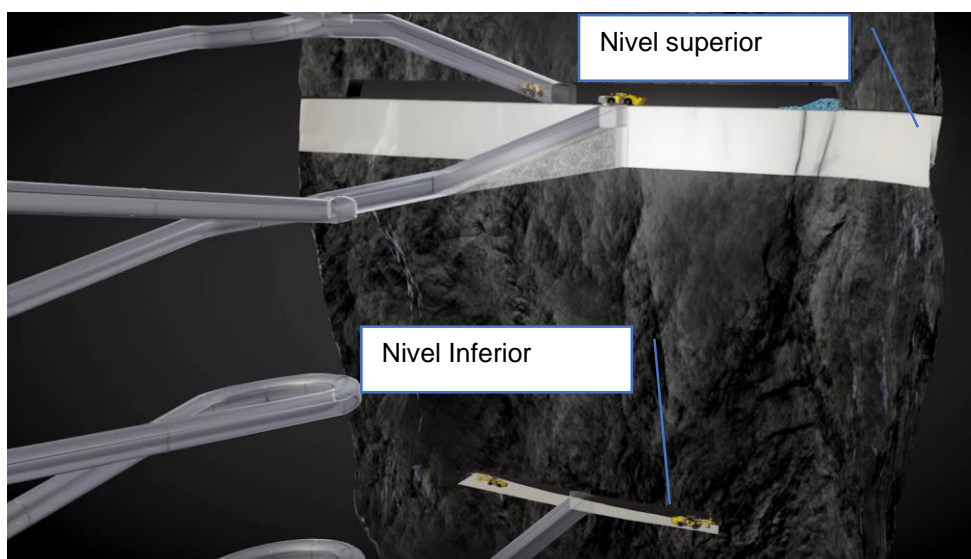


Figura 42: subniveles
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.1.4. CHIMENEAS

Labores que sirven para la ventilación y acceso de relleno a utilizar.

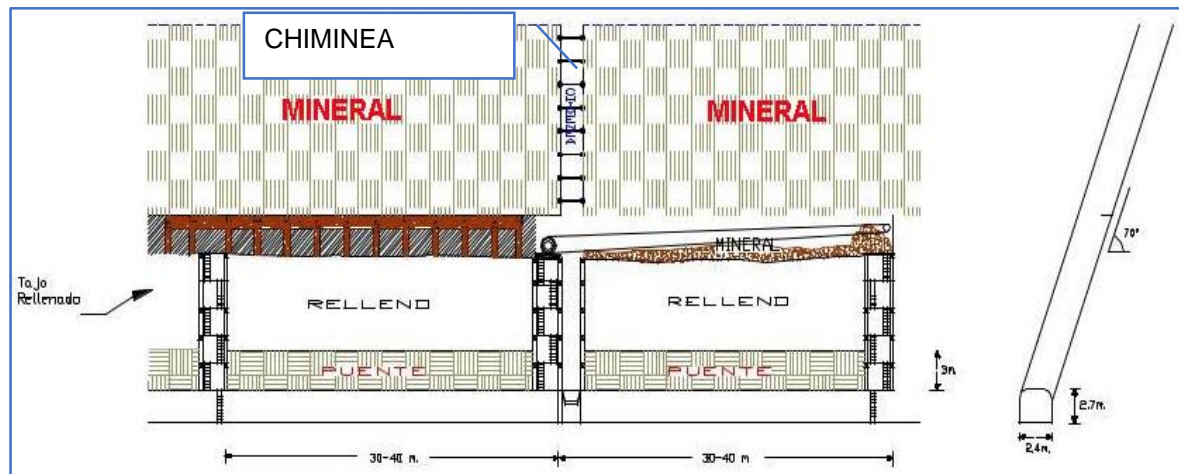


Figura 43: Chimenea

Fuente: (TIPE QUISPE, 2004)

1.2. EXPLOTACION.

Los tajeos estándar están limitados por dos niveles principales su longitud promedio es de 500m de largo y su altura de 90m, y su ancho está determinada por la potencia económica del manto (20m). (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

Estas labores están comunicadas al nivel principal superior por las chimeneas de ventilación y servicios.

Después de las labores de preparación viene el ciclo de minado:

Perforación – Voladura – Ventilación y desate – Limpieza – Relleno.

1.2.1. PERFORACION:

La perforación se realiza en las galerías con maquinaria como los jumbos.

Jack-Leg.- Para perforaciones horizontales y como tienen un dispositivo de empuje o sea la pala neumática permite inclinar la máquina hasta un ángulo bastante pronunciado, el 50% utilizamos en tajeos y el 10% en chimeneas. (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

Stoper.- Esta máquina está diseñada para hacer perforaciones verticales o muy cerca de la verticalidad; en chimeneas esta máquina es insustituible. (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

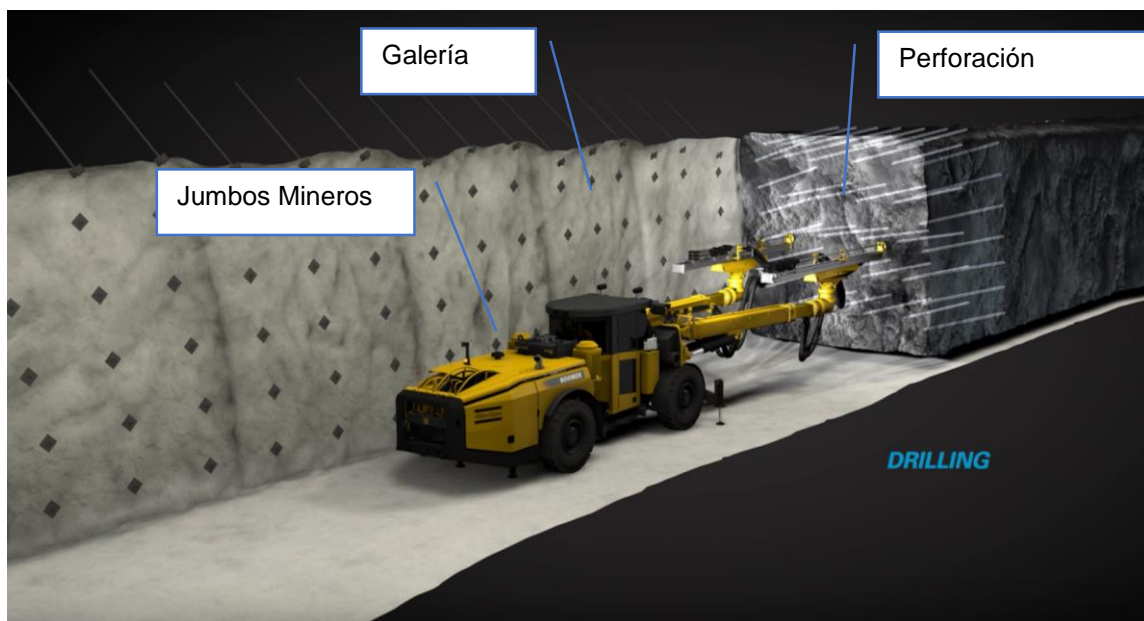


Figura 44: Perforación con maquinaria Jumbo
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.2.2. VOLADURA:

El trazo de la malla de perforación influye en la fragmentación del mineral, así como la densidad de la carga explosiva, secuencia de iniciación y otros parámetros, que son deducidos en base a experiencias de los supervisores y algunas teorías existentes en nuestro medio. Como explosivo se viene usando dinamitas de diferentes fábricas, ANFO, emulsiones, etc; como accesorios de voladura son utilizados fanel, nonel, mecha lenta, cordón detonante, fulminantes, conectores, etc. (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

Ilustración 1:

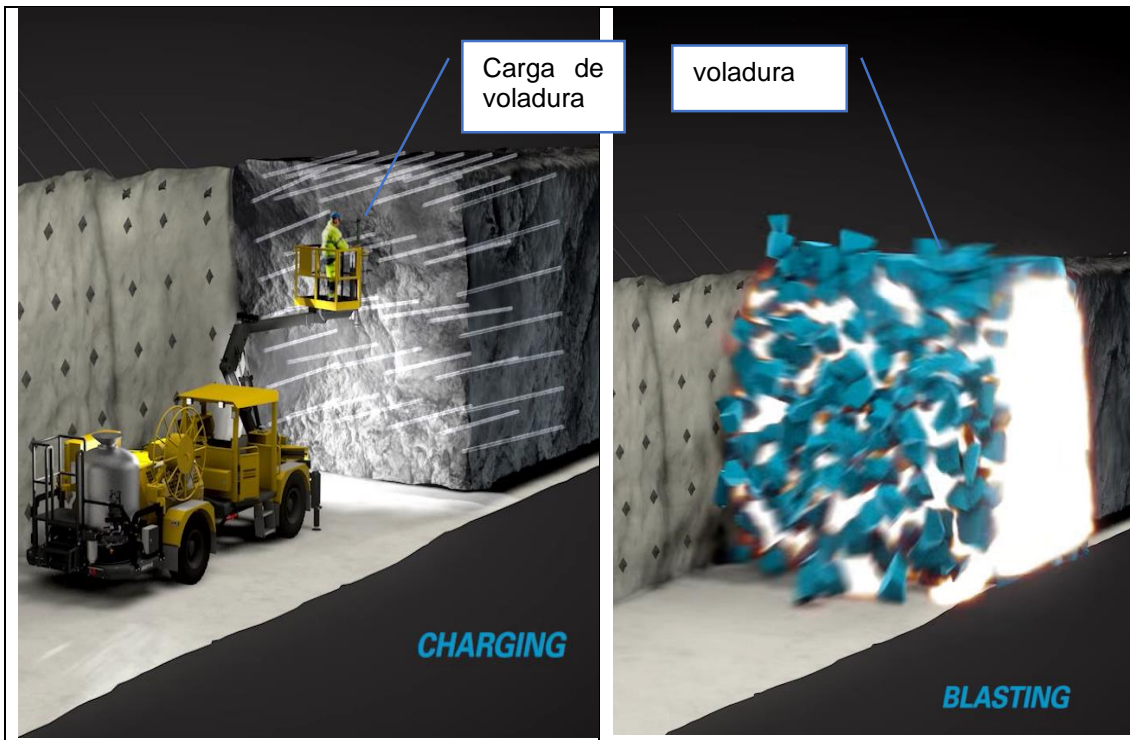


Figura 45: Carga y Voladura,
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.2.3. VENTILACIÓN

Proceso de extracción de aire contaminado producto de los gases tóxicos que se origina del proceso de voladura, para esto se utiliza conductos.

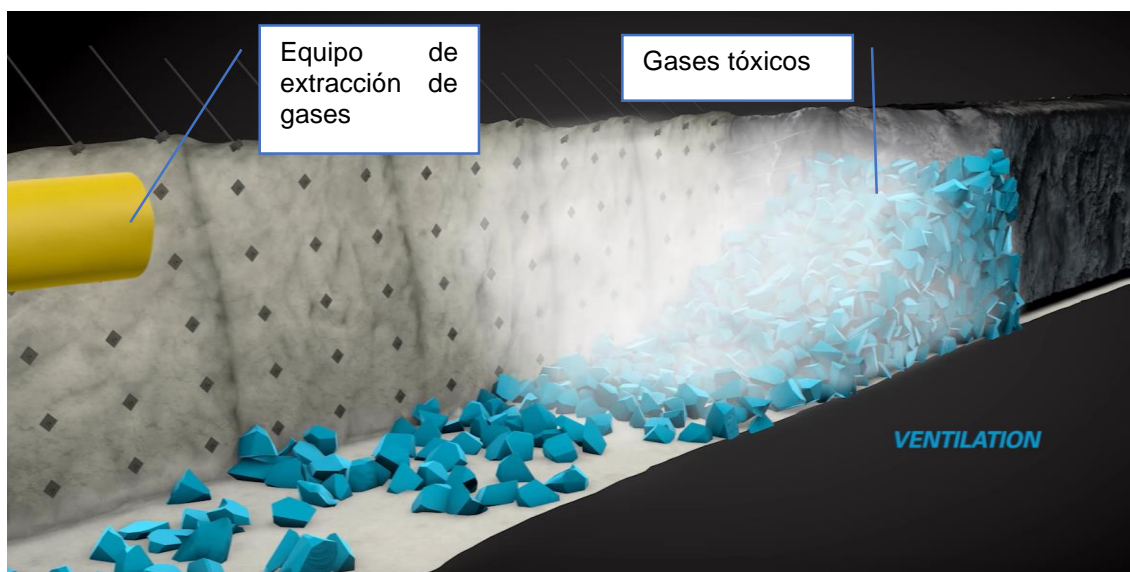


Figura 46: Extracción de los gases tóxicos producto del proceso de voladura
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.2.4. ACARREO, TRANSPORTE Y LIMPIEZA

Para el transporte de mineral se usan exclusivamente scooptrams.

El transporte en el tajo de método de corte y relleno ascendente es una de las operaciones unitarias mas importantes. La forma del tajeo condiciona la limpieza que de hecho conforma dos operaciones acarreo y transporte. En general las distancias son de acuerdo al radio de rendimiento de cada equipo de acarreo y transporte en muchas minas. Solamente en caso de vetas angosta (tajeos largos) se puede contemplar dos equipos distintos. (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

Con carro minero a mano o mecánico: Es interesante instalar una vía de riel, poner el mineral en carro y llevar este vagón hasta el echadero más próximo pudiendo acarrear hasta 40 metros en promedio. La introducción de una pala mecánica sobre vía mejora la velocidad de carguío.

Pala con tolva o pala auto vagón sin vía: El interés de este procedimiento es la ausencia de vías, cables; estos equipos son particularmente usados en el transporte y son bien adaptados a los tajeos de corte y relleno.

Transporte mecanizado: en el método mecanizado se usan equipos LHD eléctricos o diesel para acarreo hacia “ore pass”, luego pueden emplearse para la extracción volquetes de bajo perfil y evacuarse por medio de piques hacia la superficie.



Figura 47: Transporte y limpieza del material obtenido por el proceso de voladura,
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

1.2.5. RELLENO

El relleno que se comporta como un soporte. Es una necesidad en los tajeos explotados. El objetivo es que no afecte a otras áreas de trabajo, evitando el hundimiento y más aún para buscar seguridad en la explotación a medida que va profundizándose la labores, las presiones son mayores. (AGUILAR MARTINEZ, 2015)

En minería subterránea existen tres tipos de relleno que son relleno hidráulico, hidroneumático y convencional.

a) Relleno convencional: El relleno para las labores excavadas proviene generalmente de:

- ✓ Material estéril de desarrollo. Se estime en 40% aproximadamente.
- ✓ Deposito naturales de grava de superficie 60%.

la distribución del relleno en el tajeo es muy laborioso, llegándose a consumir hasta un 30% del tiempo del personal del tajeo, en muchos casos el piso no es uniforme, como consecuencia existe una pérdida de mineral por dilución.

Es muy difícil compactar el relleno de grava en todos los rincones del tajeo, debido al esponjamiento del material y la incomodidad entro del tajeo.

b) Relleno hidráulico: El relleno hidráulico es una mezcla de relave cicloneado con el agua o bien arenas glaciares con agua y la pulpa es transportada mediante tuberías accionadas por bombas o por gravedad a las labores:

Ofrece muchas ventajas como:

- ✓ El relave como material se halla en forma gratuita
- ✓ Es mucho más eficiente, económico y veloz.
- ✓ Flexibilidad en las técnicas mineras permitiendo transformar el método de baja eficiencia a métodos eficientes.

Así como también las siguientes desventajas:

- ✓ Alta inversión inicial.

- ✓ Mayor volumen de agua es introducido en la mina, requiriéndose la evaluación de bombeo o por gravedad.
 - ✓ Si la percolación no es adecuada crea el fenómeno del embudo, ocasionando derrumbes en lo posterior.
 - ✓ Problemas de tuberías, desgastadas, cambio de válvulas ocasionará paradas de la bomba.
 - ✓ Cuando en el relave exista gran cantidad de pirita se elevará la temperatura y produce anhídrido sulfuroso,
 - ✓ Pudiéndose provocar inclusive incendios.
- c) Relleno hidroneumático: Es similar al relleno hidráulico, usándose para el transporte tuberías de metal. El relleno hidroneumático consiste en enviar material chancado. Puede mezclarse con cemento y agua, la que o preparada en mezcladoras para este fin: la carga pasa por una tubería con diámetro apropiado la misma que da paso a una bomba neumática para enviar a los tajeos con alta presión de aire para rellenar los espacios vacíos.

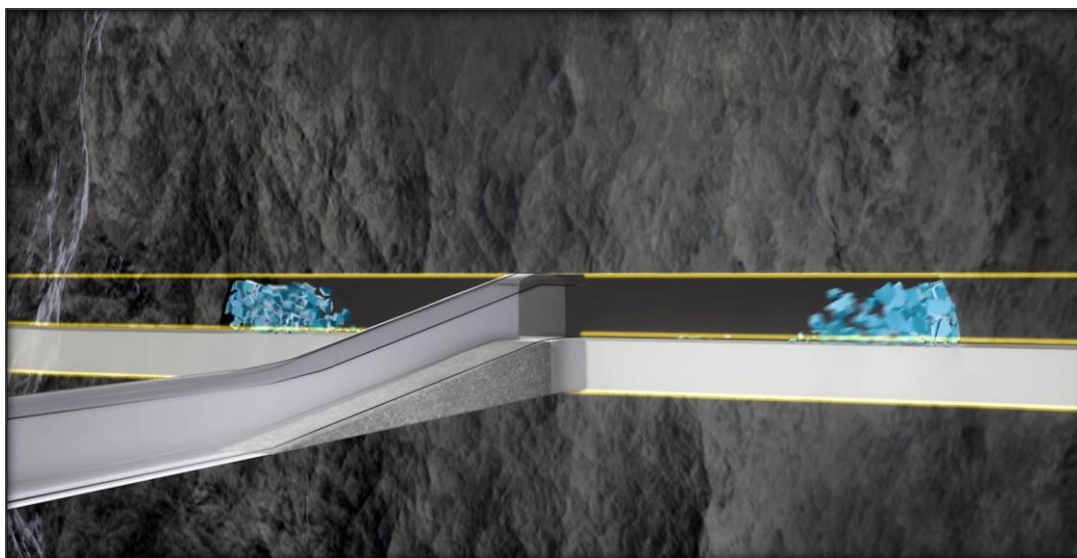


Figura 48: Relleno con material detrítico
Fuente: (ATLAS COPCO, 2016)

E. VENTAJAS.

- ✓ La recuperación es cercana al 100%.
- ✓ Es altamente selectivo, lo que significa que se pueden trabajar secciones de alta ley y dejar aquellas zonas de baja ley sin explotar.
- ✓ Es un método seguro.
- ✓ Puede alcanzar un alto grado de mecanización.
- ✓ Buena ventilación.
- ✓ Facilidad de cambio de método.

F. DESVENTAJAS.

- ✓ Costo de explotación elevado.
- ✓ Bajo rendimiento por la paralización de la producción como consecuencia del relleno.
- ✓ Consumo elevado de materiales de fortificación.
- ✓ El volumen de mineral arrancado en un ciclo de trabajo es relativamente pequeño.
- ✓ Los requerimientos de mano de obra en actividades no productivas son altos, por lo tanto, la productividad del método es baja.
- ✓ El mantenimiento de chimeneas es costoso.

G. RECUPERACION.

- ✓ Alta recuperación mayor a 90%
- ✓ La recuperación depende: en vetas angostas se puede sacar el puente, pero en vetas anchas hay que dejar el puente. Si el tajeo está debajo del nivel principal de transporte se deja un puente de buenas dimensiones.