

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA
EXPLOTACION DE LA VETA MARIA EN UNA MINA
SUBTERRÁNEA, CAJABAMBA - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas



Autores:

Royser Amado Flores Ortiz

Yummy Karla Dianira Marquina Paredes

Asesor:

Ing. Elmer Ovidio Luque Luque

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo se la dedico con todo mi corazón y esfuerzo a mis padres y hermanos por apoyarme, dedicarme de su tiempo para guiarme, de su amor y su paciencia, como también de su apoyo incondicional que ayudaron a lograr mis metas.

Yummy Karla Dianira Marquina Paredes

La presente tesis se la dedico de la manera especial primeramente a Dios, a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, sus consejos, el gran cariño y la confianza depositada en mi persona para lograr mis metas y objetivos trazados.

Royser Amado Flores Ortiz

AGRADECIMIENTO

Agradecemos enormemente a la vida, a Dios y a nuestros familiares que siempre estuvieron cuidándonos para ser personas de bien. Un agradecimiento muy especial al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC), por su apoyo incondicional, asimismo, agradecer a la Universidad Privada del Norte-Cajamarca por la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa casa de estudios como también poder acceder a una de sus becas, a los docentes que día a día nos compartieron sus conocimientos, al Director Elmer Ovidio Luque Luque por su labor desempeñada en dicho cargo. Por otro lado, agradecer a nuestro asesor Elmer Ovidio Luque Luque por haber aceptado, confiado y apoyado en la elaboración del informe de tesis.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	22
CAPITULO III. RESULTADOS.....	27
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	69
REFERENCIAS.....	72
Anexos	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Indicadores.....	13
Tabla 2: Ruta de acceso a la Veta María	17
Tabla 3: Coordenadas UTM de la veta María	18
Tabla 4: Forma del yacimiento.....	27
Tabla 5: Espesor promedio de la veta	28
Tabla 6: Potencia de veta.....	29
Tabla 7: Ángulo de inclinación de la veta.....	30
Tabla 8: Inclinación de la Veta.....	30
Tabla 9: Resultado de análisis químico	31
Tabla 10: Distribución de leyes	31
Tabla 11: Resistencia a la compresión simple de la estructura mineralizada	32
Tabla 12: Resistencia a la compresión simple de la roca caja techo	33
Tabla 13: Resistencia a la compresión simple de la roca caja piso	33
Tabla 14: Número de discontinuidades de la estructura rocosa	33
Tabla 15: Espaciamiento entre fracturas estructura mineralizada.....	34
Tabla 16: Espaciamiento entre fracturas roca caja techo	35
Tabla 17: Espaciamiento entre fracturas roca caja piso	35
Tabla 18: Resistencia de las discontinuidades de la zona mineralizada.....	37
Tabla 19: Resistencia de las discontinuidades de la caja techo	37
Tabla 20: Resistencia de las discontinuidades de la caja piso	37
Tabla 21: Distribución de valores según geometría y distribución de leyes del yacimiento	38
Tabla 22: Distribución de valores según las características geomecánicas de la estructura mineralizada	39
Tabla 23: Distribución de valores según las características geomecánicas de la roca caja techo.....	40
Tabla 24: Distribución de valores según las características geomecánicas de la roca caja piso	41
Tabla 25: Elección del método de explotación según la valoración total	42
Tabla 26: Valoración del método de explotación según puntuación de mayor a menor	43
Tabla 27: Para la Veta María la distancia entre taladros se considera	46
Tabla 28: Para la veta María el coeficiente de roca es el siguiente	47
Tabla 29: Datos para calcular los costos de explosivos y accesorios	51
Tabla 30: Cálculo de costo de dinamita 65% en dólares por metro perforado.....	51
Tabla 31: Cálculo de costo de fulminante N° 8 en dólares por metro perforado	52
Tabla 32: Cálculo de costo de mecha lenta en dólares por metro perforado	52
Tabla 33: Cálculo de costos de ventilación en dólares	53
Tabla 34: Especificaciones técnicas del carro minero U-35.....	54
Tabla 35: Resumen de costos de voladura	55
Tabla 36: Resumen de costos de aire comprimido y costo total en dólares por frente	56
Tabla 37: resumen de costos de la máquina de perforación y el costo total en dólares por frente	57
Tabla 38: Resumen de costo de barrenos de perforación y costo total en dólares por frente	58
Tabla 39: Resumen del costo de la broca de perforación y el costo total en dólares por frente	58
Tabla 40: Resumen del costo de lubricante y el costo total en dólares por frente	59
Tabla 41: Resumen de los costos de perforación	59
Tabla 42: Resumen de los costos de limpieza	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de a Veta María	16
Figura 2: Accesibilidad a la Veta María.....	17
Figura 3: Forma irregular del yacimiento tipo veta.....	28
Figura 4: Espesor de veta.....	29
Figura 5: Inclinación de Veta	31
Figura 6: Espaciamiento entre fracturas estructura mineralizada.....	34
Figura 7: Espaciamiento entre fracturas roca caja techo	35
Figura 8: Espaciamiento entre fracturas de la roca caja piso	36
Figura 9 ciclo de minado en la veta María.....	45

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	13
Ecuación 2.....	14
Ecuación 3.....	15
Ecuación 4.....	46
Ecuación 5.....	46
Ecuación 6.....	64
Ecuación 7.....	64
Ecuación 8.....	65
Ecuación 9.....	68

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general la evaluación técnica y económicamente para la explotación de la veta María en una mina Subterránea, Cajabamba 2020, la metodología es del tipo aplicada y de diseño no experimental-descriptivo. El estudio presenta una muestra de 100 metros de avance en la veta María. El lugar donde se realizó la investigación se encuentra en el Centro Poblado Algamarca, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba. El procesamiento de datos se realizó en etapas, una visita técnica in-situ de la veta y finalmente trabajo de gabinete para el análisis de datos. Los instrumentos utilizados fueron una libreta de campo, cámara, programas y software. La evaluación geométrica indica forma del yacimiento irregular, potencia estrecha, inclinación inclinada y distribución de leyes gradual. La evaluación geomecánica indica estructura mineralizada 65.73 MPa-alta, caja piso 51.08 MPa-alta y caja techo 53.26 MPa-alta, espaciamiento entre fracturas es muy pequeño y pequeño, resistencia de las discontinuidades pequeña. Mediante el análisis numérico se determinó el método de explotación corte y relleno. También, se estimó el flujo de caja y los indicadores económicos obteniendo un VAN de \$1224,614.29, TIR de 166%, B/C de \$8.05 y un Payback de 7 meses y 24 días. Finalmente se concluye que el proyecto es económicamente rentable.

Palabras clave: Método de explotación, evaluación técnica y económica, VAN, TIR, PAYBACK

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A lo largo de la historia económica peruana, la minería ha contribuido al crecimiento económico del país y ha sido fuente muy importante de ingresos fiscales a nivel nacional e internacional. No obstante los motivos de preocupación de las comunidades campesinas y la sociedad en general son por los fuertes impactos ambientales y conflictos sociales los cuales han sido problemas muy grandes en las últimas décadas.

En el Perú la minería artesanal se ha convertido en un importante generador de empleo para las personas que no pueden insertarse en los cada vez más débiles mercados laborales, así como representa la principal actividad económica para muchas familias de extrema pobreza, que han encontrado en ella una forma de subsistir. Este tipo de minería se ha caracterizado por su alto nivel de informalidad, lo que trae consigo condiciones de trabajo inseguras y acumulación de pasivos ambientales mineros en las zonas donde se llevan a cabo sus labores, ante todo este problema que se atraviesa actualmente se está desarrollando políticas, planes y programas para frenar la expansión de la minería informal e ilegal. Álvarez y Aroca, 2015.

La pequeña minería en nuestro país desarrolla sus operaciones utilizando métodos empíricos y herramientas básicas para la extracción de los minerales, en esta escala de minería continua la falta de orden y tecnología en sus operaciones mineras, en muchos casos no cuentan con un método adecuado de explotación del mineral y carecen de un planeamiento de minado, sistemas de control de costos, implementación de sistemas de seguridad, etc. generando una pésima productividad y agotamiento prematuro de recursos mineros. Cueva y Rojas, 2018.

Hoy en día la minería artesanal, en especial las que se dedican a la explotación de oro, plata y cobre en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajabamba, distrito Cachachi, donde en su totalidad desconocen los parámetros, estándares de calidad, manejo medioambiental y social, características del yacimiento, parámetros de seguridad y salud

ocupacional, métodos de explotación subterráneos y sus criterios de manejo y aplicación, esta escasez de conocimiento se da por motivos de una falta de asesoramiento y un análisis profundo a nivel técnico y económico.

Percibiendo estas dificultades encontradas los conlleva a una explotación inapropiada, desordenada e incumpliendo los reglamentos establecidos por el ministerio de energía y minas, donde no cuentan con un método de explotación apropiado, maquinaria apropiada, personal capacitado, equipos de protección personal (EEP) y también al no existir una dirección técnica y económica para el desarrollo de sus operaciones.

En la investigación de Cueva Quispe y Rojas Atalaya (2018) titulada “Propuesta Técnica de Aplicación del Método de Explotación Longwall Mining en la Mina Piñipata”, les permitió evaluar características geométricas y geomecánicas del yacimiento con el fin de determinar el método apropiado para su explotación, considerando el análisis de procedimiento numérico de selección propuesto por los autores del libro “Explotación Subterránea Métodos y Casos Prácticos”, el diseño técnico permitió determinar que el método Long Wall Mining es más operativo y seguro realizando una extracción adecuada del mineral. Permittedose una extracción de 90 a 100 %, recuperándose de manera eficiente las reservas en comparación a otros métodos de explotación subterránea.

Para Cabello Corman (2008) las condiciones geológicas, geométricas e hidrogeológicas y el análisis geomecánico de la veta Piedad sirvieron como base para la selección técnica de los métodos aplicables para la explotación de la veta Piedad. Posteriormente estos métodos se evalúan bajo ciertas consideraciones económicas como: dilución, recuperación de reservas geológicas, valor del mineral y costo de producción. Con estas consideraciones se realiza la evaluación económica empleando los criterios del “VAN” y “TIR” con este análisis finalmente permitirá seleccionar el método más óptimo para la explotación de la veta Piedad.

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). La estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

Ladera N, (1989), Ingeniero de Minas en su publicación “Estado Tecnológico de las Minas Subterráneas en el Perú” considera que la geología, las labores de exploración, las reservas, la geometría de la estructura mineralizada, las características geomecánicas y la hidrogeología influyen en la selección del método de explotación adecuado. Por ello sugiere que es importante el conocimiento de las características del yacimiento antes de seleccionar la tecnología más adecuada y eficiente.

Para Gago (1996) Ingeniero de Minas, considera que se deben de estudiar como parámetros fundamentales la geometría del yacimiento, la distribución de leyes, las resistencias de la roca y la estructura mineralizada, adicionalmente se tiene que considerar los costos de producción, la recuperación, las condiciones ambientales y la seguridad como parámetros para la selección numérica del método de explotación minera. Sugiere que los parámetros deben ser examinados con bastante rigurosidad para efectos de evaluación, revisión y selección del método apropiado para la explotación.

Según Castellano Sánchez, Maque Vilca, y Jun (2015) en su investigación la reducción de costos tiene una relación directa con mecanización de procesos (mecanización) ampliación de rampas (mayores volúmenes de mineral extraídos transportados a superficie), menor tiempo en los procesos. La evaluación de una PEQUEÑA MINA SUBTERRANEA resulta compleja por la falta de información de este tipo de minas, teniendo en cuenta la baja ley que tiene el yacimiento minero (oro y cobre) para su evaluación económica y financiera.

Rojas (2019), presento su tesis en la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, Titulada “Factibilidad técnica - económica de la aplicación del método de explotación Longwall Mining para incrementar la producción de

carbón antracita en la Mina Piñipata - 2019”. El diseño de investigación es Aplicada. Asimismo, los instrumentos fueron: guías de observación y fichas de registro de datos. En cuanto, a los procedimientos se realizó en dos etapas: la primera análisis bibliografía concerniente al tema y la segunda fue visitas a campo. Por último, el resultado más resaltante que se obtuvo en la evaluación económica logrando obtener resultados óptimos como un VAN de US\$290,441.49, una TIR de 78.82%, el Payback de 13.65 meses y la Relación Beneficio/Costo de 2.11, los cuales indican que el proyecto es netamente viable.

Luego, se profundiza un sustento teórico estrictamente aplicadas a las variables del presente estudio de investigación como análisis técnica y económica, a partir de fuentes confiables como: Google Académico, Scielo, Redalyc, Repositorios universitarios etc.

Para la selección de un método de explotación, se tiene que identificar muchos parámetros geomecánicos basadas en técnicas aplicadas en otras minas. Hoy en día para elegir un nuevo método u cambiar se tiene que analizar, la inversión económica, la variabilidad de los parámetros, la geometría del yacimiento, la distribución de leyes, las propiedades geomecánicas del mineral y aspectos económicos relacionados al (VAN, TIR, B/C, COK, Payback), indicadores que ayudaran a saber la viabilidad del proyecto minero.

Tabla 1

Indicadores

Indicadores	Definición	Ecuación
<p>VAN (Valor actual neto)</p>	<p>Según (Rocabert, 2007) define que el “valor actual neto mide la deseabilidad de un proyecto en términos absolutos. Calcula la cantidad Total en que aumentado el capital como consecuencia del proyecto”. A la vez (Mete, 2014) formula que el “valor actual neto son los (ingresos periódicos menos egresos periódicos)”.</p> <p>Por lo tanto el flujo de caja es constante.</p> <p>VAN > 0: La inversión produciría ganancias. (aceptable)</p> <p>VAN < 0: La inversión produciría pérdida. (rechazable)</p> <p>VAN = 0: Cuando en la inversión hay igualdad no existirá ni ganancias ni pérdidas, por tanto se deberá solucionar con otras fuentes o criterios aplicables a dicho proyecto.</p>	<p>Formula: Ecuación 1</p> $VAN = -D_0 + CF \left[\frac{1-(1+k)^{-n}}{k} \right] > 0$ <p>Donde:</p> <p>D₀: desembolso inicial</p> <p>CF: flujo de caja constante</p> <p>n: duración de la inversión</p> <p>k: tasa de actualización</p>

TIR	Según (Rocabert, 2007) define que la “Tasa interna de	Formula:
(Tasa interna de retorno)	<p>retorno expresa el crecimiento del capital en términos relativos y determina la tasa de crecimiento del capital por período.” A la vez (Mete, 2014) Formula que la “Tasa interna de retorno es aquel que iguala el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos del proyecto.”</p>	<p>Ecuación 2</p> $TIR = \sum_{T=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$ <p>Donde:</p> <p>F_n: flujo de caja en el periodo n.</p> <p>i: valor de la inversión inicial</p> <p>n: Numero de periodos.</p>
B/C	<p>Según (Huerta, 2018) define que el “Costo monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien, servicio o actividades. Por otra parte el beneficio es un bien que se recibe por la ejecución de alguna tarea o trabajo en función del tiempo”.</p>	<p>Formulas:</p> <p>$B/C > 1$, indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.</p> <p>$B/C=1$, Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.</p>

Donde el costo – beneficio compara directamente costos y $B/C < 1$, muestra que los costos son beneficios en función a 1. Por lo tanto para ver si es viable este proyecto se debe cumplir lo siguiente.

mayores que los beneficios, no se debe considerar.

COK

(Costo de oportunidad de capital)

Según, (Rojas, 2019) define que el “costo de oportunidad de capital, se obtendrá a partir de un préstamo bancario en entidades privadas como: Interbank, mi banco etc. La tasa efectiva anual (TEA) que debe fluctuar es del 14%, en un periodo de 3 años”

Payback

(Periodo de recuperación)

El Payback es un indicador que mide el tiempo mínimo u máximo que requiere la empresa para recuperar inversiones iniciales del proyecto en marcha. Asimismo todos los flujos de caja son iguales cada año. Por lo tanto la fórmula que daría lugar a este indicador es la siguiente.

Formula:

Ecuación 3

$$Payback = \frac{I_0}{F}$$

Donde:

I_0 : inversión inicial

F: Valor de los flujos de caja

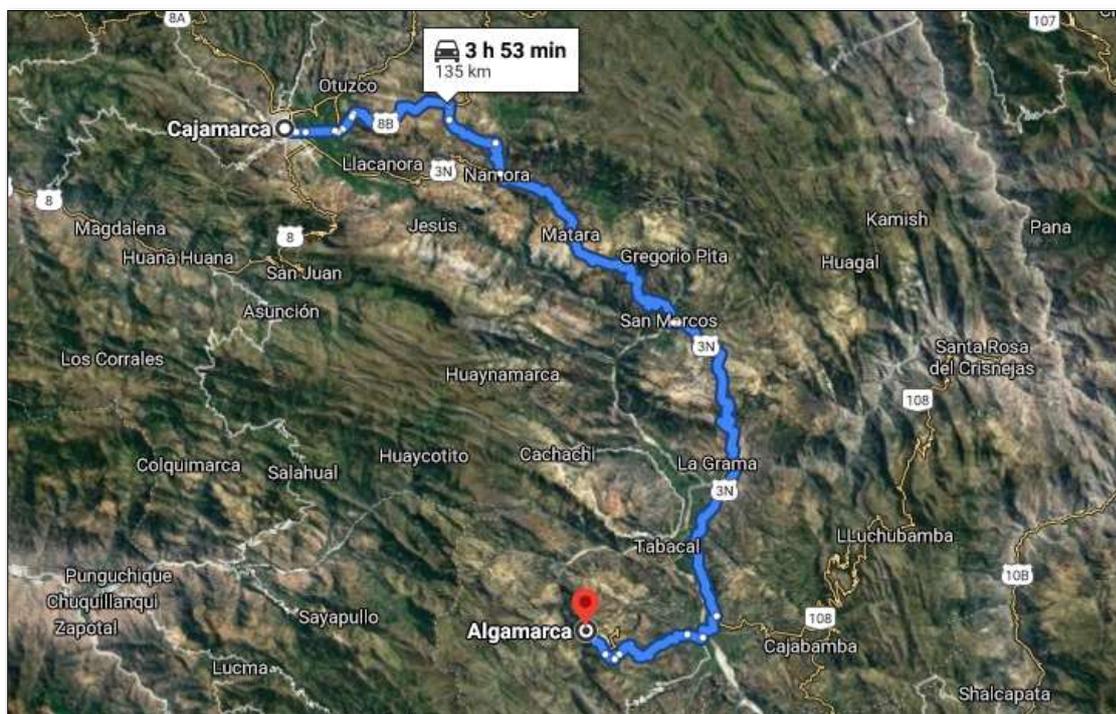
Tabla 2

Ruta de acceso a la Veta María

	Tramo	Distancia (km)	Tiempo (h/min)	Tipo de Vía
Ruta	Cajamarca- San Marcos	68.1km	2 horas	Carretera asfaltada
	San Marcos- La Grama	25.7 km	40 minutos	Carretera asfaltada
	La grama- Chuquibamba	26.3 km	40 minutos	Carretera asfaltada- afirmada
	Chuquibamba- Algamarca	21.2 km	50 minutos	Trocha carrozable
	Algamarca- Boca Mina	5 km	15 minutos	Trocha carrozable

Figura 2

Accesibilidad a la Veta María



Fuente: Google Maps

Concesión Minera

El titular de la concesión minera donde se ubica la Veta María es Shahuindo S.A.C con el nombre Acumulación Shahuindo con código 010000411L con una extensión de 7000 hectáreas, y pertenece a la Carta Geológica Nacional de Cajamarca (16-G), zona 17. La zona de estudio tiene las siguientes coordenadas UTM en el sistema WGS84.

Tabla 3

Coordenadas UTM de la veta María

Coordenadas UTM del cuadrángulo		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
1	9 164 000.00	806 000.00
2	9 163 000.00	806 000.00
3	9 163 000.00	805 000.00
4	9 164 000.00	805 000.00

Fuente: INGEMET-GEOCATMIN

Geología general

El Proyecto se ubica en la franja septentrional de la Cordillera Occidental de los Andes, en el Noreste del Perú. Presenta una morfología variada, resultado del intenso plegamiento, fallamiento, y eventos de intrusión magmática que han afectado al substrato Cretácico durante su evolución geológica. La estratigrafía regional está conformada, por secuencias de lutitas negras, laminares, con intercalaciones de areniscas grises asignadas a la Formación Chicama del Jurásico superior; le siguen cuarcitas, areniscas, limolitas y lutitas, correspondiente a la formación Chimú del Cretácico medio a superior. Localmente, el Proyecto se ubica en el flanco oriental del Alto de Algamarca o Anticlinal Algamarca. La estratigrafía en la zona del Proyecto está representada por secuencias sedimentarias del Cretácico inferior, replegadas y falladas, y cubiertas en parte por depósitos del Cuaternario reciente. Alvares y Aroca (2015)

Geología Estructural

Las estructuras principales en la zona de estudio están relacionadas con el segundo movimiento del Ciclo Andino. El proyecto está localizado dentro de un pliegue regional que afecta a la faja de rocas sedimentarias mesozoicas. El rumbo del eje del pliegue y de las fallas de sobre escurrimiento es hacia el noroeste. El félsico es también elongado hacia el noroeste. El anticlinal de Algamarca refleja lo mencionado y es de forma triangular. Por otro lado la orientación de los depósitos de los minerales en el área de interés refleja también la tendencia estructural noroeste, el cual es dominante. Además las fracturas conjugadas, pliegues y rasgos planares axiales son todos evidentes dentro del lado noreste del anticlinal. Alayo (2017)

Mineralización

La alteración supergénica y la oxidación se producen a profundidades variables que van desde los 15m hasta los 200m bajo la superficie. En las facies de óxidos producto de la meteorización, el oro y la plata están asociados con la jarosita y la hematita. En las facies de Sulfuros el Oro es generalmente de grano muy fino. La Pirita de grano fino forma asociación cercana con la mineralización de Oro y se presentan como diseminaciones y vetillas y cuerpos semi-masivos. También se han reportado Tetrahedrita, Calcopirita, Esfalerita, Blenda, Galena, Arsenopirita, Estibina, y Covelina. La Plata se encuentra generalmente en Sulfuros. Alvares y Aroca (2015)

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la evaluación técnica y económica que permitirá explotar la veta María en una mina subterránea en Cajabamba?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar la evaluación técnica y económica para la explotación de la veta María en una mina subterránea, Cajabamba-2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características geométricas y parámetros geomecánicos para la explotación de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.
- Seleccionar del método de explotación para la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.
- Analizar el costo beneficio de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

El Análisis técnico y económico para la explotación de la veta María en una mina subterránea, Cajabamba – 2020.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Es posible determinar las características geométricas para la explotación de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.
- Es posible determinar los parámetros geomecánicos para la explotación de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.
- Es posible calcular la inversión que se va a utilizar para explotación de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.

- Es posible calcular los costos unitarios de explotación de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.
- Es factible analizar la rentabilidad para la explotación de la veta María.
- Es factible analizar el VAN y TIR para la explotación de la veta María en la una mina subterránea en Cajabamba.
- Es Factible determinar de qué manera, cual método es el más aceptable y eficiente para la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según (Vargas, 2009) la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Para Escamilla (2010) una investigación no experimental, es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos; mientras que en una investigación descriptiva, se seleccionan una serie de cuestiones, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas. (Rojas, 2019)

Según lo anterior el tipo de investigación es **no experimental – descriptiva**, de corte transversal que permite el estudio de variables recopiladas en un periodo de tiempo y tiene como propósito mejorar las condiciones técnicas y económicas a partir de datos reales adquiridos durante la investigación de la veta María para su explotación. Además las variables fueron medidas y discretas independientemente.

Por lo tanto el nivel de la investigación será descriptivo y el diseño de investigación es no experimental de corte transversal.

2.2. Materiales y equipos.

2.2.1. Materiales de estudio.

- El presente proyecto de estudio se sitúa en la veta María una mina subterránea en Cajabamba, con un macizo rocoso de calcopirita, tetraedrita y enargita con gangas de pirita y cuarzo de tipo IIIA y IIIB, de densidad 2.85 g/cm³.

2.2.2. Equipos:

- Computadoras personales.
- Calculadoras.
- GPS.
- Brújula.
- flexómetro.
- Cámara (fotografías).
- Libreta de apuntes.

2.2.3. Herramientas informáticas:

- AutoCAD.
- Phase.
- Microsoft Excel.
- Geocatmin.

2.2.4. Población.

Las operaciones o labores mineras subterráneas que corresponden a la veta María en una mina subterránea, Cajabamba-2020, considerando 100 metros de avance.

2.2.5. Muestra.

Labor minera socavón veta María una mina subterránea en Cajabamba.

2.2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Con respecto a las técnicas e instrumentos de recolección de datos que permita analizar el proyecto de manera no experimental en la veta María una mina subterránea en Cajabamba, se consideró:

- **Técnicas utilizadas son:**
 - ✓ Observación, recopilación documental y entrevistas.
 - ✓ Trabajos de gabinete como:
 - Recolección de datos referenciales y exploratorios.

- Recolección de imágenes y planos.
- Procesamiento de datos del área de productividad.
- ✓ Revisión y recopilación de fuentes bibliográficas referidas al tema de investigación obtenida de Repositorio UPN, Repositorio ESAN, Osinergmin, Revista del Instituto de Investigación, EXA.
- ✓ Análisis documental en la revisión de los registros de producción de informes estudiados anteriormente.
- **Instrumentos:**
 - ✓ Fichas de observación.
 - ✓ Datos estadísticos del área en estudio.
 - ✓ Zonificación del área de influencia.
 - ✓ Planos topográficos, geológicos y geomecánicos existentes de la zona del proyecto.
 - ✓ Fichas de resumen.
 - ✓ Observaciones del investigador y colaboradores, con fundamentos teóricos concernientes al tema de la investigación.
 - ✓ Guía de observación del investigador.
 - ✓ Entrevistas estructuradas a informantes claves.
 - ✓ Hojas de cálculo de Excel.

2.2.7. Procedimiento de recolección de datos.

- Reconocimiento detallado de la zona del proyecto, realizando el acopio de información histórica y actual con lo que cuenta la veta María una mina subterránea en Cajabamba.
- Recolección de información de las diferentes instituciones, bibliotecas, archivos o publicaciones científicas concerniente a estudios técnicos y económicos para la

explotación de la veta. Además de revisó imágenes satelitales y catastrales para los permisos y determinación de las rutas de acceso a la zona de investigación.

- Revisión de la información topográfica, geomecánica y geológica de la zona de estudio o del proyecto.
- Recopilación de datos del área de investigación utilizando los diversos equipos ya mencionados.
- Manejo de los datos de informes o documentos anteriormente analizados o pasados, mediante la utilización de tablas, gráficos, planos, fotografías, herramientas informáticas, etc.

2.3.Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.

- Se hará un estudio preliminar de la veta María recolectando información técnica y económica para mejorar la calidad de trabajo y optar por un método de explotación factible y beneficiosa.
- Se realizará un estudio geológico y geomecánico preliminar el cual nos brindará las características del macizo rocoso y el tipo de mineralización para determinar distinciones en los métodos en estudio.
- Se tratará la información bibliográfica, de revistas, folletos e información virtual acerca de los costos unitarios de explotación.
- Se calculara y analizara los costos como son: VAN Y TIR para la elección del método de explotación más beneficioso.
- Todos los datos que requieran ser tabulados y/o graficados se realizará con la ayuda de softwares y computadoras o calculadoras que nos puedan ayudar hacer un análisis respectivo.
- Se empleará también la estadística aplicada, mediante hojas de cálculo o cuadros comparativos en Excel.

2.4.Aspectos éticos.

- **Citado de acuerdo a manual APA y respeto de autoría:**

Todas las partes, estructuras o párrafos extraídos y utilizados en este estudio que no correspondan a la autoría propia, se han considerado estrictamente a los verdaderos autores, respetando y salvaguardando la propiedad intelectual, respecto a las teorías y conocimientos diversos que ellos plantean, mediante un adecuado y apropiado citado, precisando las fuentes bibliográficas de donde se han extraído o referenciado; es por esto que esta investigación es totalmente transparente en cuanto a la presentación de todo el tema en mención, sin incumplir con las normas correspondientes al derecho de la propiedad referida a los autores.

- Esta investigación está regido íntegramente a los protocolos presentados o establecidos por la Universidad, dando, mostrando y contribuyendo con importantes aportes con respecto a información del sector minero, puesto a disposición para investigaciones futuras o a quien la necesite y/o aproveche.
- Este investigación no atenta contra ninguna organización, sindicato, comunidad, organización o localidad la cual vea afectada o vulnerada sus derechos, sus costumbres o tradiciones, puesto que esta se basa única y principalmente en la veta en mención y es realizado con datos específicamente tomados del mismo y de fuentes ya publicadas.
- Con respecto al medio ambiente, no se genera ningún tipo de contaminación puesto que esta investigación es no experimental.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Características geométricas y geomecánicas de la veta María

3.1.1. Características geométricas

Geometría del yacimiento. Según estudio realizado por (Maquera, y otros, 1999) para hallar la geometría del yacimiento se utilizó distintos parámetros. Ver anexo 1

Forma. Según la geometría del yacimiento es irregular tipo veta porque existe presencia de areniscas, lutitas, cuarcitas, calcopirita, bornita, covelina de tipo rosario angostas.

Tabla 4

Forma del yacimiento

Forma del yacimiento	Descripción
Masivo	Todas las dimensiones son iguales en cualquier dirección.
Tabular	Dos dimensiones son mucho mayor que la tercera.
Irregular	Las dimensiones varían a distancias muy pequeñas.

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla muestra cómo cambia la forma del yacimiento de acuerdo a las características.

Figura 3

Forma irregular del yacimiento tipo veta



Fuente: elaborado por los autores

Potencia. Los datos obtenidos en campo respecto a la potencia de la veta en las zonas que presenta afloramiento se aprecia variaciones de 0.10 m a 0.50 m como máximo de espesor.

Tabla 5

Espesor promedio de la veta

Potencia de la Mineralización	
Estación	Medida (m)
Primera estación	0.10
Segunda estación	0.20
Tercera estación	0.30
Cuarta estación	0.40
Quinta estación	0.50
Sexta estación	0.50
Potencia promedio	0.33

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 6

Potencia de veta

Potencia	Rango
Estrecha	< a 10 m
Intermedia	10 - 30 m
Potente	30 - 100 m
Muy potente	> a 100 m

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos indica la clasificación de la potencia de la veta por rangos en metros.

Por lo tanto según los indicadores de la tabla n° 6 y el espesor promedio de la veta obtenido de las estaciones es de 0.33 m, y se clasifica como potencia estrecha menores a 10m.

Figura 4

Espesor de veta



Fuente: elaborado por los autores

Inclinación. Con los datos obtenidos en campo de la veta María presenta un rumbo noroeste y un buzamiento suroeste

Tabla 7 *Ángulo de inclinación de la veta*

	Puntos	Rumbo	Buzamiento	Dirección del buzamiento
Ángulo de inclinación de la veta	1	N 40° E	67°	215 ° SW
	2	N 42° E	70°	220° SW
	3	N 44° E	67°	225° SW
	4	N 46° E	70°	230° SW
	5	N 47° E	67°	235° SW
	6	N 48° E	65°	240° SW
	Promedio	N 45° E	67°	227° SW

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 8

Inclinación de la Veta

Inclinación	Rango
Hechado	< a 20°
Intermedio	20° - 55°
Inclinado	> a 55°

Fuente: Elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos indica la clasificación de la veta el grado según el grado de inclinación.

De acuerdo los indicadores de la tabla 8 y el ángulo de inclinación promedio de la veta que es 67.7° por lo que se determina que es una veta inclinada > a 55°

Figura 5

Inclinación de Veta



Fuente: elaborado por los autores

Distribución de leyes: para poder determinar la distribución de leyes en la Veta María se tomó tres muestras: caja piso, caja techo y mineral que fueron enviados al laboratorio para su análisis, los resultados son los siguientes,

Tabla 9

Resultado de análisis químico

Muestra	Oro (g/TM)	Plata (g/TM)	Cobre (%)
M1- Caja techo	0.78	36.02	
M2- Caja piso	0.84	39.56	
M3- Mineral	7.78	910.22	14.93

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos muestra los resultados del análisis químico realizado en el laboratorio G&S Laboratory.

Tabla 10

Distribución de leyes

Distribución de leyes	Características
Uniforme	La ley del yacimiento se mantiene constante en cualquier punto del yacimiento mineralizado.

Gradual o diseminado	Las leyes tienen una distribución zonal y cambian de forma gradual de un punto a otro.
Errático	No existe una relación espacial entre las leyes, ya que estas cambian radicalmente de un punto en distancias muy pequeñas.

Fuente: elaborado por los autores

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 10 se determina que la distribución de leyes es gradual o diseminado ya que las leyes presentan una distribución zonal y cambian de forma gradual de un punto a otro.

3.1.2. Características geomecánicas de la veta María

Resistencia de la matriz rocosa: de acuerdo a las muestras extraídas de la veta María: mineral, caja piso, caja techo que fueron llevadas al Laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Nacional de Trujillo, determinándose la resistencia mediante el ensayo de compresión simple obteniendo los siguientes resultados Mineral (65.73 MPa), Caja piso (51.08 MPa) y Caja techo (53.26 MPa)

Estructura mineralizada: la resistencia de la estructura mineralizada a la compresión simple de la Veta María es 65.73 MPa

Tabla 11

Resistencia a la compresión simple de la estructura mineralizada

Resistencia a la Compresión	
Parámetros	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
Pequeña	< a 8
Media	8 – 15
Alta	> a 15

Fuente: elaborado por los autores

Caja techo: la resistencia a la compresión simple de la roca caja techo de la Veta María es 53.26 MPa.

Tabla 12

Resistencia a la compresión simple de la roca caja techo

Resistencia a la Compresión	
Parámetros	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
Pequeña	< a 8
Media	8 – 15
Alta	> a 15

Fuente: elaborado por los autores

Caja piso: la resistencia a la compresión simple de la roca caja techo de la Veta María es 51.08 MPa.

Tabla 13

Resistencia a la compresión simple de la roca caja piso

Resistencia a la Compresión	
Parámetros	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
Pequeña	< a 8
Media	8 – 15
Alta	> a 15

Fuente: elaborado por los autores

Espaciamiento entre fracturas: se delimita un área de 1m² en cada estructura y se procede a contar el número de discontinuidades en el área determinada de la veta María.

Tabla 14

Número de discontinuidades de la estructura rocosa

Número de discontinuidades

Estructura	Fracturas/m
Mineral	17
Caja techo	12
Caja piso	10

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos muestra el número de discontinuidades por metro cuadrado.

Tabla 15

Espaciamiento entre fracturas estructura mineralizada

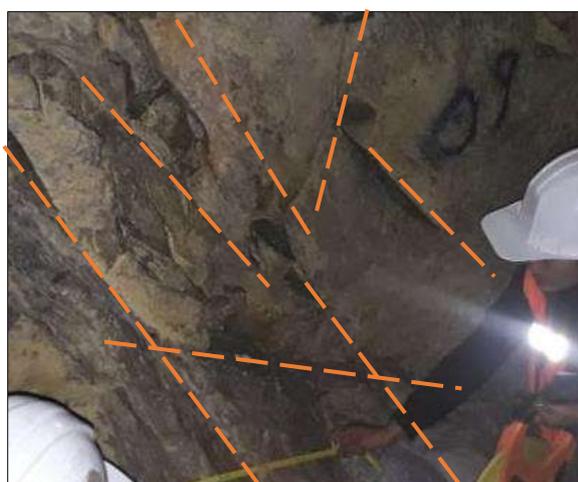
	Fracturas/m	RQD %	
Espaciamiento entre fracturas-estructura mineralizada	Muy pequeña	> 16	0 – 20
	Pequeña	10 – 16	20 – 40
	Grande	3 – 6	40 – 70
	Muy grande	3	70 – 100

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos indica en que rango se encuentra la estructura mineralizada de acuerdo al número de discontinuidades por metro cuadrado encontradas.

Figura 6

Espaciamiento entre fracturas estructura mineralizada



Fuente: elaborado por los autores

Tabla 16

Espaciamiento entre fracturas roca caja techo

	Fracturas/m	RQD %	
	Muy pequeña	> 16	0 – 20
Espaciamiento entre fracturas-caja techo	Pequeña	10 – 16	20 – 40
	Grande	3 – 6	40 – 70
	Muy grande	3	70 – 100

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos indica en que rango se encuentra la roca caja techo de acuerdo al número de discontinuidades por metro cuadrado encontradas.

Figura 7

Espaciamiento entre fracturas roca caja techo



Fuente: elaborado por los autores

Tabla 17

Espaciamiento entre fracturas roca caja piso

	Fracturas/m	RQD %
Muy pequeña	> 16	0 – 20
Espaciamiento entre fracturas-caja piso	Pequeña	20 – 40
	Grande	40 – 70
	Muy grande	70 – 100

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos indica en que rango se encuentra la roca caja piso de acuerdo al número de discontinuidades por metro cuadrado encontradas.

Figura 8

Espaciamiento entre fracturas de la roca caja piso



Fuente: elaborado por los autores.

Resistencia de las discontinuidades: el estudio de la resistencia de las discontinuidades se realizó en campo con ayuda de la observación directa, donde las tablas 18, 19 y 20 se detallan cada uno como la estructura mineralizada, caja techo y caja piso.

Tabla 18

Resistencia de las discontinuidades de la zona mineralizada

Resistencia de las discontinuidades	
Pequeña	Discontinuidades limpias con una superficie suave o con material de relleno blando.
Media	Discontinuidades limpias con una superficie rugosa.
Grande	Discontinuidades rellenas con un material de resistencia igual o mayor que roca intacta.

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 19

Resistencia de las discontinuidades de la caja techo

Resistencia de las discontinuidades	
Pequeña	Discontinuidades limpias con una superficie suave o con material de relleno blando.
Media	Discontinuidades limpias con una superficie rugosa.
Grande	Discontinuidades rellenas con un material de resistencia igual o mayor que roca intacta.

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 20

Resistencia de las discontinuidades de la caja piso

Resistencia de las discontinuidades	
Pequeña	Discontinuidades limpias con una superficie suave o con material de relleno blando.
Media	Discontinuidades limpias con una superficie rugosa.
Grande	Discontinuidades rellenas con un material de resistencia igual o mayor que roca intacta.

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 21
Distribución de valores según geometría y distribución de leyes del yacimiento

Geometría y distribución de leyes	Parámetros	Cielo abierto	Hundimiento por bloques	Cámara por subnivel	Hundimiento por subniveles	Tajeo largo	Cámaras y pilares	Cámaras y almacén	Corte y relleno	Entibación de marcos
Forma del yacimiento	Irregular	3	0	1	1	-49	2	1	2	4
Potencia del mineral	Estrecha	2	-49	1	-49	4	4	1	4	4
Inclinación	Inclinado	4	4	4	4	-49	0	4	4	3
Distribución de leyes	Graduado o Diseminado	3	2	3	2	2	3	2	3	3
TOTAL		12	-43	9	-42	-92	9	8	13	14

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos muestra los valores numéricos según las características geométricas del yacimiento con relación a cada método de explotación.

Tabla 22
Distribución de valores según las características geomecánicas de la estructura mineralizada

Características geomecánicas del mineral	Parámetros	Cielo abierto	Hundimiento por bloques	Cámara por subnivel	Hundimiento por subniveles	Tajeo largo	Cámaras y pilares	Cámaras y almacén	Corte y relleno	Entibación de marcos
Resistencia de la roca	Alta	4	1	4	3	0	4	4	2	1
Espaciamiento entre fracturas	Muy pequeña	2	4	0	0	4	0	0	3	4
Resistencia de las discontinuidades	Pequeña	2	4	0	0	4	0	0	3	4
TOTAL		8	9	4	3	8	4	4	8	9

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos muestra los valores numéricos según las características geomecánicas de la estructura mineralizada del yacimiento con relación a cada método de explotación.

Tabla 23
Distribución de valores según las características geomecánicas de la roca caja techo

Características geomecánicas- caja techo	Parámetros	Cielo abierto	Hundimiento por bloques	Cámara por subnivel	Hundimiento por subniveles	Tajeo largo	Cámaras y pilares	Cámaras y almacén	Corte y relleno	Entibación de marcos
Resistencia de la roca	Alta	4	1	4	1	0	4	1	2	2
Espaciamiento entre fracturas	Pequeña	3	4	0	4	4	1	4	3	3
Resistencia de las discontinuidades	Pequeña	2	4	0	4	4	0	4	4	4
TOTAL		9	9	4	9	8	5	9	9	9

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos muestra los valores numéricos según las características geomecánicas de la roca caja techo con relación a cada método de explotación.

Tabla 24
Distribución de valores según las características geomecánicas de la roca caja piso

Características geomecánicas- caja piso	Parámetros	Cielo abierto	Hundimiento por bloques	Cámara por subnivel	Hundimiento por subniveles	Tajeo largo	Cámaras y pilares	Cámaras y almacén	Corte y relleno	Entibación de marcos
Resistencia de la roca	Alta	4	3	4	4	3	4	3	2	2
Espaciamiento entre fracturas	Pequeña	3	3	0	1	2	1	3	4	4
Resistencia de las discontinuidades	Pequeña	2	1	0	0	1	0	2	4	4
TOTAL		9	7	4	5	6	5	8	10	10

Fuente: elaborado por los autores

Nota: esta tabla nos muestra los valores numéricos según las características geomecánicas de la roca caja piso con relación a cada método de explotación.

Tabla 25
Elección del método de explotación según la valoración total

Método de explotación	Cielo	Hundimiento	Cámara	Hundimiento	Tajeo	Cámaras	Cámaras	Corte y	Entibación
Parámetros	abierto	por bloques	por	por	largo	y pilares	y	relleno	de marcos
			subnivel	subniveles			almacén		
Geometría y distribución de leyes	12	-43	9	-42	-92	9	8	13	14
Características Mineral	8	9	4	3	8	4	4	8	9
geomecánicas de Caja techo	9	9	4	9	8	5	9	9	9
la roca Caja piso	9	7	4	5	6	5	8	10	10
TOTAL	38	-20	21	-25	-70	23	29	40	42

Fuente: elaborado por los autores.

Tabla 26
Valoración del método de explotación según puntuación de mayor a menor

Método de explotación	Entibación de marcos	Corte y relleno	Cielo abierto	Cámaras y almacén	Cámaras y pilares	Cámara por subnivel	Hundimiento por bloques	Hundimiento por subniveles	Tajeo largo
Geometría y distribución de leyes	14	13	12	8	9	9	-43	-42	-92
Características geomecánicas de la roca									
Mineral	9	8	8	4	4	4	9	3	8
Caja techo	9	9	9	9	5	4	9	9	8
Caja piso	10	10	9	8	5	4	7	5	6
TOTAL	42	40	38	29	23	21	-20	-25	-70

Fuente: elaborado por los autores

3.2. Método de explotación corte y relleno

En la veta María de una mina subterránea en Cajabamba se aplicará el método corte y relleno que se determinó al hacer la evaluación de las características geométricas y geomecánicas del yacimiento. La recuperación con este método es casi al 100%.

Para su desarrollo se debe considerar las siguientes características del diseño:

- Aplicado en yacimientos con buzamiento pronunciado, la veta María tiene una inclinación de 67° .
- La veta María tiene buena disponibilidad de material de relleno.
- Los resultados de los ensayos de compresión simple en la Universidad Nacional de Trujillo indican que la calidad de la roca es resistente.
- Mineral considerablemente rentable para explotar.

Desarrollo y preparación

Galería principal. Sección de 1.50m de ancho x 1.80m de alto, sección que servirá como base del nivel inferior y para la extracción del mineral.

Chimeneas principales: en la veta María se construirán dos chimeneas, la primera a 100 m de la bocamina y la siguiente tendrá una separación de 50 m, con la función de ventilar y transportar el relleno.

Chimeneas cortas: estas labores están separadas 10 metros una de la otra, teniendo en cuenta las chimeneas principales y la característica de la veta que son ramales, estas serán construidas a partir de la galería principal hasta cortar el subnivel.

Subniveles. Se debe elaborar desde la galería principal a una distancia de 20 metros con una sección de 1.20 m x 1.80 m, dejando un puente que sirve como soporte de la galería de transporte, esta distancia varía de acuerdo a la calidad de la roca, que en el caso de la veta María es una roca competente.

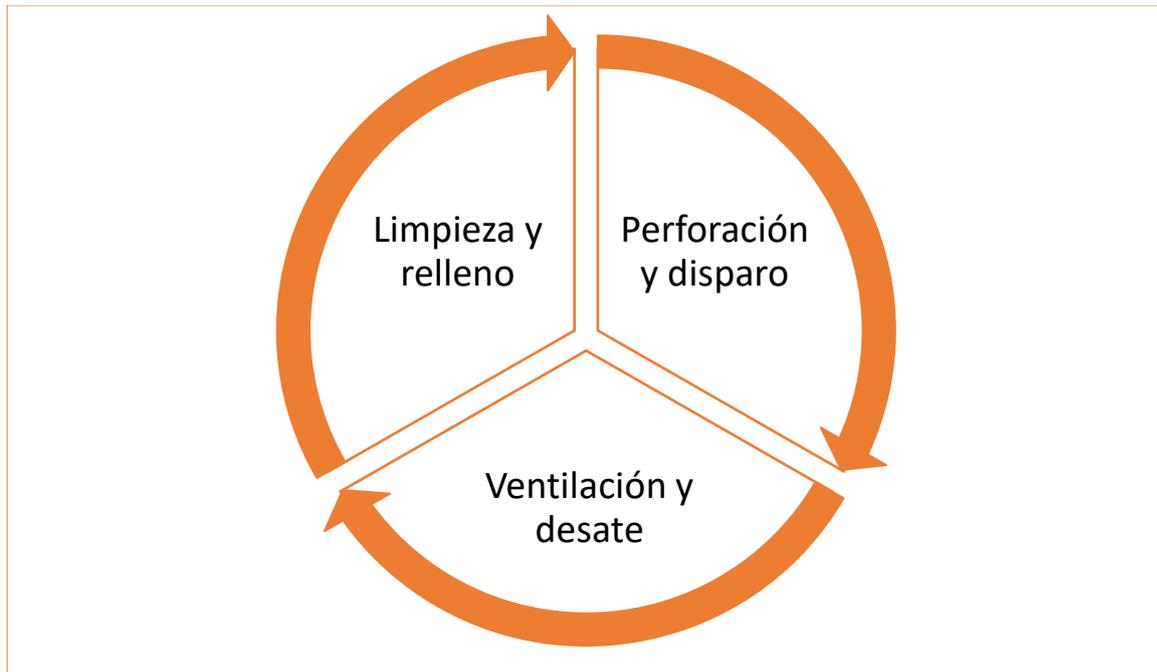
Diseño del plan de minado y costos de explotación de la Veta María

Minado del método corte y relleno

El ciclo de minado consiste en: perforación y disparo, ventilación y desate, limpieza y relleno

Figura 9

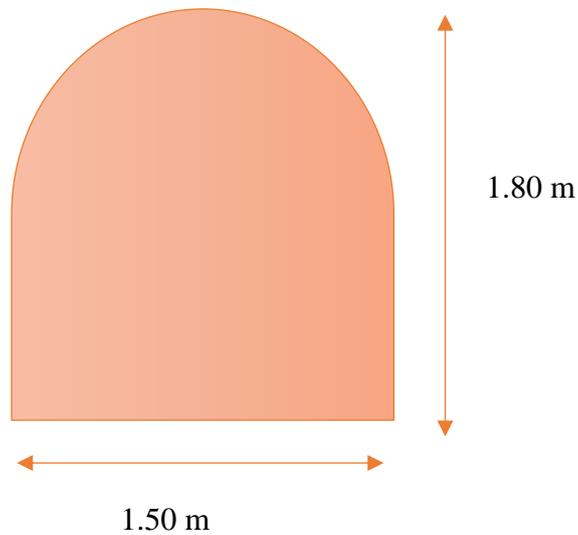
Ciclo de minado en la veta María



Fuente: elaborado por los autores

Perforación y voladura. En la veta María, el sistema de perforación será horizontal con una máquina perforadora Shenyang y para chimeneas se realizara perforación vertical con Stoper ya que esta máquina es insustituible.

Para calcular el número de taladros que se va a realizar por disparo en el frente de trabajo se considerará una galería de 1,50 m x 1,80 m.



Para calcular el número de taladros se utiliza la siguiente fórmula.

Ecuación 4

$$N^{\circ} \text{ taladros} = \left(\frac{P}{dt} \right) + (c \times S)$$

Donde:

P: Perímetro de la sección del túnel, para la que usaremos:

Ecuación 5

$$P = \sqrt{A} \times 4$$

Dt: Distancia entre los taladros, se obtiene de:

Tabla 27

Para la Veta María la distancia entre taladros se considera

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Tenaz	0.50 a 0.55
Intermedia	0.60 a 0.65
Friable	0.70 a 0.75

Fuente: EXA (2019)

c: coeficiente o factor de roca se obtiene:

Tabla 28

Para la veta María el coeficiente de roca es el siguiente

Dureza de roca	Coficiente de roca (m)
Tenaz	2.00
Intermedia	1.50
Friable	1.00

Fuente: EXA (2019)

S: Área del túnel

Distribución de los taladros en el frente

1. Calculamos el área para túnel de 1.50m x 1.80m

$$A = B \times H$$

$$A = 1.50 \times 1.80$$

$$A = 2.7 \text{ m}^2$$

2. Calculamos el perímetro

$$P = \sqrt{A} \times 4$$

$$P = \sqrt{2.7 \text{ m}^2} \times 4$$

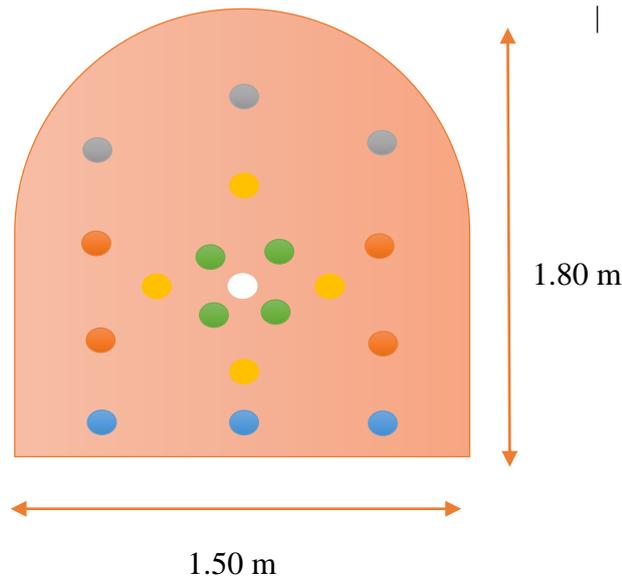
$$P = 6.57 \text{ m}$$

3. Aplicamos fórmula

$$N^{\circ} \text{ taladros} = \left(\frac{P}{dt} \right) + (c \times S)$$

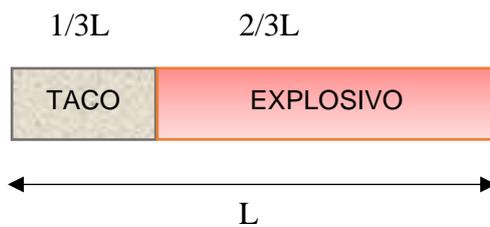
$$N^{\circ} \text{ taladros} = \left(\frac{6.57 \text{ m}}{0.50} \right) + (2 \times 2.7 \text{ m}^2)$$

$$N^{\circ} \text{ taladros} = 18.54 \approx 19$$



- ✓ Alivio: 1
- ✓ Ayudas: 4
- ✓ Arrastre: 3
- ✓ Cuadradores: 4
- ✓ Corona: 3
- ✓ Arranque: 5

- Longitud del taladro



La distancia cargada es $2/3L$ de la longitud total.

Calculamos la longitud real de perforación

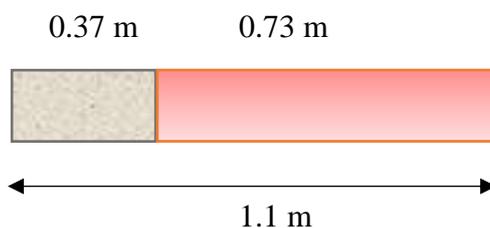
En la veta María se usarán barrenos de 4 pies convertidos a metros sería 1.20 m por lo que su efectividad no es del 100% y se trabajara con una efectividad del 92%

Solución:

longitud de perforación real: $(1.20\text{ m})(0.92) = 1.1\text{ m}$

- Hallamos la distancia neta de carga de explosivo:

$$(2/3) \times (1.1) = 0,73\text{ m}$$



Cantidad de cartuchos para cada taladro

- Dimensión de los cartuchos de explosivo es : 2.2 cm x 18 cm
- Según ficha técnica de Semexa 65%:

Peso de dinamita: 25 kg

Unidades por caja: 308

Peso de cada cartucho:

$$\frac{25 \text{ kg}}{308 \text{ cartuchos}} = 0.08 \text{ kg /cartucho de dinamita}$$

- Calculo de la cantidad de cartuchos por taladro:

$$\frac{0.73 \text{ m}}{0.18 \text{ m}} = 4.05 = 4 \text{ cartuchos por taladro}$$

- ✓ Alivio: 0 cartuchos
- ✓ Ayudas: 1 x 4 x 4 = 16 cartuchos
- ✓ Arrastre: 3 x 4 = 12 cartuchos
- ✓ Cuadradores: 4 x 4 = 16 cartuchos
- ✓ Corona: 3 x 4 = 12 cartuchos
- ✓ Arranque: 5 x 4 = 20 cartuchos

Total: 76 cartuchos

- Cantidad de explosivo a utilizar:

$$76 \text{ cartuchos} \times \frac{0.08 \text{ kg}}{\text{cartucho}} = 6.08 \text{ kg}$$

- Calculo del volumen de material a extraer:

$$V = \text{Área} \times \text{distancia de perforación}$$

$$V = 2.7 \text{ m}^2 \times 1.1 \text{ m} = 2.97 \text{ m}^3$$

Hallamos cantidad de pies perforados por disparo:

Taladros x distancia efectiva de perforación

$$19 \text{ taladros} \times 1.1 \text{ m} = 20.9 \text{ m}$$

$$20.9 \text{ m} = 68.57 \text{ pies}$$

Volumen roto por disparo:

Área efectiva x longitud de taladro x factor de esponjamiento)

$$2.7 \text{ m}^2 \times 1.1 \text{ m} \times 1.3 = 3.86 \text{ m}^3$$

Tonelaje roto por disparo:

$$T = V \times P.E \times S.E$$

$$T = 2.7 \text{ m}^2 \times 1.1 \text{ m} \times (2.2 \text{ TMS/m}^3 \text{ arenisca}) \times 1.2$$

$$T = 7.84 \text{ TMS} = 8 \text{ TM}$$

Factor potencia:

FP = cantidad de explosivo / N° taladros cargados

$$FP = \frac{6.08 \text{ kg}}{19 \text{ taladros}}$$

$$FP = 0.32 \text{ kg/tal}$$

Rendimiento lineal

RL = cantidad de explosivo/longitud de perforación

$$RL = \frac{6.08 \text{ kg}}{1.1 \text{ m}}$$

$$RL = 5.52 \text{ kg/m}$$

La fase de voladura en la veta María será cargado con explosivos de dinamita Semexa 65%, usando accesorios como fulminante N° 8 y mecha lenta.

3.3. Costo beneficio de la veta María una mina subterránea en Cajabamba

Tabla 29

Datos para calcular los costos de explosivos y accesorios

COSTO DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS				
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Costo unitario \$	Total \$
Dinamita Semexa 65%	Unidad	308.00	\$ 0.50	\$ 154.00
Fulminante N° 8	Unidad	100.00	\$ 0.35	\$ 35.00
Mecha lenta	Metros	1,000.00	\$ 0.38	\$ 380.00

Fuente: elaborado por los autores

Dinamita semexa 65%

$$\frac{0.73 \text{ m}}{0.18 \text{ m}} = 4.05 = 4 \text{ cartuchos por taladro}$$

$$19 \text{ taladros} \times 4 \text{ cartuchos/taladro} = 76 \text{ cartuchos}$$

- Costo por metro perforado

$$\text{Semexa 65\%} = \frac{0.5 \$}{\text{cartucho}} \times \frac{76 \text{ cartuchos}}{\text{disparo}} = \frac{38.00 \$}{\text{disparo}}$$

- Costo por taladro

$$\frac{38.00 \$}{\text{disparo}} \times \frac{\text{disparo}}{19 \text{ taladros}} = \frac{2\$}{\text{tal}}$$

Tabla 30

Cálculo de costo de dinamita 65% en dólares por metro perforado

COSTO DE DINAMITA 65% POR FRENTE						
Long. Taladro de explosivo	N° tal	Log. Cart. (m)	Cant. Cartuchos por taladro	Cant. Aprox	Cantidad Cartuchos por frente	TOTAL (\$)
0.73	19	0.18	4.05	4	76	38.00 \$

Fuente: elaborado por los autores

Fulminante N° 8

- Costo por metro perforado

$$Fulm N^{\circ} 8 = \frac{0.35 \$}{unid} \times \frac{19 unid}{disparo} = \frac{6.65 \$}{disparo}$$

- Costo por taladro

$$\frac{6.65 \$}{disparo} \times \frac{disparo}{19 tal} \times \frac{0.35 \$}{tal}$$

Tabla 31

Cálculo de costo de fulminante N° 8 en dólares por metro perforado

COSTO DE FULMINANTE N° 8 POR FRENTE	Cantidad de fulminantes	TOTAL (\$)
	19	6.65 \$

Fuente: elaborado por los autores

Mecha lenta

- Costo por metro perforado

$$\frac{0.38 \$}{m} \times \frac{21 m}{disparo} = \frac{7.98 \$}{disparo}$$

- El costo por taladro

$$\frac{7.98 \$}{disparo} \times \frac{disparo}{19 tal} = \frac{0.42 \$}{tal}$$

Tabla 32

Cálculo de costo de mecha lenta en dólares por metro perforado

COSTO DE MECHA LENTA POR FRENTE	Long, de mecha por frente (m)	TOTAL (\$/disparo)
	21	7.98 \$

Fuente: elaborado por los autores

La Veta María tiene las siguientes características

- Material roto por disparo diarias: 8 TN
- Para calcular las TN de mineral se multiplicará por el 14%

$$8 \text{ TN} \times 14\% = 1.12 \text{ TN de mineral al día}$$

$$1.12 \text{ TN} \times 30 \text{ días} = 33.6 \text{ TN de mineral al mes}$$

$$33.6 \text{ TN} \times 12 \text{ meses} = 403 \text{ TN de mineral al año}$$

Ventilación y desate: en la veta María se usará ventiladores mecánicos. Según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería 2017, menciona que “En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de 60 m, es obligatorio el empleo de ventiladores auxiliares”. Al mismo tiempo se debe dejar ventilar el área de trabajo una vez realizado el disparo en el frente por un tiempo determinado de 30 min para eliminar los gases generados por la voladura.

Tabla 33

Cálculo de costos de ventilación en dólares

COSTOS DE VENTILACIÓN				
	Ud	Cant.	Costo unitario (\$)	Costo parcial (\$)
Ventiladores auxiliares	Ud.	2	950.00	1900.00 \$
Mangas de 16”	M	100	1.00	100 \$
TOTAL				\$ 2000.00

Fuente: elaborado por los autores

En la fase de desate se debe evaluar los puntos débiles donde se requiere sostenimiento, en las zonas donde se de tal requerimiento se usarán puntales ya que la roca es competente y no requiere de mayor sostenimiento.

Limpieza. En la veta María se utilizará carretillas tipo buggy para la limpieza del mineral, el que bajará hasta llegar al ore pass, donde se cargará a los carritos mineros U-35 para sacar el mineral. Se detallarán a continuación de los carritos mineros.

Tabla 34

Especificaciones técnicas del carro minero U-35

CARRO MINERO U-35		
Modelo	U-35	
Capacidad	0.99 m ³	35 pies
Peso de carro	620 kg	
Trocha	500-600 mm	0.5-0.6 m
Distancia entre ejes	620 mm	0.651 m
Diámetro de rueda	12 pulg	
Longitud de tolva	1.920 m	
Ancho de tolva	0.810 m	
Largo de tolva	1.250 m	

Fuente: SERMINSA, 2021

Relleno. El tipo de relleno que se va a usar en la veta María es relleno dendrítico.

Relleno convencional o dendrítico: se utilizará material constituido por roca estéril que tiene procedencia de las labores que se preparó en mina, este relleno debe ser lo más económico posible para optimizar costos.

Costos

En el análisis económico de la Veta María se consideró los costos de perforación, voladura, mano de obra, limpieza, sostenimiento, equipos de perforación, quipos de protección personal y herramientas que requiere la ejecución del método de corte y relleno.

Rendimiento por día (TM/día): 8

Rendimiento por guardia (TM/guardia): 4

Número de guardias por día: 2

Horas/guardia: 12

Especificaciones de los costos de voladura. La siguiente tabla detalla el costo total de los accesorios y explosivos que se va a usar en 1.1 metros perforados, obteniendo un total de 52.63 \$/m

Tabla 35

Resumen de costos de voladura

Descripción	Costo \$	Total \$
Dinamita semexa 65%	38.00 \$	52.63 \$
Fulminante	6.65 \$	
Mecha lenta	7.98 \$	

Fuente: elaborado por los autores

Especificaciones de los costos de perforación: para calcular los costos de perforación se ha considerado lo siguiente

Costos de aire comprimido: el tiempo de perforación se ha considerado 4min/taladro.

- Cálculo del tiempo total de horas por taladro

$$\left(\frac{4 \text{ min}}{\text{taladro}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}\right) = 0.07 \text{ hora/tal}$$

Costo por metro perforado

$$\frac{0.07 \text{ horas}}{\text{taladro}} \times \frac{18 \$}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ tal}}{1.1 \text{ m}} = 1.15 \$/m$$

Costo por frente perforado

$$\left(\frac{1.15 \$}{m}\right) \times \left(\frac{19 \text{ tal}}{\text{frente}}\right) \times \left(\frac{1.1 \text{ m}}{1 \text{ tal}}\right) = \frac{24.03 \$}{\text{frente}}$$

Costo por taladro perforado

$$\frac{24.03 \$}{frente} \times \frac{frente}{19 tal} = 1.26 \$/tal$$

Tabla 36

Resumen de costos de aire comprimido y costo total en dólares por frente

COSTO DE AIRE COMPRIMIDO						
L. del taladro (m)	N° taladros	Precio de aire (\$)	Tiempo de perforación de taladro (Horas)	Costo por metro (\$/m)	Costo por frente (\$/frente)	Costo por taladro (\$/tal)
1.1	19	18	0.07	1.15	\$ 24.03	1.26

Fuente: elaborado por los autores

Costos de operación: Máquina perforadora Shenyang

Costo de depreciación:

$$D = \frac{\text{costo de adquisición } \$}{\text{vida útil}} = \frac{760.00 \$}{6096 m} = \frac{0.12 \$}{m}$$

Costos de mantenimiento y reparación

Se considerará el 85% de la adquisición.

$$M y R = \frac{0.12 \$}{m} \times 0.85 = \frac{0.10 \$}{m}$$

Costo de máquina por metro

$$\frac{0.12 \$}{m} + \frac{0.10 \$}{m} = \frac{0.22 \$}{m}$$

Costo por frente perforado

$$\frac{0.22 \$}{m} \times \frac{1.1 m}{tal} \times \frac{19 tal}{frente} = \frac{4.6 \$}{frente}$$

Tabla 37

Resumen de costos de la máquina de perforación y el costo total en dólares por frente

COSTO DE MÁQUINA DE PERFORACIÓN SHENYANG							
L. del taladro	Vida útil pies perfora dos	Precio de adquisici ón (\$)	Deprecia ción (%)	Costo de depreciaci ón (\$/m)	Costo de mantenimi ento (\$/m)	Costo de máquin a por metro (\$/m)	Total (\$/fren te)
1.1	20000	760.00	85.00	0.12	0.10	0.22	\$ 4.60
	6096 m		0.85				

Fuente: elaborado por los autores

Costos de operación: barreno de perforación Strong Steel

Costo de depreciación

$$D = \frac{95.00 \$}{304.8 m} \times \frac{0.31 \$}{m}$$

Costo de mantenimiento y reparación

Se considerará el 20% de la adquisición:

$$M y R = \frac{0.31 \$}{m} \times 0.20 = \frac{0.06 \$}{m}$$

Costo de barreno por metro

$$\frac{0.31 \$}{m} + \frac{0.06 \$}{m} = \frac{0.37 \$}{m}$$

Costo por frente perforado:

$$\frac{0.37 \$}{m} \times \frac{1.1 m}{tal} \times \frac{19 tal}{frente} = \frac{7.73 \$}{frente}$$

Tabla 38
Resumen de costo de barrenos de perforación y costo total en dólares por frente

COSTO DE BARRENO DE PERFORACIÓN STRONG STEEL							
L. del taladro	Vida útil pies perforados	Precio de adquisición (\$)	Depreciación (%)	Costo de depreciación (\$/m)	Costo de mantenimiento (\$/m)	Costo de barrenos por metro (\$/m)	Total (\$/frente)
1.1	1000	95.00	20.00	0.31	0.06	0.37	\$ 7.73
	304.8 m		0.2				

Fuente: elaborado por los autores

Costos de operación: broca de perforación
Costo de depreciación

$$D = \frac{30.00 \$}{182.88 m} = \frac{0.16 \$}{m}$$

Costo por frente perforado

$$\frac{0.16 \$}{m} \times \frac{1.1 m}{tal} \times \frac{19 tal}{frente} = \frac{3.34 \$}{frente}$$

Tabla 39 *Resumen del costo de la broca de perforación y el costo total en dólares por frente*

COSTO DE BROCA DE PERFORACIÓN					
L. taladro	Vida útil pies perforados	Precio de adquisición (\$)	Un disparo (pies perforados/disparo)	Costo de depreciación (\$/m)	Costo por frente (\$/frente)
1.1	600	30.00	68.57	0,16	\$ 3.34
	182.88 m		20.9 m		

Fuente: elaborado por los autores

Costos de operación: Lubricante

Costo de mantenimiento

$$\frac{4.00\$}{\text{gal}} \times \frac{0.25 \text{ gal}}{\text{frente}} \times \frac{1 \text{ frente}}{19 \text{ tal}} \times \frac{1 \text{ tal}}{1.1 \text{ m}} = \frac{0.04 \$}{\text{m}}$$

Costo por frente perforado

$$\frac{0.04 \$}{\text{m}} \times \frac{1.1 \text{ m}}{\text{tal}} \times \frac{19 \text{ tal}}{\text{frente}} = \frac{0.84 \$}{\text{frente}}$$

Tabla 40

Resumen del costo de lubricante y el costo total en dólares por frente

COSTO DE LUBRICANTE				
L. del taladro	Consumo por frente (gal)	Precio de adquisición	Costo de mantenimiento (\$/gal)	Costo por frente (\$/frente)
1.1	0.25	4.00	0.04	\$ 0.84

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 41

Resumen de los costos de perforación

Descripción	Costo (\$)	Total (\$)
Aire comprimido	\$ 24.03	\$ 40.54
Máquina de perforación Shenyang	\$ 4.60	
Barreno de perforación Strong Steel	\$ 7.73	
Broca de perforación	\$ 3.34	
Lubricante	\$ 0.84	

Fuente: elaborado por los autores

Especificaciones de los costos de mano de obra. En la siguiente tabla se detalla el costo total anual de mano de obra que se va a emplear en la Veta María, obteniendo un resultado de \$ 67,900.00

Tabla 42

Cuadro resumen de los costos de mano de obra

COSTO DE MANO DE OBRA			
Descripción	Salario (\$/mes)	Salario (\$/anual)	Total anual (\$)
Supervisor	800.00	9,600.00	\$ 67,900.00
Capataz	700.00	8,400.00	
Maestro enmaderador	500.00	6,000.00	
ayudante enmaderador	400.00	4,800.00	
1 Maestro perforista	600.00	7,200.00	
2 ayudante de perforista	850.00	10,200.00	
6 Obreros	2100.00	16,800.00	
Almacenero	350.00	4,200.00	

Fuente: elaborado por los autores

Especificaciones de los costos de limpieza

Para la limpieza se utilizará carretillas tipo buggy que se indica a continuación

Costo depreciación

$$D = \frac{52.00 \$}{180 \text{ días}} = \frac{0.29 \$}{\text{día}}$$

Costo de mantenimiento

$$\frac{0.29 \$}{\text{día}} \times 0.7 = \frac{0.20 \$}{\text{día}}$$

Costo de herramienta por día

$$\frac{0.29 \$}{\text{día}} + \frac{0.20 \$}{\text{día}} = \frac{0.49 \$}{\text{día}}$$

Tabla 43

Resumen de los costos de limpieza

COSTO DE CARRETILLAS TIPO BUGGY						
L. del taladro	Vida útil (días)	Precio de adquisición (\$)	Depreciación (%)	Costo de depreciación (\$/día)	Costo de mantenimiento (\$/ día)	Costo de herramienta (\$/día)
1.1	180	52.00	70	0.29	0.20	0.49
			0.7			

Fuente: elaborado por los autores

Especificaciones de los costos de sostenimiento. En la veta María se usarán puntales de madera para el sostenimiento.

Cuadro recto. Según (Talavera y Morales, 2017) sostiene que “los cuadros rectos son usados cuando la mayor presión procede den techo y están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, donde los postes formar un ángulo de 90° con el sombrero” (p.26).

Tabla 44

Resumen de los costos de sostenimiento con madera

	Cantidad	Costo Unidad (\$)	Costo Parcial (\$)	Total (\$)
Sombrero de 2.00 m x 8" diámetro	15	6.00	90.00	450.90
Postes de 2.40 m x 8" de diámetro	30	6.63	198.90	
Cribing de 1.50 m x 4" diámetro	90	1.8	162.00	

Fuente: elaborado por los autores

Especificaciones de los costos de EPP y herramientas: en las siguientes tablas 45 y 46 se detalla los costos de EPPs y Herramientas que usarán en la veta María

Tabla 45
Resumen de los costos de Equipos de Protección Personal.

Descripción	Unidad	Cantid ad	Costo unidad (\$)	Costo parcial (\$)	Total (\$)
Botas de jebe	par	14	20.00	280.00	\$ 2968.70
Barbiquejo	pza	14	0.50	7.00	
Guantes neoprene N° 14	par	14	3.40	47.60	
Uniforme azul M	pza	14	15.00	210.00	
Casco Minero MSA ala ancha-mina	pza	14	6.80	95.20	
Correa de cuero portalámpara	pza	14	4.50	63.00	
Respirador 3M serie 7502 de 2 vías	pza	14	12.50	175.00	
Filtro p/respirador purificador 1093 3M	par	14	6.00	84.00	
Lentes claros 3M con marco negro	par	14	1.00	14.00	
Tapones auditivos 3M 1270	par	14	0.85	11.90	
Tafílete	pza	14	1.00	14.00	
Saco de jebe	pza	14	15.00	210.00	
Pantalón de jebe	pza	14	15.00	210.00	
Arnes de seguridad completo	pza	14	63.00	882.00	
Lámpara minera	pza	14	37.5	525.00	
Cargador de lámpara	pza	14	10.00	140.00	

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 46
Resumen de los costos de Herramientas.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unidad (\$)	Costo parcial (\$)	Total (\$)
Atacador de madera	pza	11	1.00	11.00	\$ 2357.40
Cinzel	pza	11	3.10	34.10	
Barretilla	pza	11	15.00	165.00	
Carretilla Buggy	pza	6	52.00	312.00	
Combas	pza	11	16.00	176.00	
Alicate	pza	11	4.00	44.00	
Pico minero	pza	11	8.70	95.70	
Saca barreno	pza	6	12.50	75.00	
Soga de seguridad	m	300	4.00	1,200.00	
Spray para marcado de frentes	pza	30	2.50	75.00	
Nivel Stanly	pza	11	4.00	44.00	
Alambre n° 16	kg	10	2.00	20.00	
Wincha	pza	11	3.40	37.40	
Palas	unid	11	6.20	68.20	

Fuente: elaborado por los autores

Tabla 47
Resumen de los costos de voladura, perforación, ventilación, mano de obra, limpieza, sostenimiento, equipos de protección personal y herramientas

Descripción	Total (\$)	Días laborables	Meses	Costo parcial (\$)	Costo total anual (\$)
Voladura	52.63	30	12	18,946.00	\$ 109,393.00
Perforación	40.54	30	12	14,594.40	
Ventilación	2,000.00	-	-	2,000.00	
Mano de obra	67,900.00	-	-	67,900.00	
Limpieza	0.49	30	12	176.40	
Sostenimiento	450.90	-	-	450.90	
EPP	2,968.00	-	-	2,968.00	

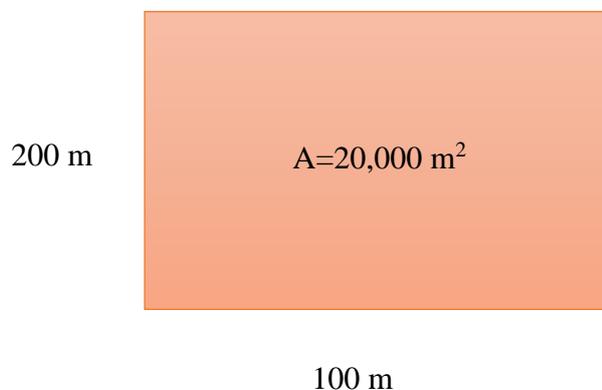
Herramientas	2,357.40	-	-	2,357.40	
--------------	----------	---	---	----------	--

Fuente: elaborado por los autores

La tabla 47 nos detalla los costos de voladura, perforación y limpieza por frente perforado, en cuanto a la ventilación, mano de obra, EPP, sostenimiento y herramientas se ha hecho un cálculo anticipado por año. Teniendo como resultado el costo de minado anual esta entre 100,000.00 y 115,000.00 dólares.

Cálculo de reservas y vida útil de la veta María.

- Datos aproximados del área extraída para calcular las reservas



Cálculo de volumen del bloque

Ecuación 6

$$V = \text{Área} \times \text{potencia de veta}$$

$$V = 20000 \text{ m}^2 \times 0.33 \text{ m} = 6600 \text{ m}^3$$

Cálculo de reservas

Ecuación 7

$$\text{Reservas} = \text{volumen del bloque} \times \text{densidad de la roca}$$

$$\text{Reservas} = 6600 \times 2.2 \frac{\text{TN}}{\text{m}^3} = 14520 \text{ TN}$$

Vida útil de la veta María

- Determinación de extracción anual de material

$$\text{Extracción mina } \frac{TN}{\text{año}} = 8 \frac{TN}{\text{día}} \times 30 \text{ días} \times 12 \text{ meses} = 2880 \text{ TN/año}$$

- Determinación de vida útil de la veta María

Ecuación 8

$$V.U \text{ (años)} = \frac{\text{Reservas TN}}{\text{Extracción mina TN/año}}$$

$$V.U \text{ (años)} = \frac{14520 \text{ TN}}{2880 \text{ TN/año}} = 5.04 \text{ años} \approx 5 \text{ años}$$

Precio por tonelada métrica de mineral

El precio estimado para la venta por tonelada de mineral de acuerdo a la oferta y la demanda en la zona será entre \$ 810.00 a 1000.00 donde es muy importante considerar que dicho precio puede variar dependiendo de la temporada del año.

Liquidación: los análisis de las muestras han determinado que tienen presencia de oro, plata y cobre de lo cual se calculará a liquidación para conocer los ingresos por la venta del mineral anualmente.

Tabla 48

Liquidación final

LIQUIDACIÓN FINAL			
	ELEMENTOS	LEYES	
	ONZ	G	
	AU	0.23	7.78
	AG	26.54	910.22
	CU (%)	14.93%	
	H2O	0.70%	
SACOS:	14400	PESO DEL SACO:	50
PESO	720000		
PESO HÚMEDO	720		
HUMEDAD:	0.70%		
PESO HÚMEDO	720		
HUMEDAD	0.70%		
PESO SECO	714.96		

PESO SECO	714.96
PRECIO POR TN \$	810
TOTAL LOTE DOLARES	579117.6

Fuente: elaborado por los autores

Estimación de flujo de caja e indicadores económicos de la veta María

Flujo de caja del proyecto: para realizar este cálculo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Costo total de minado anual: \$ 109,393.00
- Total lote en dólares: \$ 579,117.60

Para determinar el flujo de caja económico de un proyecto se debe considerar primero los ingresos y egresos de dinero que obtendrán los inversionistas con la finalidad de estimar la rentabilidad y viabilidad del proyecto

Tabla 49
Flujo de caja del proyecto

INGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
venta de mineral de oro, plata y cobre		\$579,117.60	\$579,117.60	\$579,117.60	\$579,117.60	\$579,117.60
Total Ingresos	\$0.00	\$579,117.60	\$579,117.60	\$579,117.60	\$579,117.60	\$579,117.60
EGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2 carritos U-35	\$6,811.99					
6 carretillas buggy	\$312.00					
Volquete FMX 30 TN	\$40,871.93					
Retroexcavadora	\$40,871.93					
Camioneta	\$60,000.00					
Plan de minado anual	\$109,393.00	\$109,393.00	\$109,393.00	\$109,393.00	\$109,393.00	\$109,393.00
Flete anual		\$37,787.47	\$37,787.47	\$37,787.47	\$37,787.47	\$37,787.47
Inversión	-\$258,260.85					
Total Egresos	-\$258,260.85	\$147,180.47	\$147,180.47	\$147,180.47	\$147,180.47	\$147,180.47
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	\$258,260.85	\$431,937.13	\$431,937.13	\$431,937.13	\$431,937.13	\$431,937.13

TASA	14%
INVERSIÓN	-\$258,260.85
VAN	\$ 1,224,614.29
TIR	166%
B/C	\$8.05

Fuente: elaborado por los autores

PAYBACK: Periodo de recuperación**Ecuación 9**

$$\text{Payback} = \frac{I_0}{F}$$

$$\text{Payback} = \frac{258,260.85}{431,937.13} = 0.59 \text{ años}$$

Calculo de 0.59 años a meses

$$0.59 \text{ años} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 7.08 \text{ meses}$$

$$0.8 \text{ meses} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 24 \text{ días}$$

La tabla 49 detalla el flujo de caja económico de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba, de la cual se han obtenido los siguientes resultados para el Valor Actual Neto (VAN) \$ 1,224,614.29, Tasa Interna de Retorno del 166%, el Beneficio-Costo (B/C) indica que por cada dólar de inversión se obtiene \$ 8.05 de beneficio y el plazo de recuperación de la inversión en este proyecto es de 7 meses 24 días, aproximándose a los 8 meses. Por lo tanto se determina que el proyecto minero es totalmente rentable para que se inicie su etapa de operación.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

A partir de los hallazgos encontrados se demostró que las características geométricas y geomecánicas de la veta María sirvieron como base para la selección del método aplicable en la extracción del mineral a través del análisis del procedimiento numérico para luego hacer el análisis económico por lo que aceptamos la hipótesis general que formula que después de realizada la evaluación técnica y económica determinando el método de explotación la veta María es económicamente rentable debido a que la recuperación del capital inicial se hará en menos de un año y la tasa de retorno de un 166% , por lo tanto la hipótesis queda validada.

Con el aporte de (Gago, 1996) podemos reforzar que la geometría del yacimiento, la distribución de leyes, las resistencias de la roca y estructura mineralizada se deben estudiar como principales parámetros para la selección numérica del método de explotación minera.

Los resultados obtenidos van de la mano con lo que (Cueva Quispe y Rojas Atalaya, 2018), (Cabello Corman, 2008) y (Rojas, 2019) que señalan y enfatizan que la evaluación técnica y económica es fundamental para determinar la viabilidad de un proyecto, a través de análisis numéricos han determinado el mejor método de explotación que se adecua a las características geomecánicas y geométricas de la veta para tener un alto nivel de recuperación de mineral, como también hacen la evaluación económica con diferentes indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Beneficio-Costo (B/C) y el periodo de recuperación del capital (Payback) como también un breve análisis de la significancia de las cifras que están acorde con los que en este estudio se detalla. Por lo tanto, según lo analizado anteriormente y durante el desarrollo del proyecto, coincidimos con los diferentes autores citados de que es muy importante realizar estudios técnicos y económicos que permitan la buena toma de decisiones antes de realizar una inversión, con el objetivo de tener sostenibilidad

y seguridad respecto a la recuperación de capital durante la ejecución de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba.

Respecto a las interpretaciones teóricas de los resultados obtenidos de la veta María en una mina subterránea en Cajabamba, se recomienda continuar con los análisis químicos sistemáticamente para mantener un registro de las variaciones de la ley mineral.

Las limitaciones presentadas durante el proceso de investigación fue el difícil acceso a la veta por motivos de pandemia como también temas laborales, que impidieron verificaciones reiteradas de características de la veta, por otro lado la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, no estaba brindando acceso al laboratorio de mecánica de rocas para realizar el ensayo de resistencia de roca a la compresión simple de las muestras obtenidas de la veta María y así obtener los resultados que ayudarían a determinar el método de explotación teniendo que recurrir a otro laboratorio.

4.2. Conclusiones

- Las características geométricas encontradas en la veta María son: forma del yacimiento irregular, potencia de la veta 0.33 m considerándose estrecha, con una inclinación de 67° suroeste y la distribución de leyes es gradual como también se determinó mediante ensayos las características geomecánicas como la resistencia de la roca mineralizada 65.73 MPa (alta), caja piso 51.08 MPa (alta) y caja techo 53.26 MPa (alta), el espaciamiento entre fracturas de la roca mineralizada presenta 17 fracturas por metro (muy pequeño), caja techo presenta 12 fracturas por techo (pequeño) y caja piso presenta 10 fracturas por metro (pequeño), la resistencia de las discontinuidades de la roca mineralizada, caja techo y caja piso es pequeña.
- Mediante el análisis numérico se determinó el método de explotación corte y relleno para la Veta María, que se adecua a las características de la zona y también al nivel de recuperación más óptimo para su aplicación y extracción de mineral.
- Se calculó el costo anual del plan de minado obteniendo un resultado de \$ 109,393.00 dólares, como también se estimó el flujo de caja y los indicadores económicos para la veta María obteniendo buenos resultados para el VAN de \$ 1224,614.29, TIR de 166%, B/C de \$ 8.05 y un Payback de 7 meses con 24 días. Indicando que el proyecto minero es rentable.

REFERENCIAS

- Arbaiza , L., Cateriano , J., & Meza, I. (2014). *Modelo de desarrollo sostenible en la pequeña minería subterránea: caso Kinacox*. Lima: ESAN Ediciones. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/publicaciones/2014/11/06/minera-kinacox.pdf>
- Dammert Lira , A., & Molinelli Aristondo , F. (setiembre de 2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Obtenido de OSINERGMIN: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf
- De la Cruz Carrasco, E. (s.f.). Tecnologías de explotación empleadas en las minas subterráneas del Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalúrgia y Ciencias Geográficas*.
- EXA. (2019). Manual práctico de voladura. Obtenido de <https://fliphtml5.com/hqjn/rypz/basic>
- Gago, O. (1996). Selección numérica de los métodos de explotación.
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (2018). *Los proyectos mineros en carrera hasta el 2019*. Obtenido de <http://www.iimp.org.pe/actualidad/los-proyectos-mineros-en-carrera-hasta-el-2019>
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Min. (2017). *Gestión de las Operaciones Mineras-ventilación-Artículo 246*. Lima: Megabyte.
- Rodríguez V., C., Huamaní, A., De la Cruz, L., Lázaro, V., de la Cruz, E., & Álvarez, Á. (2012). Métodos de explotación en la mediana minería del Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 1.
- Rojas, W. (2019). *Factibilidad técnica - económica de la aplicación del método de explotación Longwall Mining para incrementar la producción de carbón antracita en la Mina*

Piñipata - 2019. Tesis, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23862/Rojas%20Vigo%20Wilson%20Ernesto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SERMINSA. (2021). Cuadro de dimensiones generales para carros tipo "U" y "V-40". Obtenido de <https://www.serminsa.com/vagones>

Anexos

ANEXO N° 1. *Geometría del yacimiento y distribución de leyes*

FORMA

Equidimensional o masivo: todas las dimensiones son similares en cualquier dirección.

Tabular: Dos de las dimensiones son mucho mayor que la tercera.

Irregular: Las dimensiones varían a distancias muy pequeñas.

POTENCIA DEL MINERAL

Estrecha: < a 10 m

Intermedia: 10 – 30 m

Potente: 30 – 100 m

Muy potente: > a 100 m

INCLINACION

Echado: < a 20°

Intermedio 20 – 55°

Inclinado: > a 55°

PROFUNDIDAD DESDE LA SUPERFICIE

Pequeña: < a 150 m

Intermedia 150 – 600 m

Alta: > a 600 m

DISTRIBUCIÓN DE LEYES

Uniforme: La ley del yacimiento de mantiene prácticamente constante en cualquier punto del yacimiento mineralizado.

Gradual o diseminado: Las leyes tienen una distribución zonal, identificándose cambios graduales de un punto a otro.

Errático: No existe relación espacial entre las leyes, ya que estas cambian radialmente de un punto a otro en distancias muy pequeñas.

ANEXO N° 2. *Parámetros de evaluación geomecánica*

RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA

Resistencia a la compresión simple (Mpa)/ presión en recubrimiento (Mpa)

Pequeña	< a 8
Mediana	8 – 15
Alta	> a 15

ESPACIAMIENTO ENTRE FRACTURAS

	Fracturas/m	RQD %
Muy pequeño	> 16	0 – 20
Pequeño	10 – 16	20 – 40
Grande	3 – 6	40 – 70
Muy grande	3	70 – 100

RESISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES

Pequeña: Discontinuidades limpias con una superficie suave o con material de relleno o blando.

Media: Discontinuidades limpias con una superficie rugosa

Grande: discontinuidades rellenas con un material de resistencia igual o mayor que roca intacta

ANEXO N° 5. Tabla de clasificación de los métodos atendiendo las características geomecánicas de la caja techo

Métodos de explotación	Resistencia de la roca			Espaciamiento entre fracturas				Resistencia de las discontinuidades		
	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	G
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento por bloques	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Cámaras por subnivel	-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 de marcos	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2

P: Pequeña	MP: Muy pequeña	P: Pequeña
M: Media	P: Pequeña	M: media
A: Alta	G: Grande	G: Grande
	MG: Muy grande	

ANEXO N° 6. Tabla de clasificación de los métodos atendiendo las características geomecánicas de la caja piso

Métodos de explotación	Resistencia de la roca			Espaciamiento entre fracturas				Resistencia de las discontinuidades		
	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	G
Cielo abierto	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Hundimiento por bloques	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Cámaras por subnivel	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 de marcos	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

P: Pequeña	MP: Muy pequeña	P: Pequeña
M: Media	P: Pequeña	M: media
A: Alta	G: Grande	G: Grande
	MG: Muy grande	

ANEXO N° 7 Resultados de laboratorio roca mineralizada



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : PEDRO HUACCHA RODRIGUEZ **Nº COD. 25224**
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : DENYS 683
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA PRECINTADA
FECHA DE RECEPCIÓN : 5/07/2021
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA - VOLUMETRIA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	7.78
Au - ORO (oz/tc)	0.23
Ag - PLATA (g/tm)	910.22
Ag - PLATA (oz/tc)	26.54
Cu - COBRE (%)	14.93

Fecha de Emisión: 5/07/2021

*Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.

*Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.

*Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Ochoa Altamirano
JEFE DE LABORATORIO
CIP. N° 185126

ANEXO N° 8 Resultados de laboratorio Caja techo



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : MARQUINA PAREDES, YUMMY KARLA **Nº COD. 28707**
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : BOCAMINA- MUESTRA 1: CAJA TECHO
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 31/07/2021
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	0.78
Au - ORO (oz/tc)	0.02
Ag - PLATA (g/tm)	36.02
Ag - PLATA (oz/tc)	1.05

Fecha de Emisión: 2/08/2021
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Jefe de Laboratorio
JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185125

ANEXO N° 9 Resultados de laboratorio Caja piso



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : MARQUINA PAREDES, YUMMY KARLA **N° COD. 28707**
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : BOCAMINA- MUESTRA 2: CAJA PISO
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 31/07/2021
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : VIA SECA
RESULTADOS :

Au - ORO (g/tm)	.84
Au - ORO (oz/tc)	0.55
Ag - PLATA (g/tm)	379.56
Ag - PLATA (oz/tc)	11.07

Fecha de Emisión: 2/08/2021
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.



Ing. Julio Ortiz Altamirano
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126

ANEXO N° 10 Fotos tomadas en la bocamina de la Veta María



ANEXO N° 11 Toma de parámetros de la veta María

