

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN MEDIANTE
LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE
EXPLOTACIÓN INCLINADOS PRIMARIOS Y
SECUNDARIOS EN UNA MINA DE CARBÓN,
HUALLANCA 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Carlos Alberto Villegas Rosas

Asesor:

Mg. Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñón

<https://orcid.org/0000-0001-9519-2532>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Mag. Ing. Eduardo Noriega Vidal	43236142
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mag. Ing. Jorge Omar Gonzales Torres	43703713
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Mag. Ing. Ronald Antonio Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023

ORIGINALITY REPORT

20%	20%	3%	8%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.figmm.uni.edu.pe Internet Source	6%
2	renati.sunedu.gob.pe Internet Source	4%
3	repositorio.uncp.edu.pe Internet Source	2%
4	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	1%
5	premium.globalsecurity.org Internet Source	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	1%
7	repositorio.undac.edu.pe Internet Source	1%
8	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	<1%

www.scribd.com

DEDICATORIA

Le dedico todo mi esfuerzo a mis padres, ellos que son el motor y motivo para seguir adelante en todo momento. Muchas gracias por su dedicación, consejos y confianza brindados a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento eterno a Dios y mis padres por la vida y la salud.

A cada uno de mis compañeros y a mi novia Elsitá Rosas por haber sido parte de esta gran etapa y por el apoyo mutuo y constante; y a los docentes que con tanto esmero y dedicación me impartieron sus conocimientos.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	20
CAPÍTULO III: RESULTADOS	30
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	59
REFERENCIAS	64
ANEXOS	69

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	23
Tabla 2 <i>Rutas de acceso para la mina</i>	24
Tabla 3 <i>Tipos y propiedades del carbón</i>	27
Tabla 4 <i>Estándar de clasificación del carbón. Norma ASTM D388</i>	28
Tabla 5 <i>Valoración sistema RQD para la caja techo</i>	30
Tabla 6 <i>Valoración sistema RMR para la caja techo</i>	31
Tabla 7 <i>Valoración sistema Q de Barton para la caja techo</i>	32
Tabla 8 <i>Valoración sistema RQD para la caja piso</i>	33
Tabla 9 <i>Valoración sistema RMR para la caja piso</i>	34
Tabla 10 <i>Valoración sistema Q de Barton para la caja piso</i>	35
Tabla 11 <i>Resumen de los parámetros geomecánicos de las cajas</i>	35
Tabla 12 <i>Costo mano de obra</i>	46
Tabla 13 <i>Costo para máquina Bosh</i>	47
Tabla 14 <i>Costo para accesorios de barrenación</i>	47
Tabla 15 <i>Costo de herramientas</i>	48
Tabla 16 <i>Costo de EPPs</i>	49
Tabla 17 <i>Resumen de costos unitarios del método artesanal</i>	50
Tabla 18 <i>Costo mano de obra optimizado</i>	51
Tabla 19 <i>Costo de máquina Pick Hammer</i>	51
Tabla 20 <i>Costos de accesorios de barrenación</i>	52
Tabla 21 <i>Costo de herramientas - Inclínados</i>	52
Tabla 22 <i>Costo de EPPs - Inclínados</i>	53

Tabla 23 <i>Resumen de costos unitarios del método Inclinaos Primarios y Secundarios</i>	54
Tabla 24 <i>Producción diaria de carbón, método artesanal</i>	55
Tabla 25 <i>Producción diaria de carbón con el método Inclinaos Primarios y Secundarios</i>	56
Tabla 26 <i>Comparación de indicadores entre el método artesanal e Inclinaos Primarios y Secundarios</i>	58

Índice de figuras

Figura 1 <i>Esquema de galería método artesanal</i>	37
Figura 2 <i>Esquema del método Inclínados Primarios y Secundarios</i>	41
Figura 3 <i>Esquema de preparación de Inclinado Primario</i>	42
Figura 4 <i>Esquema de cuadros de sostenimiento para Inclínados</i>	44
Figura 5 <i>Esquema de Inclinado Primarios y Secundarios</i>	45
Figura 6 <i>Producción diaria de carbón, método artesanal</i>	56
Figura 7 <i>Producción diaria de carbón con el método Inclínados Primarios y Secundarios</i>	57
Figura 8 <i>Gráfico comparativo de indicadores entre métodos de explotación</i>	58

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general Determinar de qué manera se logrará la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023. La metodología que presenta es de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño no experimental y temporalidad transversal, asimismo, se definió a la población como Labores de explotación; y la muestra como Tajo Juanita. Se evidenció que la producción en el método artesanal era ineficiente debido a la técnica de explotación que se empleaba, por ello, se analizaron las condiciones geológicas y geomecánicas concluyendo que son las aptas para aplicar el método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios, logrando así mejoras en la producción con un 73.15% pasando de 5.14 a 8.90 TM/guardia; la longitud efectiva de rebanada aumentó de 1.05 a 1.19 m representando un 13.33% de mejora; el costo \$/guardia disminuyó en 13.35% pasando de 168.66 a 146.15 \$/guardia; el costo \$/m³ disminuyó en un 49.95% pasando de 32.81 a 16.42 \$/m³; y, el indicador \$/TM se redujo en 49.96% pasando de 55.77 a 27.91 \$/TM. La aplicación del método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios ha permitido también reducir tiempos muertos en las operaciones unitarias, así como también los riesgos de accidentes ya que emplea mejores técnicas de diseño y explotación.

PALABRAS CLAVES: método de explotación, producción, condiciones geológicas y geomecánicas, carbón.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La explotación minera de carbón afronta una problemática respecto a los métodos de explotación que se usan para tal. Los métodos de explotación del carbón, tanto en minería subterránea como en minería a tajo abierto, tienen la necesidad de optimizar al máximo la eficiencia y productividad de las operaciones; sin embargo, es conocido que estos presenten limitaciones y desafíos en términos muy significantes. En medida que la demanda de carbón crece a un ritmo descontrolado, además de la exigencia por aumentar la producción y rentabilidad, plantean un problema en la selección de los métodos de explotación idóneos para la operación ya que la explotación de este no metal, de manera subterránea, presenta altos riesgos en los que se exponen día a día los trabajadores, por ello, se torna totalmente evidente y necesaria la opción de plantear nuevos métodos de explotación los cuales se enfocarían principalmente en minimizar los riesgos y aumentar la salud y seguridad de los trabajadores, además de que permita una extracción rentable y responsable del recurso. Según Damián (2022) citado por Figueroa (2022), indica que Perú, al igual que en Ecuador, Colombia y/o entre otros países explotadores de carbón, presenta la misma problemática de una inadecuada selección de un método de explotación idóneo para sus operaciones y todo por no contar con una buena caracterización o condiciones geológicas y/o criterio de operatividad; sin embargo, muchas veces estos problemas se dejan pasar traduciéndose así en una baja rentabilidad para la empresa minera.

En Australia, por ejemplo, se han desarrollado y aplicado distintos estudios sobre métodos de explotación viables para mantos carboníferos considerando mayormente que la potencia y buzamiento del manto deben ser los adecuados para aplicar un método u otro a

una mina, además de que juegan un papel importante en la rentabilidad así como lo indica Corrigan (2011) en su investigación que el rendimiento y tiempo de extracción mejoró notablemente al pasar del método Room and Pillar al Longwall Mining dando a entender que la caracterización geológica ayudó mucho en la aplicación del método mencionado.

En el ámbito nacional son pocas las investigaciones que se han realizado sobre aplicación o cambios de método de explotación del carbón, por lo que mayormente se trabaja de manera artesanal o de manera convencional, pero sin un correcto plan de minado o planeamiento propiamente dicho. Sin embargo, en la tesis de Figueroa (2022) demuestra que el método de explotación por inclinados presenta buenos resultados en cuanto a producción pasando de 265 a 300 t/d traduciéndose en un 13.21% de incremento de producción.

Maurtua (2012) indica en su investigación que al aplicar el método Shortwall Mining frente a uno convencional que trabajaba la empresa OCIMIN S.A.C. logró incrementar los indicadores siguientes: rendimiento/m avance de 7.5 m³ a 84 m³ con una rebanada de 70x1.2x2m; longitud de avance por rebanada de 1 a 1.2 m; producción/guardia de 100 TM a 126 TM; \$/m³ que bajó de 7.67\$ a 6.08\$ y \$/TM que bajó de 5.11\$ a 4.05\$, planificando paso a paso las operaciones unitarias de minado, desde una eficaz malla de perforación hasta la correcta y rápida limpieza de la rotura. Explica el autor que, al realizar el análisis de sus resultados, hizo ajustes manteniendo los costos operativos similares por razones de estudio. Indica que el diseñar y aplicar el método de explotación con su respectivo plan de minado presentó mejoras en relación con los cálculos y costos operativos.

De otra manera, en la tesis de Montes (2019) que trata sobre los diferentes métodos de explotación de carbón en Concesión Minera Acumulación Oyon 1 para mejorar la producción, muestra una comparativa de métodos de explotación entre Soutirage, Testeros e Inclínados y Subniveles en donde arrojan resultados de Eficiencia/TM/h-guardia de 2.1,

1.9 y 2.5; restricciones de metano, roca mala y ninguna; y, dilución en % de 13.4, 10 y 9.2 respectivamente, donde el método Inclinaos y Subniveles presenta mejores resultados respecto a los otros convirtiéndose en un método viable y rentable para la operación.

Por otra parte, Colonio (2015) en su investigación hizo la comparativa entre dos métodos de explotación Cut and Fill y Sublevel Stopping donde en su análisis hizo uso de 3 Jack Legs, altura de corte de 2.4 m con barrenación de 8', 1 scoop de 3.5 yd³ y producción de 250 t/día, dándole por resultado obtener más viabilidad económicamente con un margen de utilidad del método Sublevel Stopping con 33.45 \$/t frente a 28.78 \$/t del Cut and Fill donde tendrá una utilidad de 4.67 \$/t.

De otra manera, García (2015) expresa en su investigación que sin el conocimiento de diseño, planeamiento u operación de una mina no se podrá lograr alguna mejora en ella, pues, algunas canteras o minas de carbón son sola y únicamente explotadas por los mismos pobladores que no cuenta con tecnicismo para operar.

Así también lo expresa Damian (2022) en su investigación donde implementó un plan de minado detallando cada proceso, sobre todo en la mejora del método de explotación. Indica que el incremento de producción que tuvo al implementar el plan de minado fue de aproximadamente un 50% enfocándose en las operaciones unitarias de perforación y voladura en donde más se hallaban deficiencias o tiempos perdidos.

En la región Ancash, Sotelo (2008) realizó una investigación en la zona de Apa Chico en donde se implementó el método Longwall Mining dando resultados de mejora en lo económico y productivo y sobre todo dando mejora en la seguridad del personal y de la mina, bajando el ratio de mineral-desmote a 1/0.1 donde por 1 tonelada de mineral se saca aproximadamente entre 100 kgs de desmote y el cual por medio de políticas ambientales

este desmonte no puede salir a superficie y debido al poco volumen que presenta se deposita en tajeos antiguos siendo utilizado como "relleno".

Por consiguiente, en Huallanca, aunque no se trata de una zona netamente minera del carbón, las formas de extracción ahí son totalmente deficientes siendo mayormente operadas por informales sin importar las formas, métodos ni condiciones dado que son los mismos lugareños los que explotan el material carbonífero de acuerdo con sus criterios y cultura, obviando totalmente el tecnicismo, lo cual les conlleva a trabajar con poca seguridad. Por ello, aparte del alto costo que representa la extracción del carbón, se hace estrictamente necesaria la aplicación de un eficaz plan de minado y método de explotación tanto en producción como en seguridad, acorde a sus propias necesidades y las exigencias del mercado.

En la industria minera, los métodos de explotación son conjuntos de operaciones y técnicas que se usan a fin de extraer o explotar el mineral del yacimiento, ya sea por método a cielo abierto o subterráneo. Una buena y correcta elección de un método de explotación para una mina es fundamental para la rentabilidad de la empresa minera ya que determina los costos productivos, seguridad de operación y calidad del mineral. La elección de este método se define por varios factores mayormente geológicos y ambientales, por otra parte, también se incluyen los económicos.

El método de explotación por Inclínados Primarios y Secundarios se acomoda mejor a aquellos yacimientos que presentan mantos con buzamientos moderadamente inclinados, mayormente superior a los 35°. Siempre se debe dejar un pilar o puente de seguridad en los inclinados para efectos de seguridad. En el desarrollo de las galerías se debe tener una sección y sostenimiento adecuado ya que el fin es dejarlo como labor permanente. En la preparación del inclinado, este se debe hacer de doble compartimiento siendo un lado

acondicionado para el almacenamiento y/o descarga de mineral (tolva) y el otro para el traslado de personal y servicios. El entablado de la tolva debe estar correctamente hecho para evitar accidentes por salida de material cuando este se descargue, si el diseño lo requiriese se realizarán secundarios o terciarios los cuales deben seguir o mantener el mismo criterio de preparación.

La valoración y caracterización geomecánica se hace con el objetivo de proporcionar el objetivo del diseño de las operaciones de minado y su posterior sostenimiento. Es decir, a partir de estos, se tienen datos que ayudan a la correcta elección de un método de explotación, el sostenimiento a usar (activo o pasivo), eje y rumbo de las labores, entre otros. Estos datos vienen siendo: data geomecánica en donde incluya el RQD, tipo de roca, juntas, discontinuidades, filtraciones, etc.; mapeo geomecánico; clasificación del macizo rocoso; descripción geológica, etc.

En cuanto a la clasificación del macizo rocoso, este se define como una herramienta útil y necesaria en la geología que forma y describe la información del tipo de roca en la que se trabajará y el tipo de sostenimiento y estabilidad que deberán tener las excavaciones subterráneas. Dentro de esta clasificación se encuentran algunos parámetros, los más conocidos son GSI, RMR y Q.

El sistema de clasificación RMR establecido por Bieniawski (1989), es un sistema muy utilizado para evaluar o caracterizar la calidad de un macizo rocoso en términos propios de resistencia y comportamiento. Para definir este sistema se basa en los parámetros que son los Índice de Calidad de Roca (RQD), agua subterránea y las juntas.

La clasificación de túneles o más conocido como Q de Barton es un sistema de clasificación geomecánica (su valor varía entre 0.01 y 1000) el cual mediante él se puede

estimar los parámetros geomecánicos del macizo rocoso los cuales influyen en el diseño de sostenimiento de túneles y excavaciones subterráneas. La diferencia entre el Q y RMR es que el Q se usa principalmente para sostenimiento, usando shotcrete, bulones, cerchas, entre otros; y el RMR se usa para evaluar geomecánicamente las propiedades de los macizos rocosos. (Ver Anexo 7)

Considerando estos aspectos técnicos y los que sufre la industria del carbón, los cuales el precio interno de su mercado no es como el de los minerales metálicos debido a que su uso es limitado, se hace necesaria la incrementación en la eficiencia de producción, así como de minimizar al máximo los costos para generar una mayor rentabilidad para la empresa. De tal manera, en base a lo mencionado, se está ejecutando el método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios que es una variante del sistema Hundimiento por Bloques y Subniveles, con una metodología mejorada en lo que respecta a la explotación del carbón, con resultados que ofrece de un mejor rendimiento y una recuperación mayor al 90% de carbón y también con una reducción notable de costos de operación (Maurtua, 2012). Teniendo en cuenta que para obtener excelentes resultados en la aplicación de algún método de explotación es tener un buen criterio para realizar el arranque y avance del frente ya que es de todo lo que depende y que sean al ritmo adecuados. En el caso de inclinados, se desarrollan siempre las galerías y primarios en conjunto con la explotación misma, siendo mayormente mineral o algunas veces mixto. Se debe tener en cuenta la importancia del sostenimiento y/o mantenimiento de las galerías porque define un costo alto y es lo que se busca minimizar. (Montes, 2018)

En el país, la comercialización del carbón más importante se centra en la Planta de Cemento Andino, ahí su principal uso lo dan para la industria del cemento y la producción del acero; no obstante, es posible la sustitución parcial de esa demanda con carbón importado

a través de mezclas con carbón peruano dependiendo mucho del uso industrial que exija la planta. En la actualidad y a nivel internacional, la producción de carbón muestra variaciones significativas en diferentes países y sobre todo que la producción está influenciada por factores como los yacimientos de carbón, condiciones económicas, entre otros. Por ello, los países líderes en explotación de carbón son China, Estados Unidos, India, Australia, siendo China el principal productor debido a la alta demanda energética del país con cifras de 384.67 millones de toneladas (WET 2022). En parte del contexto nacional, el país no es uno de los grandes productores a nivel internacional aun contando con yacimientos grandes mayormente en la zona central del país siendo estos Junín y Cusco. Datos estadísticos muestran que, aunque la producción de carbón nacional ha sido relativamente limitada, esta cumple con la demanda nacional, aunque también cuenta con exportaciones tales así que en 2021 Perú se convirtió en el exportador #72 de carbón en el mundo repartiéndose en países como Ecuador, Bolivia y Costa Rica. En importaciones, para el mismo año el Perú realizó importes por un total de 14.6M\$ en carbón, Colombia (\$10.2M), Argentina (\$1.43M), China (\$1.22M), México (\$403k) y Venezuela (\$369k). (OEC World 2021)

De esta manera se busca responder a la pregunta de investigación: ¿Cómo se logrará la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023? Además, que para la investigación se realizó también el uso de la optimización de costos que es lo que se pretende para mejorar la rentabilidad de la empresa.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se logrará la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar de qué manera se logrará la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las condiciones geológicas y geomecánicas para la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios.
- Comparar las características del método de explotación actual con el método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios.
- Verificar la efectividad de la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios en la optimización de producción.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Se logró la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023.

1.4.2. Hipótesis específica

- Las condiciones geológicas y geomecánicas sí influyen en la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios.

- La comparación de características del método de explotación actual con el método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios coadyuvó a apreciar las diferencias técnicas entre ambos métodos.
- La efectividad de la aplicación del método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios sí optimizó la producción.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Enfoque, nivel y diseño de la investigación

Se tiene que hacer hincapié que, cuando se habla de la metodología de la investigación científica, se hace referencia a una serie de procedimientos que tiene como fin generar resultados tanto reales como fiables, que van a girar en torno a una problemática real. (Chacón 2012)

La metodología de esta investigación se presenta de la siguiente manera:

2.1.1. Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación es Cuantitativo, porque se recopilará y analizará datos y permitirá cuantificar los resultados. Autores como Alvitres (2014) al respecto indican que cuando se trata de una investigación cuantitativa se hace referencia a la predictibilidad de una problemática determinada tanto en tiempo como en espacio.

2.1.2. Fin que persigue la investigación

La naturaleza de la investigación es de carácter Aplicada porque se emplea los conocimientos y posibilita la aplicación al área de estudio. En palabras de Sandoval (2014) es que por medio de este fin de la investigación científica se busca lograr un entendimiento de forma directa con respecto a una problemática determinada planteada dentro de la esfera social o en su defecto el sector industrial; ya que como es de verse se aplicó un conocimiento teórico en el procedimiento de resolución de un problema real circunscrito a la necesidad de optimizar el nivel de

producción de una mina de carbón ubicada en Huallanca a fin de aumentar su rentabilidad por medio de procedimientos de explotación adecuados.

2.1.3. Temporalidad de la investigación

La temporalidad de la investigación es Transversal, debido a que los resultados se dieron por análisis y evaluación en un solo tiempo dentro del área de estudio. Esto se sustenta con la teoría desarrollada por Zorilla (2015) quien indica que, en las investigaciones con corte transversal, se trata de un enfoque basado en la observación ya que evalúa las características de las variables planteadas dentro de un momento determinado.

2.1.4. Alcance de la investigación

La investigación tiene un alcance metodológico de tipo Correlacional, debido a que en el desarrollo de este se buscó establecer la relación existente y/o significativa que habría entre ambas variables, siendo la variable independiente: Métodos de explotación; y, la variable dependiente: Optimización de producción.

2.1.5. Diseño de la investigación

Asimismo, la investigación tuvo un diseño No Experimental, siendo que en el proceso de recojo de la información pertinente no se efectuará una manipulación de las variables objeto de estudio. Así se tiene en palabras de Zorilla (2015) quien manifiesta que este tipo de diseños de investigación son de naturaleza empírica y sistemática por la naturaleza de esta al no incidir o alterar las variables de estudio planteadas.

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

2.2.1. Población

Está definida por las Labores de Explotación en los Inclinaos Primarios y Secundarios.

2.2.2. Muestra

Está definida por el Tajo Juanita de la mina de carbón ubicada en Huallanca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En su estudio de Hernández, *et al* (2014) hace referencia que las técnicas e instrumentos de un estudio científico son aquellos que recolectan datos que obedecen meramente a los conceptos o variables que el investigador tiene provisto o pensado.

2.3.1. Técnicas

Para recopilar la información para la investigación, se utilizaron las siguientes técnicas:

2.3.1.1. Técnica de análisis documental

En la investigación se empleó la técnica de Análisis Documental, la cual tiene como fin recopilar la información bibliográfica del tema tales como libros, tesis, revistas, artículos, etc., donde esta técnica permita al investigador ampliar su conocimiento referente a las variables de estudio.

2.3.1.2. Técnica de campo

Esta técnica consiste en recoger toda la información de campo tales como reportes diarios, datos geológicos, repartos de guardia, etc., obteniendo información directa y concisa del estudio para una mayor veracidad de este.

2.3.1.3. Observación directa

Consta de una observación participante donde se estuvo presente en campo participando activamente en las tareas ejecutadas por parte de Operaciones Mina, además de estar monitoreando constante los parámetros geológicos y geomecánicos para la correcta inserción de ellos en el método de explotación nuevo aplicado. Como tal, en la observación se usó lo siguiente:

- Guía de observación de campo
- Diálogos no estructurados

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Métodos	Instrumentos	Materiales
Observación de campo	Guía de observación	Libreta de apuntes
	Ficha de observación	Formato de campo

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Instrumentos

El instrumento que se usará será el de Guía de Análisis Documental la cual permite tener un orden estructural de la información revisada y recolectada; además de formatos de campo los cuales permiten anotar de manera directa y ordenada los apuntes necesarios cuando se efectúan los trabajos de campo. Por otro lado, se usará también el análisis de datos en el cual se hacen o elaboran las tablas y gráficos en Excel para una mejor interpretación de los resultados.

2.3.3. Análisis de datos

Los datos recolectados en el estudio de campo se procesarán, evaluarán y analizarán para una mayor confiabilidad en la investigación, por ello, se hace necesario el uso de Microsoft Excel como herramienta estadística y para la presentación de tablas y gráficos. Por otra parte, para la planificación y diseño de bloques y subniveles se usará AutoCAD.

2.4. Procedimiento

La metodología de recolección de información del presente trabajo consta de tres partes a realizar por parte del investigador.

La ruta de acceso para llegar a la mina es vía terrestre partiendo desde Trujillo hasta Huaraz y luego de Huaraz a Huallanca. Se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2

Rutas de acceso para la mina

Tramos	Distancia (km)	Estado de ruta
Trujillo – Chimbote	130	Pavimentado en buen estado
Chimbote – Caraz	195	Pavimentado y partes sin pavimentar
Caraz – Huaraz	68	Pavimentado en buen estado
Huaraz – Huallanca	120	Pavimentado en buen estado
Huallanca – Mina	4.6	Trocha carrozable
Total	517.6	

La primera etapa, luego de observar el problema en campo y tener definido lo que se estudiaría, es el trabajo de gabinete que consta en revisar la información bibliográfica del

tema, así como de la metodología que se emplea para realizar el estudio. Se hizo búsquedas exhaustivas en diferentes bases de datos con el fin de encontrar las mayores fuentes confiables para el desarrollo, así como uso de tesis de pregrado y posgrado, artículos científicos y revistas utilizando criterios de búsqueda de palabras claves tanto en español como en inglés.

La segunda etapa refiere al recojo de información en campo, el cual los mantos carboníferos de la zona de estudio se encuentran en la formación Carhuaz, que es una formación geológica del Jurásico Superior, correspondiente a las cartas 18H Corongo y 19H Carhuaz ubicadas ambas en la carta geográfica número 18. De manera general, la roca carbonífera presente en la zona tiene una densidad promedio de 1.6 g/cm^3 y un RMR que oscila entre 33 y 41 que pertenecen a la clase IV con característica de roca de mala calidad. A partir de la data obtenida a través de los instrumentos, logró establecerse el problema déficit de producción en el primer bimestre del 2023 debido a los indicadores de productividad bajos o a la manera de trabajar de los obreros que aplicaban el método artesanal, tal y como se observó, se trabaja bajo ningún criterio técnico lo cual no permite tener un rendimiento óptimo. En tal sentido, para mejorar la rentabilidad de la empresa se considerará mayormente el indicador de producción/guardia (TM/gdia) y el de costo $\$/\text{m}^3$ o $\$/\text{TM}$. Para tales fines, se aplicaron pruebas piloto las cuales llevarían a la ejecución del método de explotación, así como de la toma de datos correspondientes para su posterior análisis. Se hizo uso de los informes diarios de la mina tales como repartos de guardia, hojas de reporte diario, planos geológicos y apoyo técnico por parte de los trabajadores. En esta parte se hizo la mayor posible recolección de datos para así obtener más confiabilidad de ellos. El estudio in situ consta de realizar pruebas mediante diseño, preparación y posterior explotación de los bloques y subniveles de acuerdo con los parámetros que exige el método

de explotación y de acuerdo con el diseño de mina que se tiene hasta el momento y también conociendo las condiciones geológicas de las labores a preparar. Una vez realizadas las pruebas y obteniendo los datos que se necesitan, lo siguiente es realizar la comparación técnica entre el método de explotación antiguo y el nuevo.

Dentro de esta etapa se necesita conocer al mineral en la zona de estudio, y este se presenta como una roca sedimentaria con color oscuro producto de diversos procesos geológicos del carbono, aunque también se le detallaría como un combustible fósil. (Mendiola, 2013). La gran parte de carbón que se encuentra presente en el país tiene presencia húmica autóctona o por otra parte alóctona procedentes de restos vegetales terrestres. Es el resultado de los esfuerzos acumulados por organismos, erosión, sedimentos y la actividad de la corteza terrestre. Su formación química está compuesta por carbono, hidrógeno, oxígeno y en menor proporción nitrógeno y azufre, las proporciones de estos dos últimos elementos varían respecto a la composición de maceral y del grado de evolución que alcanza el carbón.

El carbón se clasifica en varios tipos según su contenido de carbono los cuales se detallan en orden decreciente:

- a) **Antracita**, es el de mayor calidad, contiene un rango de 86 a 98% de carbono, cuenta con un poder calorífico alto y produce poca cantidad de humo o residuos. Su uso principal es la industria siderúrgica.
- b) **Hulla**, tiene un porcentaje de carbón más bajo que la Antracita con un rango de 60 a 80%, su poder calorífico es moderado y su uso mayormente es en la generación de energía que en la industria siderúrgica.
- c) **Bituminoso**, es un carbón de grado medio el cual su contenido de carbono es más bajo que la antracita y hulla con un rango de 45 a 86% y su poder calorífico es

moderado, su uso principal es la generación de energía, pero también se usa como combustible.

- d) Lignito**, es un carbón de muy baja calidad que su contenido de carbono es el más bajo de todos con un rango de 25 a 35% y cuenta con un poder calorífico bajo y un mayor contenido de humedad, su uso mayormente se centra en la generación de energía.

Tabla 3

Tipos y propiedades del carbón

Característica	Antracita	Hulla	Bituminoso	Lignito
Carbono (%)	86 a 98	60 a 80	45 a 86	25 a 35
Poder calorífico	Alto	Moderado	Moderado	Bajo a moderado
Densidad	Alta	Media	Media	Baja
Color	Negro brillante	Negro a marrón oscuro	Negro a marrón oscuro	Marrón claro a marrón oscuro
Dureza	Muy alta	Media	Media	Baja
Porosidad	Baja	Media	Media	Alta
Impurezas	Baja	Variable	Variable	Alta con presencia de humedad y ceniza

Fuente: elaboración propia

La norma o clasificación más usada para la denominación del carbón es la que refiere a la ASTM International de Estados Unidos y lo representa de la siguiente manera:

Tabla 4

Estándar de clasificación del carbón. Norma ASTM D388

Tipo de carbón	Grupo
Antracita	Meta antracita
	Antracita
	Semi antracita
Bituminoso	Bituminoso de bajo volátil
	Bituminoso de volátil intermedio
	Bituminoso de alto volátil A
	Bituminoso de alto volátil B
Sub bituminoso	Bituminoso de alto volátil C
	Sub bituminoso A
	Sub bituminoso B
Lignito	Sub bituminoso C
	Lignito A
	Lignito B

Fuente: Giraldo & Blas, 2008

Se debe tener en cuenta que el carbón antracítico, el cual representa aproximadamente el 80% del carbón en la zona de estudio (Mendiola, 2013), contiene propiedades fisicoquímicas muy atractivas para su comercio, el cual se centra mayormente en la siderurgia y el cemento ya que el carbón antracítico no puede ser empleado en la generación de energía a través de la combustión del carbón debido al alto costo que presenta el generar un megawatt-hora (mWh), además de que el Perú aún no tiene la tecnología necesaria para fabricar calderas para procesar el carbón antracítico.

La tercera etapa consiste en el análisis de los datos dentro del cual los datos serán procesados, evaluados y analizados minuciosamente para una mayor veracidad en ellos, por

ello se hace necesario el uso de Microsoft Excel como herramienta estadística para la tabulación de los datos obtenidos; por otra parte, para la planificación y diseño de los bloques se usará AutoCAD.

En la realización de la presente investigación titulada “Optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios” se tomaron en cuenta diversos elementos éticos. Estos incluyen aspectos como la integridad en la práctica científica, la valoración de la verdad y la equidad en relación con la investigación, así como la verificación de la autenticidad y singularidad de este trabajo en particular. A lo largo de todo el proceso de investigación se ha mantenido un compromiso constante con estos principios éticos mencionados anteriormente.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Análisis de condiciones geológicas y geomecánicas

3.1.1. Condiciones geológicas y geomecánicas de la caja techo

Cálculo del RQD

Ecuación para determinar el RQD de acuerdo con el número de fisuras por metro lineal.

$$RQD = 115 - (3.3 * Jv) \quad (1)$$

Donde Jv es el número de fisuras en un metro lineal.

De acuerdo con lo obtenido en campo, el número de fisuras por metro lineal es **27** (Ver Anexo 5 y Anexo 6) por lo cual se obtiene lo siguiente:

$$RQD = 115 - (3.3 * 27)$$

$$RQD = 25.9 \approx 26$$

Tabla 5

Valoración sistema RQD para la caja techo

Calidad de la roca	RQD (%)	Clasificación
Muy mala	< 25%	I
Mala	25 a 50%	II
Media	51 a 75%	III
Buena	76 a 90%	IV
Muy buena	91 a 100%	V

Fuente: Deere, D.U., *et al.* (1967)

Para la caja techo, de acuerdo con el número de fisuras por metro, se tiene un RQD de 26% lo que corresponde a una roca de calidad mala tipo II.

Cálculo del RMR

Tabla 6

Valoración sistema RMR para la caja techo

Ítem	Valor	Valoración
Resistencia a la compresión uniaxial	47	5
Calidad de roca (RQD)	26	7
Espaciamiento de discontinuidades	0.20	8
Condición de las discontinuidades	Alteración alta con una ligera rugosidad	6
Condición del agua subterránea	Ligera humedad	12
Orientación de las juntas	Rumbo paralelo al eje de la estructura	-5
RMR		38
RMR CORREGIDO	Rumbo paralelo al eje de la estructura	33

Para la caja techo, de acuerdo con los parámetros de clasificación geomecánicos de campo se obtuvo una puntuación de 33 correspondiendo a una roca de calidad mala.

Cálculo de Q de Barton

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad (2)$$

Donde:

$\frac{RQD}{J_n}$, tamaño de los bloques,

$\frac{J_r}{J_a}$, resistencia al corte entre los bloques, y

$\frac{J_w}{SRF}$, influencia del estado tensional.

Tabla 7

Valoración sistema Q de Barton para la caja techo

Ítem	Descripción	Valoración
Índice de fracturación de roca (RQD)	Mala	26
Índice de diaclasado (Jn)	Cuatro o más familias	16
Índice de rugosidad de discontinuidades (Jr)	Diaclasas onduladas	2
Factor de reducción por presencia de agua (Jw)	Presión media	0.5
Índice de alteración de las discontinuidades (Ja)	Relleno arcilloso	7
Factor tensional del macizo rocoso (SRF)	Tensiones medias	1

Para la caja techo, la valoración del índice Q es de **0.23** de acuerdo con los parámetros geológicos indica una roca muy mala.

3.1.2. Condiciones geológicas y geomecánicas de la caja piso

Cálculo del RQD

El número de fisuras por metro lineal (J_v) para la caja piso es de **24**, por lo cual, reemplazando en la Ecuación (2) se obtiene:

$$RQD = 115 - (3.3 * 24)$$

$$RQD = 35.8 \approx 36$$

Tabla 8

Valoración sistema RQD para la caja piso

Calidad de la roca	RQD (%)	Calificación
Muy mala	< 25%	I
Mala	25 a 50%	II
Media	51 a 75%	III
Buena	76 a 90%	IV
Muy buena	91 a 100%	V

Fuente: Deere, D.U., *et al.* (1967)

Para la caja piso, de acuerdo con el número de fisuras por metro, se tiene un RQD de 36% lo que corresponde a una roca de calidad mala tipo II.

Cálculo del RMR

Tabla 9

Valoración sistema RMR para la caja piso

Ítem	Valor	Valoración
Resistencia a la compresión uniaxial	47	7
Calidad de roca (RQD)	36	8
Espaciamiento de discontinuidades	0.34	9
Condición de las discontinuidades	Ligera rugosidad y alteración	9
Condición del agua subterránea	Ligera humedad	13
Orientación de las juntas	Rumbo paralelo al eje de la estructura	-5
RMR		46
RMR CORREGIDO	Rumbo paralelo al eje de la estructura	41

Para la caja piso, de acuerdo con los parámetros de clasificación geomecánicos de campo se obtuvo una puntuación de 41 correspondiendo a una roca de calidad mala.

Cálculo de Q de Barton

Tabla 10

Valoración sistema Q de Barton para la caja piso

Ítem	Descripción	Valoración
Índice de fracturación de roca (RQD)	Mala	36
Índice de diaclasado (Jn)	Dos familias	8
Índice de rugosidad de discontinuidades (Jr)	Diaclasas onduladas	2
Factor de reducción por presencia de agua (Jw)	Presión media	0.5
Índice de alteración de las discontinuidades (Ja)	Arcillas limosas o arenosas	26
Factor tensional del macizo rocoso (SRF)	Zona de fracturas aisladas	2.5

Para la caja piso, la valoración del índice Q es de 0.07 de acuerdo con los parámetros geológicos indica una roca extremadamente mala.

Tabla 11

Resumen de los parámetros geomecánicos de las cajas

Estructura	Características geomecánicas		
	RQD	RMR	Q
Caja techo	26	33	0.23
Caja piso	36	41	0.07

3.2. Métodos de explotación

3.2.1. Método de explotación artesanal

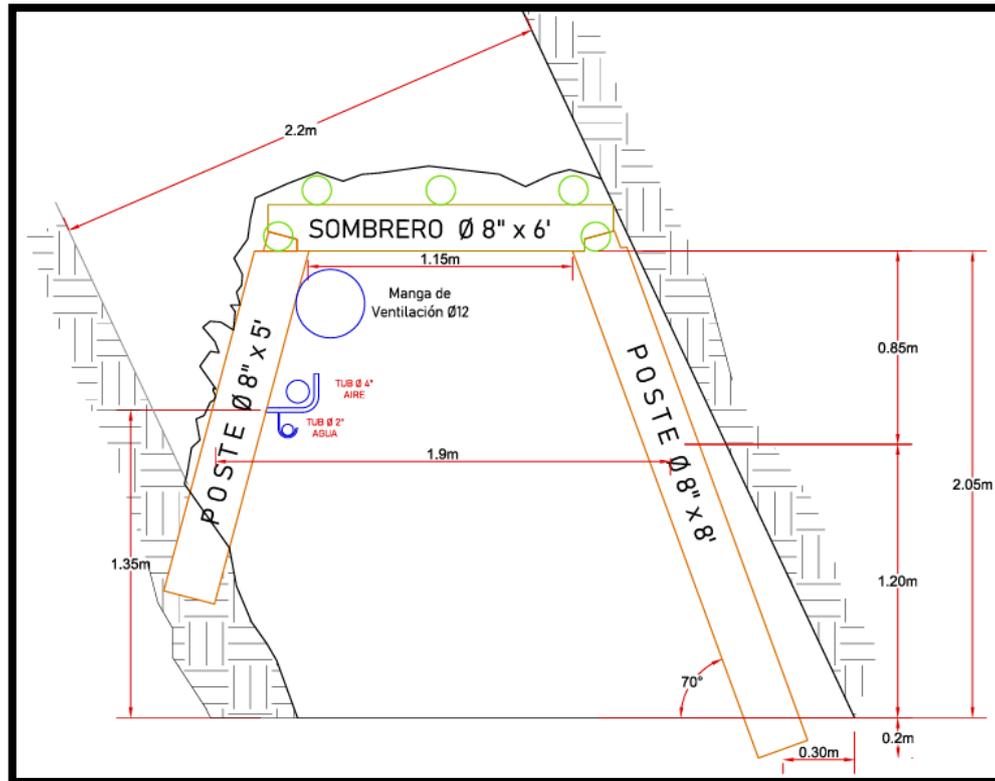
El actual método de explotación que se ejecuta es uno artesanal basado en la experiencia y conocimientos de los trabajadores, sin criterio alguno. Su funcionamiento trata en preparar dos galerías con una separación vertical variable entre ambas de 13 a 17 m, lo cual después son comunicadas por una chimenea de doble compartimiento. En esta chimenea se abren subniveles para llegar al bloque de explotación. En el bloque preparan puente o pilar superior e inferior de aproximadamente entre 3 a 5 m, a partir de ello comienzan a extraer el carbón en los subniveles. Este método no permite una alta recuperación del mineral además de que presenta alta ineficiencia y pérdida de tiempo en la extracción del mineral hacia superficie.

Desarrollo

Para el desarrollo de este método, se empiezan con las galerías o niveles principales que tienen una sección de 2.05 x 2.2 m (alto por ancho) y una separación vertical entre ambas de 15 m, todo en estructura carbonosa. El ciclo de minado consiste en extracción, limpieza, transporte y sostenimiento. Se usa una máquina perforadora eléctrica Bosh con barreno de 4', carretillas, barretas de 4', 6'.

Figura 1

Esquema de galería método artesanal



Preparación

En la preparación de chimeneas y subniveles, la chimenea se prepara de acuerdo con el buzamiento del estrato, con una sección de 1.6 x 2.2 m (ancho x alto). Los subniveles son construidos a partir de la chimenea principal y cuentan con una sección de 1.8 x 1.6 m (alto x ancho) los cuales son horizontales, es decir, paralelos a la galería principal. La distancia entre subniveles suele estar entre los 4 a 7 m y la gradiente que se maneja es de un 5%, además que sus secciones no tienen una consideración técnica ya que se realizan de acuerdo con el criterio del trabajador.

El sostenimiento viene dado por cuadros cónicos de madera con puntales de 7” a 9” de diámetro, sombreros de 8” a 9” de diámetro. Estos cuadros están separados entre 0.9 m a 1.10 m, aunque es variable pudiendo ser menos o más la separación.

Explotación

La explotación viene dada por el rebanado del mineral a partir del subnivel, se utiliza máquina eléctrica Bosh con barrenos de 4’ para arrancar el mineral del bloque, se realiza en retirada el cual luego es lampeado a las carretillas para su posterior descarga en la chimenea, se acumula en la tolva y luego se descarga a los carritos mineros para ser llevados a superficie. En este método existe una total ineficiencia y mal planeamiento debido a que se pierde mucha parte de explotar del tajo, además de que se pierde mucho tiempo en la limpieza y transporte del mineral.

En resumen:

Característica de la labor

Sección: Desarrollo: 2.05 x 2.2 m (alto x ancho).

Preparación: chimenea 2.2 x 1.6 m (alto x ancho).

subnivel 1.8 x 1.6 m (alto x ancho).

Gradiente: 5%.

Cuneta: 0.3 x 0.3 m.

Sostenimiento: Cuadros cónicos de madera con puntales con diámetros de 7” a 9” y sombreros de 8” a 9”.

Equipos utilizados

Rebanación o perforación: Perforadora eléctrica Bosh con barreno de 4' con punta de acero.

Limpieza: palas tipo mineras

Acarreo: carretillas en los subniveles y en galería principal carrito minero U35

3.2.2. Método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios

Generalidades

Para este método de explotación, el buzamiento del estrato debe estar comprendido entre los 35 a 70°. Este método permite una recuperación del carbón entre 90 a 95% y también ayuda en la minimización de costos porque optimiza tiempos muertos, así como al personal que se emplea, lo cual lo convierte en un método de explotación muy rentable. Es importante destacar que, todo bloque y/o inclinado deberá contar con su puente o pilar de seguridad de 3 a 5 m, el cual depende esencialmente de la humedad del carbón.

El mineral carbonoso explotado por medio de este método de explotación permitirá la mayor recuperación posible además de una baja dilución. Este mineral será acarreado por las labores acondicionadas para ese fin, tales como el Inclinado Primario con su tolva y las galerías principales. Toda labor siempre se realizará sobre estructura carbonosa, rara vez se aplicará sobre frente mixto (mineral y estéril) solo cuando el diseño lo requiera.

Las labores permanentes, que serán utilizadas para transporte de personal y mineral, deberán estar siempre sostenidas con cuadros cónicos, con puntales de 7 a

9" y sombreros de 8 a 9" de diámetro con separación entre cuadro y cuadro de 1.10 a 1.50 m. Las labores de desarrollo y preparación se harán de acuerdo a los parámetros y propiedades del yacimiento, las cuales permitirán trabajar a las rocas caja como hastiales debiendo mantener 35° de inclinación como pendiente promedio respecto al eje de la excavación, lo cual permitirá el fácil almacenamiento y extracción del mineral que almacenarán las tolvas acondicionadas para tal fin.

Para la consideración y posterior implementación de un método de explotación, siempre se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Características y factores geológicos y geomecánicos.
- Geometría del yacimiento.
- Baja dilución.
- Alta recuperación.
- Costos de explotación.

Terminado de explotarse el bloque, lo siguiente que se hace es recuperar el puente o pilar que se dejó en el inclinado secundario y posterior al primario.

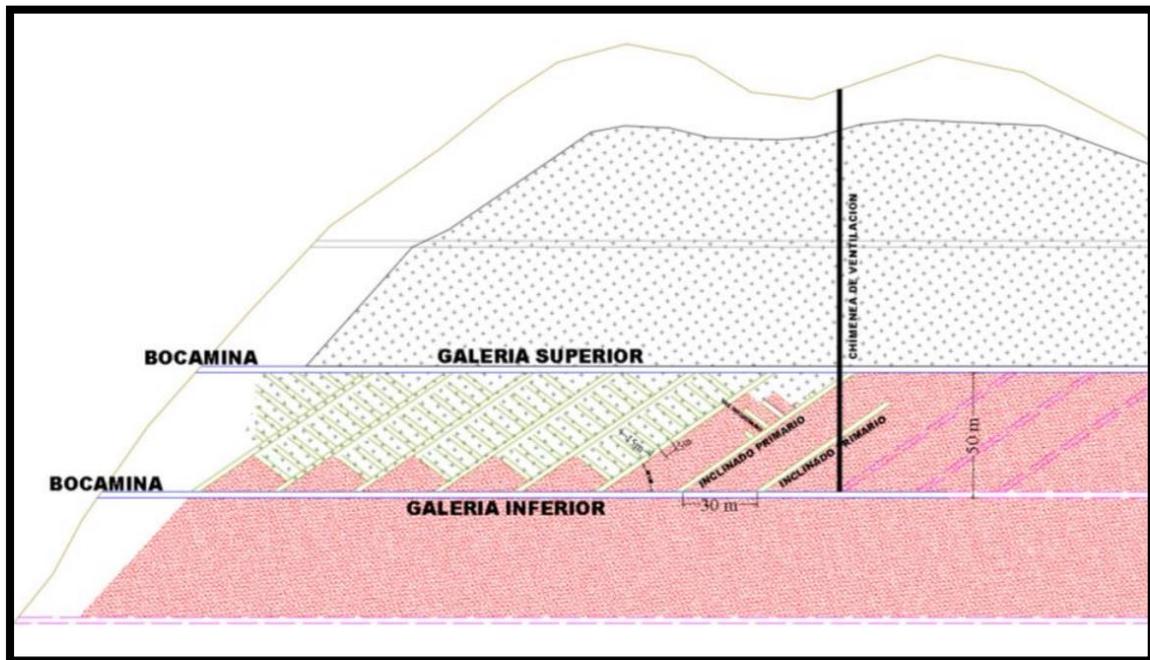
El acarreo del material viene dado en carritos mineros U35 con capacidad de 1 m³ que su destino es el canchón de mineral ubicado en superficie.

Desarrollo

La preparación de este método de explotación viene dada por los niveles superior e inferior. Se desarrollan dos galerías, superior e inferior, en estructura carbonosa con una separación vertical de 50 m y con una longitud de 30 m creándose así un bloque de explotación, los niveles principales cuentan con secciones de 2.2 x 2.4 m (ancho x alto), pendiente de 5% y sostenimiento de cuadros cónicos con puntales que van entre 7 a 9" de diámetro y sombrero de 8 a 9" de diámetro, los cuadros tienen una separación de entre 1.10 a 1.50 m aunque puede variar según el diseño y/o comportamiento de la roca.

Figura 2

Esquema del método Inclínados Primarios y Secundarios

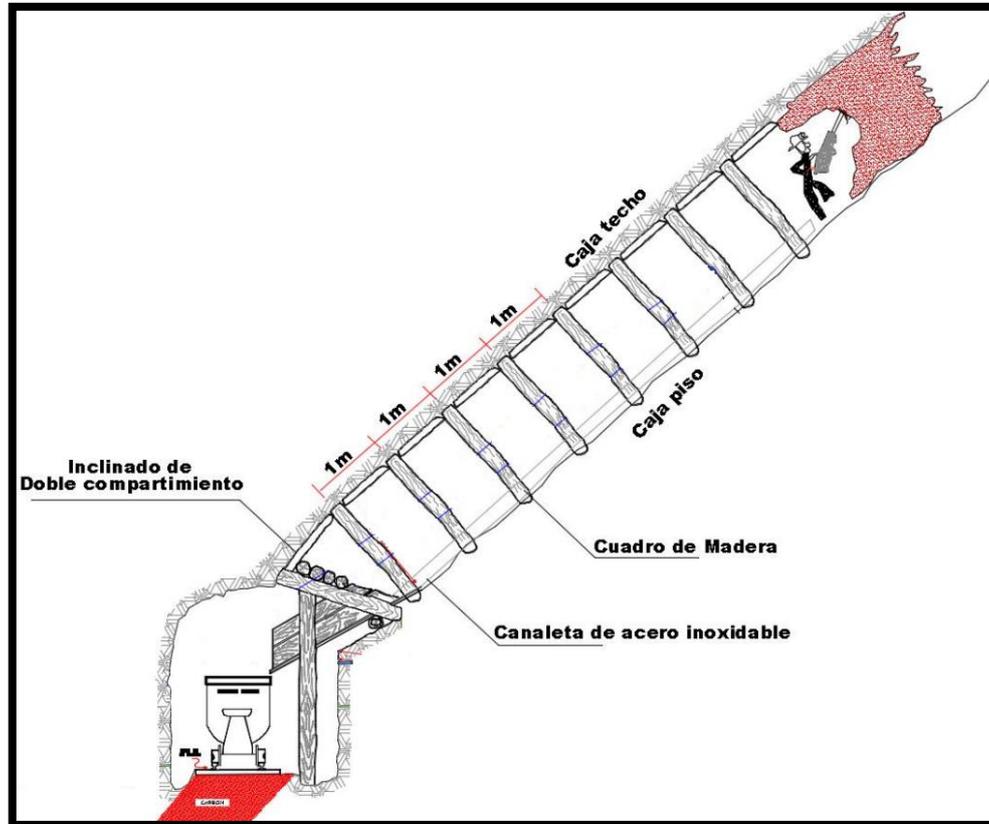


Preparación

Se prepara un inclinado primario de doble compartimiento con un ángulo de inclinación mínimo de 30° el cual permitirá el acceso del personal y también el almacenamiento del mineral por medio de la tolva. Los inclinados secundarios son contruidos a partir del inclinado primario con un ángulo de 45° . Se deja también un puente de 3 m en la galería superior e inferior para que sirva de soporte o pilar del bloque. Por el primario es donde se realiza la ventilación junto con el transporte del mineral. Se colocan planchas aceradas para la fácil caída del mineral por acción de la gravedad a través del inclinado secundario, pasando luego por el primario y quedando en la tolva.

Figura 3

Esquema de preparación de Inclinado Primario



Explotación

Una vez preparados los inclinados secundarios, se empieza a rebanar el carbón en retirada. El mineral arrancado cae por acción de gravedad a la plancha acerada que se coloca en el piso para el fácil desplazamiento de este hacia la tolva que se ubica en el inclinado primario (acondicionado para tal fin y que sirve también como pile del carbón) y el cual luego es transportando en carritos mineros hacia superficie (Ver Anexo 8). El proceso exige ventilación mecánica. El supervisor controlará que en el proceso de rebanado del mineral no sea afectado parte del pilar de soporte para así brindar una mayor seguridad en el bloque. La metodología de este proceso es de explotar lo mayor posible por guardia y posteriormente colocar sostenimiento para evitar accidentes por caída de rocas.

El sostenimiento está comprendido tanto para galerías como para los inclinados y se instalan cuadros cónicos con puntales de madera que van entre 7 a 9" de grosor, todo debidamente topeado y emparrillado. Los equipos que se utilizan en todo el proceso del minado son picadoras o Pick Hammer, palanas, carretillas, barrenos 4' y barretillas de 4 y 6'.

En resumen:

Características de la labor:

Sección: **Desarrollo:** 2.4 x 2.2 m (alto x ancho).

Preparación: I. Primario: 2.2 x 1.8 m (alto x ancho).

I. Secundario: 2.0 x 2.2 m (alto x ancho).

Gradiente: 5%.

Cuneta: 0.3 x 0.3 m

Sostenimiento: Cuadros cónicos de madera con puntales con diámetros de 7” a 9” y sombreros de 8” a 9”.

Equipos utilizados

Barrenación o perforación: Pick Hammer con barreno de 4”.

Limpieza: El mineral se desliza solo o desatando con barretas.

Acarreo: Carritos mineros U35 con capacidad de 1 m³ y a futuro con mini dumper.

Figura 4

Esquema de cuadros de sostenimiento para Inclínados

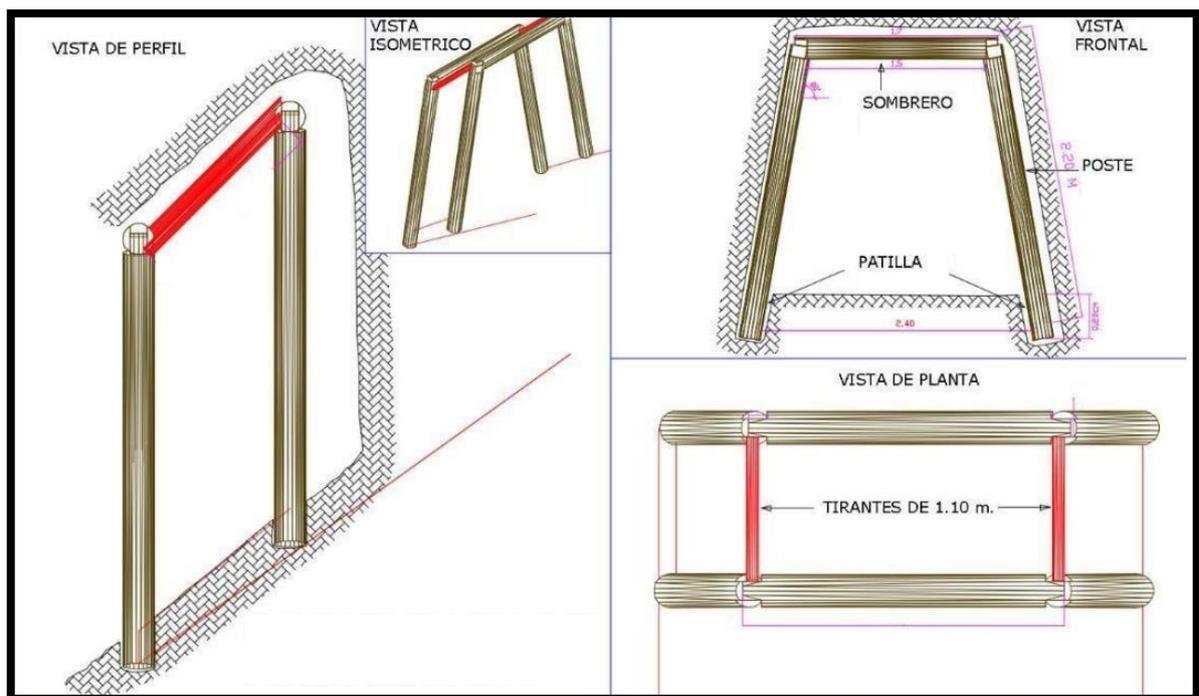
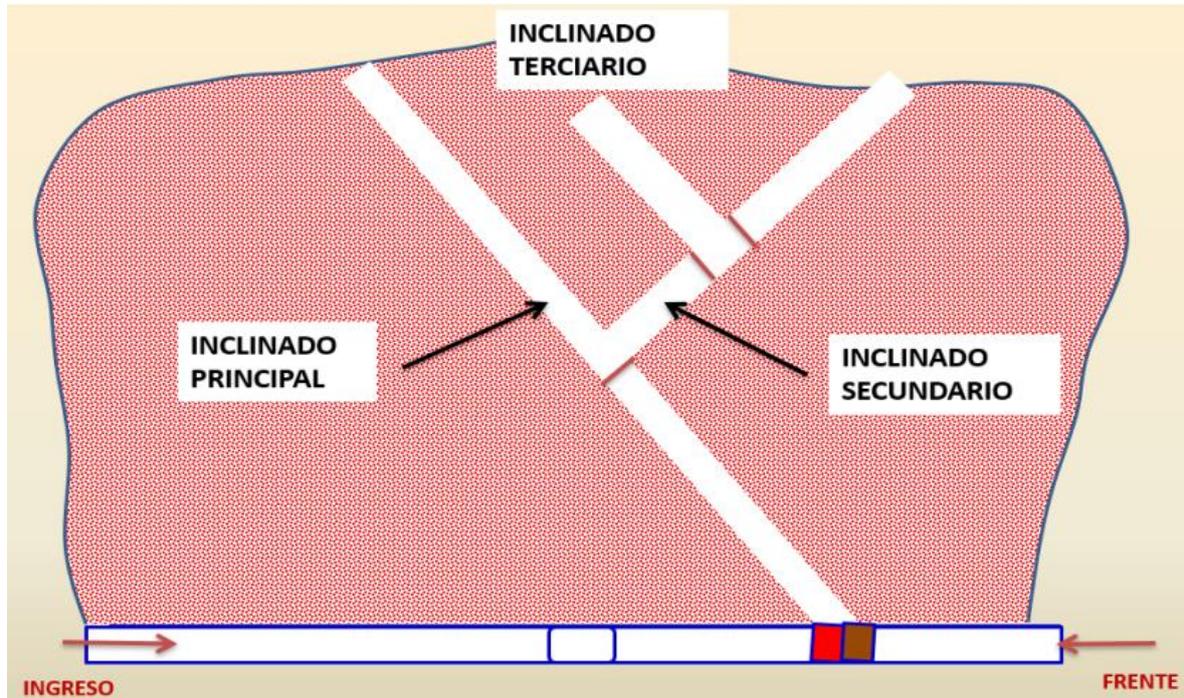


Figura 5

Esquema de Inclinado Primarios y Secundarios



3.3. Verificación de optimización de producción

3.3.1. Costos unitarios de método artesanal

Las características y parámetros del método artesanal están dados por:

Tipo de roca	: Pobre
Densidad de roca	: 1.7 g/cm ³
Sección subnivel	: 1.8 x 1.6 m
Longitud de barreno	: 1.22 m
Longitud efectiva de rebanada	: 1.05 m (32 taladros)
Promedio de metros barrenados	: 33.6 m
Tonelaje rebanado	: 5.14 TM/guardia
Volumen rebanado	: 3.02 m ³ /guardia

De acuerdo con eso, se preparan los costos unitarios del método artesanal.

T.C. = 3.68

Tabla 12

Costo mano de obra

Mano de obra directa	Cantidad	Jornal en Soles	Beneficios sociales	\$/guardia
<i>Maestro</i>	<i>1</i>	<i>80</i>	<i>0</i>	<i>21.74</i>
<i>Ayudante</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>0</i>	<i>16.30</i>
<i>Cargador</i>	<i>3</i>	<i>50</i>	<i>0</i>	<i>40.76</i>
<i>Carrero</i>	<i>2</i>	<i>50</i>	<i>0</i>	<i>27.18</i>
<i>Supervisor</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>0</i>	<i>16.30</i>
TOTAL	8	-	-	122.28

Tabla 13

Costo para máquina Bosh

Equipo	Costo \$	Vida útil (pies)	\$/pie	pp/guardia	\$/guardia
<i>Máquina Bosh</i>	<i>1323.10</i>	<i>32000</i>	<i>0.04</i>	<i>110.21</i>	<i>4.41</i>

Tabla 14

Costo para accesorios de barrenación

Accesorios	Cantidad	Costo \$/unidad	Vida útil (pies)	pp/guardia	\$/pp	\$/guardia
<i>Barreno 4'</i>	<i>1</i>	<i>111.81</i>	<i>2650</i>	<i>110.21</i>	<i>0.04</i>	<i>4.41</i>
<i>Cable eléctrico vulcanizado NPT 3X1</i>	<i>606.8 ft</i>	<i>1.29</i>	<i>3900</i>	<i>110.21</i>	<i>0.20</i>	<i>22.04</i>
<i>Accesorios para cable</i>	<i>1</i>	<i>4.88</i>	<i>3900</i>	<i>110.21</i>	<i>0.001</i>	<i>0.11</i>
<i>Grasa para rodamientos</i>	<i>0.025 kg</i>	<i>66.92</i>	<i>110.21</i>	<i>110.21</i>	<i>0.61</i>	<i>1.68</i>
TOTAL						28.24

Tabla 15

Costo de herramientas

Descripción	Medida	Cantidad	Costo \$/unidad	Vida útil (días)	\$/guardia
<i>Barreta 4'</i>	<i>Und</i>	<i>2</i>	<i>42.12</i>	<i>180</i>	<i>0.46</i>
<i>Barreta 5'</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>55.29</i>	<i>180</i>	<i>0.31</i>
<i>Comba 6 lb</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>19.02</i>	<i>180</i>	<i>0.11</i>
<i>Comba 8 lb</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>23.61</i>	<i>180</i>	<i>0.13</i>
<i>Palana</i>	<i>Und</i>	<i>2</i>	<i>8.70</i>	<i>90</i>	<i>0.10</i>
<i>Carretilla tipo buggy</i>	<i>Und</i>	<i>2</i>	<i>47.80</i>	<i>180</i>	<i>0.54</i>
<i>Llave francesa de 12"</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>12.23</i>	<i>360</i>	<i>0.34</i>
<i>Llave Stilson de 14"</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>21.74</i>	<i>360</i>	<i>0.06</i>
<i>Pico minero</i>	<i>Und</i>	<i>2</i>	<i>9.51</i>	<i>120</i>	<i>0.16</i>
<i>Martillo carpintero</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>8.13</i>	<i>180</i>	<i>0.05</i>
<i>Azuela 3½"</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>7.61</i>	<i>360</i>	<i>0.02</i>
<i>Pintura en spray</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>4.32</i>	<i>10</i>	<i>0.43</i>
<i>Nivel</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>6.77</i>	<i>360</i>	<i>0.02</i>
<i>Arco de sierra</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>7.31</i>	<i>90</i>	<i>0.08</i>
<i>Flexómetro 5 m</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>5.41</i>	<i>90</i>	<i>0.06</i>
<i>Alambre #16</i>	<i>kg</i>	<i>0.25</i>	<i>1.36</i>	<i>2</i>	<i>0.17</i>
TOTAL					4.06

Tabla 16
Costo de EPPs

Descripción	Medida	Cantidad	\$/unidad	Vida útil (días)	\$/guardia
<i>Casco minero</i>	<i>Und</i>	8	14.95	360	0.33
<i>Overall</i>	<i>Und</i>	8	23.10	180	1.03
<i>Botas de jebe con punta de acero</i>	<i>Par</i>	8	20.38	180	0.88
<i>Guantes nitrilo</i>	<i>Par</i>	8	4.75	14	2.72
<i>Respirador de media cara</i>	<i>Und</i>	8	17.66	180	0.80
<i>Filtro de respirador</i>	<i>Par</i>	8	5.7	30	1.52
<i>Lámpara minera</i>	<i>Und</i>	8	42.12	360	0.94
<i>Lentes de seguridad</i>	<i>Und</i>	8	4.89	60	0.65
<i>Tapón de oídos</i>	<i>Und</i>	8	1.09	30	0.32
<i>Barbiquejo</i>	<i>Und</i>	8	1.36	90	0.16
<i>Correa portalámpara</i>	<i>Und</i>	8	6.79	180	0.32
TOTAL					9.67

Tabla 17

Resumen de costos unitarios del método artesanal

Descripción	Costo \$/guardia
<i>Mano de obra</i>	<i>122.28</i>
<i>Máquina Bosh</i>	<i>4.41</i>
<i>Accesorios de barrenación</i>	<i>28.24</i>
<i>Herramientas</i>	<i>4.06</i>
<i>EPPs</i>	<i>9.67</i>
TOTAL	168.66
COSTO US \$/TM	32.81
COSTO US \$/m3	55.77

3.3.2. Costos unitarios del método Inclínados Primarios y Secundarios

La optimización de producción se ha realizado en el Tajo Juanita, los parámetros operativos del método son los siguientes:

Tipo de roca	: Pobre
Densidad de roca	: 1.7 g/cm ³
Sección inclinado secundario	: 2.0 x 2.2 m (alto x ancho)
Longitud de barreno	: 1.22 m
Longitud efectiva de rebanada	: 1.19 m (24 taladros)
Promedio de metros barrenados	: 28.56 m
Tonelaje rebanado	: 8.90 TM/guardia
Volumen rebanado	: 5.24 m ³ /guardia

De acuerdo con eso, se preparan los costos unitarios del método Inclinados Primarios y Secundarios.

$$T.C. = 3.68$$

Tabla 18

Costo mano de obra optimizado

Mano de obra directa	Cantidad	Jornal en Soles	Beneficios sociales	US \$/guardia
<i>Maestro</i>	<i>1</i>	<i>80</i>	<i>0</i>	<i>21.74</i>
<i>Ayudante</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>0</i>	<i>16.30</i>
<i>Cargador</i>	<i>2</i>	<i>50</i>	<i>0</i>	<i>27.18</i>
<i>Supervisor</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>0</i>	<i>16.30</i>
TOTAL	5	300	-	81.52

Tabla 19

Costo de máquina Pick Hammer

Equipo	Costo \$/unidad	Vida útil (pies)	\$/pie	pp/guardia	\$/guardia
<i>Máquina Pick Hammer</i>	<i>1738.85</i>	<i>90000</i>	<i>0.02</i>	<i>93.68</i>	<i>1.87</i>

Tabla 20
Costos de accesorios de barrenación

Accesorios	Cantidad	Costo \$/unidad	Vida útil (pp)	pp/guardia	\$/pp	\$/guardia
Barreno integral 4'	1	151.90	5000	93.68	0.03	2.81
Accesorios para mangueras	1	27.17	3900	93.68	0.007	0.66
Tubería 2"	410 ft	2.98	3900	93.68	0.31	29.04
Tubería 1"	131.2 ft	2.13	3900	93.68	0.07	6.56
Manguera 1"	65.6 ft	1.59	3900	93.68	0.03	2.81
Aceite Torcula	¼ gl	85.14	187.36	93.68	0.45	10.54
TOTAL						52.42

Tabla 21
Costo de herramientas - Inclínados

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil (días)	Costo US \$/guardia
Barreta 4'	Und	1	42.12	180	0.23
Barreta 6'	Und	1	62.50	180	0.35
Comba 8 lb	Und	1	23.61	180	0.13
Palana	Und	1	8.70	90	0.10
Carretilla tipo buggy	Und	1	47.80	180	0.27
Llave francesa de 12"	Und	1	12.23	360	0.34

<i>Llave Stilson de 14"</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>21.74</i>	<i>360</i>	<i>0.06</i>
<i>Pico minero</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>9.51</i>	<i>120</i>	<i>0.08</i>
<i>Martillo carpintero</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>8.13</i>	<i>180</i>	<i>0.05</i>
<i>Azuela 3½"</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>7.61</i>	<i>360</i>	<i>0.02</i>
<i>Pintura en spray</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>4.32</i>	<i>10</i>	<i>0.43</i>
<i>Nivel</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>6.77</i>	<i>360</i>	<i>0.02</i>
<i>Arco de sierra</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>7.31</i>	<i>90</i>	<i>0.08</i>
<i>Flexómetro 5 m</i>	<i>Und</i>	<i>1</i>	<i>5.41</i>	<i>90</i>	<i>0.06</i>
<i>Alambre #16</i>	<i>kg</i>	<i>0.25</i>	<i>1.36</i>	<i>1</i>	<i>1.36</i>
TOTAL					3.58

Tabla 22
Costo de EPPs - Inclínados

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil (días)	Costo US \$/guardia
<i>Casco minero</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>14.95</i>	<i>360</i>	<i>0.21</i>
<i>Uveral</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>23.10</i>	<i>180</i>	<i>0.65</i>
<i>Botas de jebe con punta de acero</i>	<i>Par</i>	<i>5</i>	<i>20.38</i>	<i>180</i>	<i>0.55</i>
<i>Guantes nitrilo</i>	<i>Par</i>	<i>5</i>	<i>4.75</i>	<i>20</i>	<i>1.2</i>
<i>Respirador de media cara</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>17.66</i>	<i>180</i>	<i>0.5</i>
<i>Filtro de respirador</i>	<i>Par</i>	<i>5</i>	<i>5.7</i>	<i>15</i>	<i>1.9</i>
<i>Lámpara minera</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>42.12</i>	<i>360</i>	<i>0.6</i>

<i>Lentes de seguridad</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>4.89</i>	<i>60</i>	<i>0.40</i>
<i>Tapón de oídos</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>1.09</i>	<i>30</i>	<i>0.20</i>
<i>Orejas</i>	<i>Par</i>	<i>5</i>	<i>17.66</i>	<i>360</i>	<i>0.25</i>
<i>Barbiquejo</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>1.36</i>	<i>90</i>	<i>0.1</i>
<i>Correa portalámpara</i>	<i>Und</i>	<i>5</i>	<i>6.79</i>	<i>180</i>	<i>0.20</i>
				TOTAL	6.76

Tabla 23
Resumen de costos unitarios del método Inclinaos Primarios y Secundarios

Descripción	Costo US \$/guardia
<i>Mano de obra</i>	<i>81.52</i>
<i>Máquina picadora</i>	<i>1.87</i>
<i>Accesorios de barrenación</i>	<i>52.42</i>
<i>Herramientas</i>	<i>3.58</i>
<i>EPPs</i>	<i>6.76</i>
TOTAL	146.15
COSTO US \$/TM	16.42
COSTO US \$/m3	27.91

3.3.3. Producción

Tabla 24
Producción diaria de carbón, método artesanal

Método de explotación artesanal			
Fecha	Producción (TM)	Fecha	Producción (TM)
<i>8-Ene</i>	<i>10.33</i>	<i>23-Ene</i>	<i>12.81</i>
<i>9-Ene</i>	<i>10.18</i>	<i>24-Ene</i>	<i>12.44</i>
<i>10-Ene</i>	<i>11.31</i>	<i>25-Ene</i>	<i>11.98</i>
<i>11-Ene</i>	<i>11.04</i>	<i>26-Ene</i>	<i>11.45</i>
<i>12-Ene</i>	<i>10.98</i>	<i>27-Ene</i>	<i>11.87</i>
<i>13-Ene</i>	<i>11.74</i>	<i>28-Ene</i>	<i>11.49</i>
<i>14-Ene</i>	<i>0.00</i>	<i>29-Ene</i>	<i>0.00</i>
<i>15-Ene</i>	<i>8.26</i>	<i>30-Ene</i>	<i>7.11</i>
<i>16-Ene</i>	<i>10.88</i>	<i>31-Ene</i>	<i>10.33</i>
<i>17-Ene</i>	<i>10.92</i>	<i>1-Feb</i>	<i>11.29</i>
<i>18-Ene</i>	<i>11.42</i>	<i>2-Feb</i>	<i>11.95</i>
<i>19-Ene</i>	<i>11.34</i>	<i>3-Feb</i>	<i>10.56</i>
<i>20-Ene</i>	<i>11.59</i>	<i>4-Feb</i>	<i>11.62</i>
<i>21-Ene</i>	<i>11.78</i>	<i>5-Feb</i>	<i>11.34</i>
<i>22-Ene</i>	<i>12.67</i>	<i>6-Feb</i>	<i>11.09</i>
TOTAL (TM)		311.77	
PROMEDIO (TM)		10.39	

Figura 6

Producción diaria de carbón, método artesanal

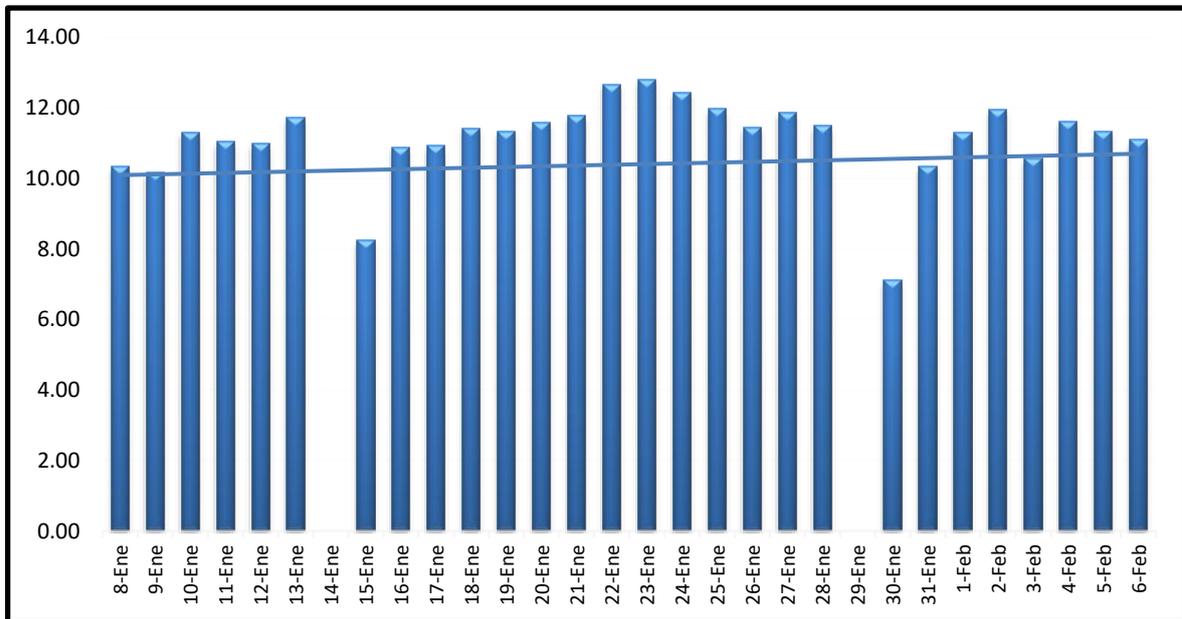


Tabla 25

Producción diaria de carbón con el método Inclínados Primarios y Secundarios

Método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios			
Fecha	Producción (TM)	Fecha	Producción (TM)
11-Jul	15.66	26-Jul	17.91
12-Jul	16.42	27-Jul	17.53
13-Jul	15.88	28-Jul	18.32
14-Jul	0	29-Jul	0
15-Jul	11.55	30-Jul	12.47
16-Jul	16.71	31-Jul	17.49
17-Jul	17.43	1-Ago	18.24
18-Jul	17.57	2-Ago	17.84
19-Jul	17.92	3-Ago	17.67
20-Jul	17.68	4-Ago	17.93
21-Jul	17.45	5-Ago	18.41
22-Jul	17.28	6-Ago	18.33

23-Jul	17.78	7-Ago	17.64
24-Jul	18.12	8-Ago	17.85
25-Jul	17.86	9-Ago	17.77

TOTAL (TM)	480.71
PROMEDIO (TM)	16.02

Figura 7

Producción diaria de carbón con el método Inclínados Primarios y Secundarios

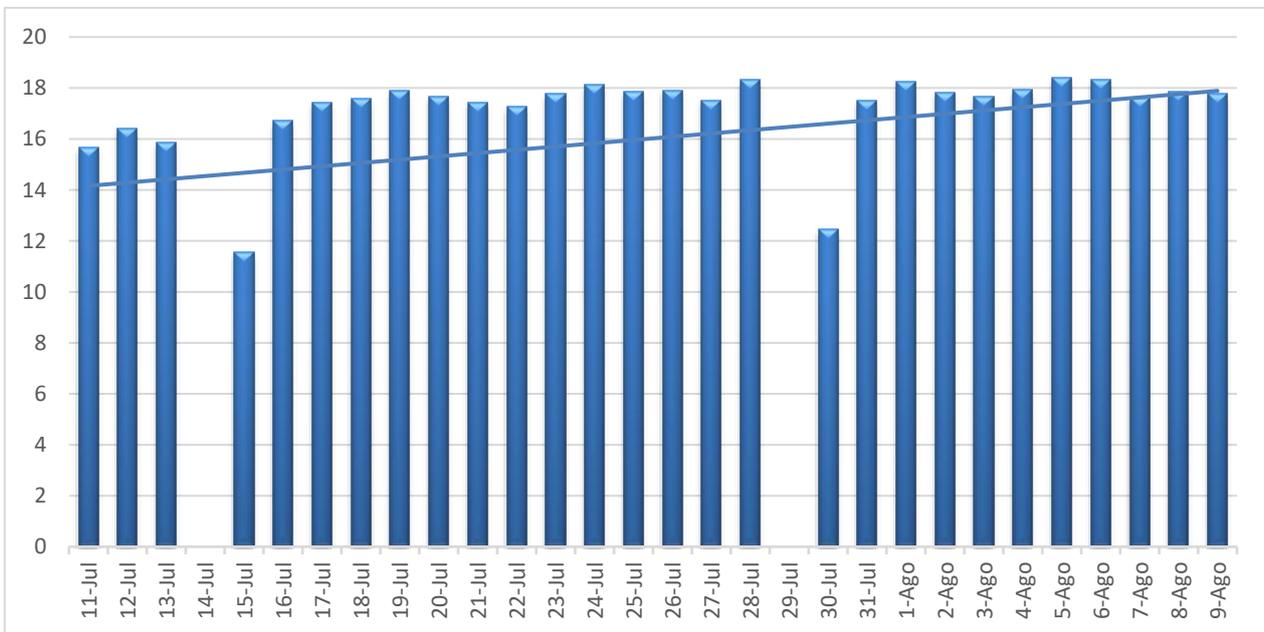
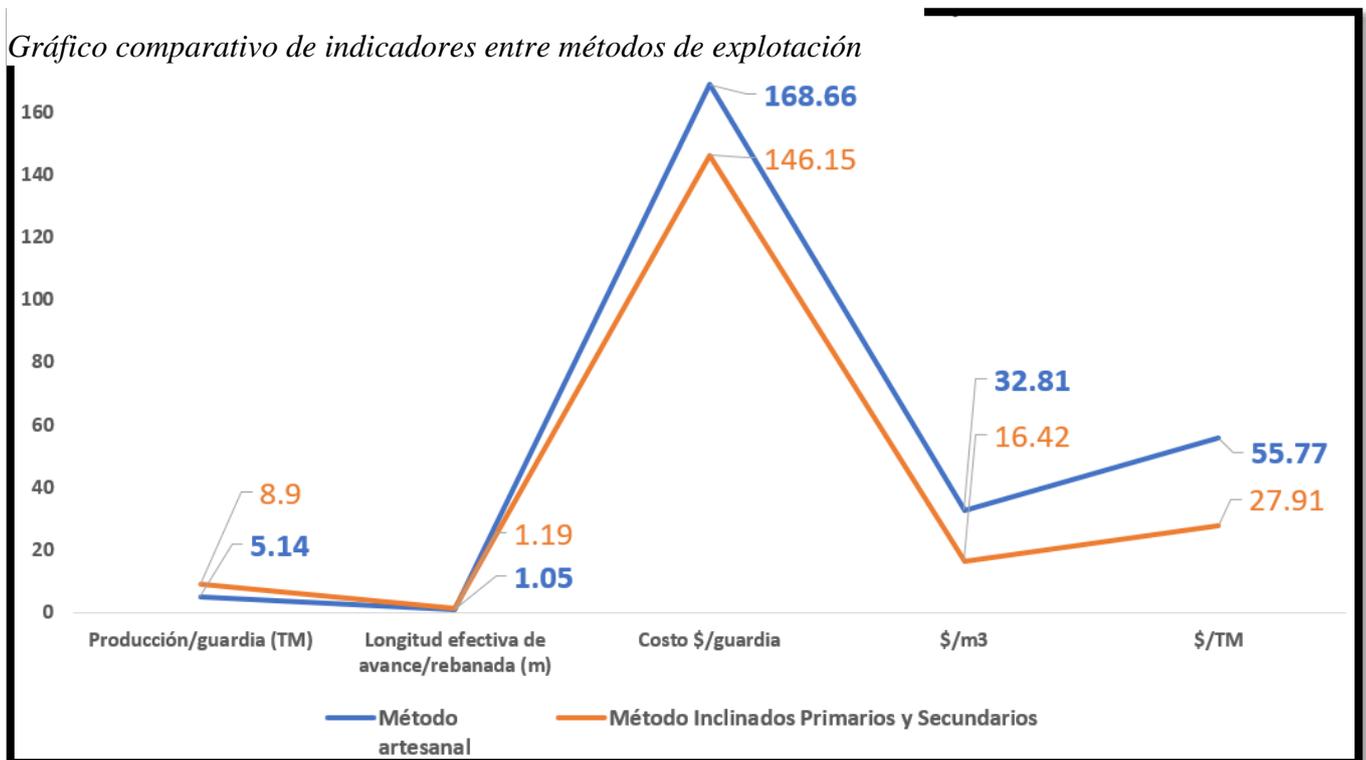


Tabla 26

Comparación de indicadores entre el método artesanal e Inclínados Primarios y Secundarios

Ítem	Método artesanal	Método Inclínados	Resultados
Producción/guardia (TM)	5.14	8.90	3.76 (73.15%)
Longitud efectiva de avance/rebanada (m)	1.05	1.19	13.33%
Costo \$/guardia	168.66	146.15	22.51 13.35%
\$/m³	32.81	16.42	16.39 49.95%
\$/TM	55.77	27.91	27.86 49.96%

Figura 8



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En base a los datos obtenidos y, siendo que el objetivo general de la presente investigación se direcciona a optimizar la producción de mineral mediante la aplicación del método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios; se tiene que el método de explotación artesanal presentaba muchas deficiencias y tiempos muertos en la explotación misma lo cual se traduce en un indicador producción/guardia muy bajo el cual tiene un promedio de 5.14 TM/guardia. Tal como se muestra en la Figura 5 y Anexo 8, donde se puede apreciar mejoras en el diseño de explotación de los inclinaos secundarios los cuales hacen que la explotación sea más eficiente de acuerdo con su inclinación que tienen, es decir, el mineral rebanado cae y por acción de gravedad este se desliza hacia el inclinado primario almacenándose en la tolva, logrando reducir tiempos muertos en la limpieza y aumentando la producción al rebanar y limpiar más mineral por tiempo. Todo ello se contrastaría con la teoría desarrollada por Damian (2022) quien menciona que resulta importante hacer mejoras en el diseño de explotación implementando un eficaz plan y diseño de minado en la minería de carbón enfocándose en reducir los tiempos muertos mayormente en los procesos de perforación y voladura; aunado a ello, se tiene el trabajo de investigación realizado por Figueroa (2022) en el cual demuestra que el método Inclinaos y Subniveles presenta buenos resultados en cuanto a producción pasando de 265 a 300 TM/día traduciéndose en un 13.21% de incremento de producción.

Con respecto al primer objetivo específico el cual se enfocó a determinar las condiciones geológicas y geomecánicas para la aplicación del método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios; respecto del cual conforme a los resultados obtenidos se puede apreciar en la Tabla 11 que es viable geológicamente aplicar el método ya que la

geología de la mina presenta uniformidad conforme se avanza, siendo que el buzamiento del estrato es de 38° y es conforme a las características del método Inclinaos Primarios y Secundarios; siendo esto corroborado conforme se aprecia en la Figura 3 y Anexo 6 para la preparación del Inclinado Primario en donde se prepara en estructura carbonosa y el buzamiento mantiene uniformidad. Se debe tener en cuenta que, para que el método pueda aplicarse sin complicación alguna, este tiene que ser aplicado en áreas o zonas donde la disturbancia sea menor o muy poca ya que esto al combinarse con tectonismo se hace más complicada la aplicación por razones de cambios o alteraciones del macizo rocoso. Esto puede hacer que el material se diluya excesivamente, generando así un material poco valioso y con alto contenido de humedad y ceniza. Así lo demuestra Corrigan (2011) en su investigación que el rendimiento y tiempo de extracción mejoró notablemente al pasar del método Room and Pillar al Longwall Mining dando a entender que la caracterización geológica del macizo rocoso ayudó mucho en la aplicación del método mencionado.

Con respecto al segundo objetivo específico el cual se enfocó en comparar características e indicadores de ambos métodos de explotación, se muestra en el análisis de la Tabla 24 y Tabla 25 resultados tales como que en el método artesanal la explotación se realiza bajo ningún criterio técnico ni supervisión obteniendo datos de producción bajos de acorde a los parámetros que se manejaban además de presentar muchos tiempos muertos en la limpieza y acarreo del mineral hacia superficie, el promedio de los datos obtenidos del método artesanal es 10.39 TM/día. En cuanto al método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios se realiza bajo un diseño y planificación de minado respecto a la caracterización geológica y geomecánica del macizo rocoso, con una constante supervisión se logra que la producción de mineral es mayor debido a que los bloques preparados cuentan con una mejor sección y una barrenación adecuada y eficaz mejorando así los tiempos, tanto

en rebanación como en limpieza y acarreo, el promedio de producción diaria que se obtuvo aplicando el método Inclinaados Primarios y Secundarios es de 16.02 TM/día. Todo ello contrastado en la teoría desarrollada por Montes (2018) quien indicaría que, en el caso de inclinaados, se desarrollan siempre las galerías y primarios en conjunto con la explotación misma, siendo mayormente mineral o algunas veces mixto. Se debe tener en cuenta la importancia de la geología y geomecánica, así como del sostenimiento y/o mantenimiento de las galerías porque define un costo alto y es lo que se busca minimizar. Así como Maurtua (2012) en su investigación el cual pasó un método convencional al Shortwall Mining en la empresa OCIMIN S.A.C. logró incrementar los indicadores siguientes: rendimiento/m avance de 7.5 m³ a 84 m³ con una rebanada de 70x1.2x2m; longitud de avance por rebanada de 1 a 1.2 m; producción/guardia de 100 TM a 126 TM; \$/m³ que bajó de 7.67\$ a 6.08\$ y \$/TM que bajó de 5.11\$ a 4.05\$.

Con respecto al tercer objetivo específico que fue verificar la efectividad de la aplicación del método de explotación Inclinaados Primarios y Secundarios, se tiene la Tabla 26 en donde se demuestra que la producción mejoró en un 73.15% pasando de 5.14 a 8.90 TM/guardia; la longitud efectiva de rebanada pasó del promedio de 1.05 a 1.19 m representando un 13.33% de mejora; el costo \$/guardia disminuyó en 13.35% pasando de 168.66 a 146.15 \$/guardia; el costo \$/m³ disminuyó en un 49.95% pasando de 32.81 a 16.42 \$/m³; y, el indicador más importante \$/TM se redujo en 49.96% pasando de 55.77 a 27.91 \$/TM. De tal manera, en base mención a ello, se está ejecutando el método de explotación Inclinaados Primarios y Secundarios que es una variante del sistema Hundimiento por Bloques y Subniveles, con una metodología mejorada en lo que respecta a la explotación del carbón, con resultados que ofrece de un mejor rendimiento y una recuperación mayor al 90% de carbón y también con una reducción notable de costos de operación. Tal como lo indica

Sotelo (2008) que realizó una investigación en la zona de Apa Chico en donde se implementó el método Longwall Mining dando resultados de mejora en lo económico y productivo y sobre todo dando mejora en la seguridad del personal y de la mina, bajando el ratio de mineral-desmante a 1/0.1 donde por 1 tonelada de mineral se saca aproximadamente entre 100 kgs de desmante y el cual por medio de políticas ambientales este desmante no puede salir a superficie y debido al poco volumen que presenta se deposita en tajeos antiguos siendo utilizado como "relleno".

Finalmente, se confirma la hipótesis general de acuerdo con la Figura 8, Tabla 24 y Tabla 25 en las cuales se muestra que si se aplica el método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios se optimiza la producción de mineral en una mina de carbón de acuerdo con la caracterización geológica y geomecánica. La aplicación de este método ha permitido también reducir tiempos muertos en las operaciones unitarias, así como también los riesgos de accidentes ya que emplea mejores técnicas de diseño y explotación.

4.2. Conclusiones

Se determinó la optimización de producción de mineral mediante la aplicación del método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios en base a que, el método de explotación artesanal presenta muchas deficiencias y tiempos muertos en su explotación. La producción diaria se incrementó en 3.76 TM/gdia lo que representa el 73.15% de incremento. El método de explotación Inclinados Primarios y Secundarios es un método con alta tasa de producción y bajo costo de operación, pero alto tiempo en preparación, además, otorga un mejor desempeño en la explotación y la seguridad de las labores porque los trabajadores están trabajando en todo momento sobre una zona sostenida.

Asimismo, en lo que respecta a las condiciones geológicas y geomecánicas, estas deben tener un correcto análisis para que la aplicación del método de explotación sea la adecuada, en donde mayormente predominen el buzamiento del estrato y la calidad de la roca ya que estos son los parámetros característicos del método Inclinaados Primarios y Secundarios lo que va a incidir en que su implementación se traduzca en optimizar la producción de mineral en donde va a ser aplicado.

En el proceso de comparación técnica del método de explotación actual con el método de explotación Inclinaados Primarios y Secundarios, se tiene que el promedio de los datos obtenidos del método artesanal es 10.39 TM/día, en cuanto al método de explotación Inclinaados Primarios y Secundarios es 16.02 TM/día. Este se realiza bajo un diseño y planificación de minado donde hay constante supervisión y la producción de mineral es mayor debido a que los bloques preparados cuentan con una mejor sección y una barrenación adecuada y eficaz mejorando así los tiempos, tanto en rebanación como en limpieza y acarreo.

Finalmente, se pudo verificar la efectividad que se tuvo al aplicar el método de explotación Inclinaados Primarios y Secundarios dando resultados óptimos y económicos frente al método artesanal, tanto en producción, tiempos muertos y costos, evidenciando así el incremento de producción en 73.15%, el costo de operación se reduce en 22.51 \$ (13.35%), el costo por tonelada \$/TM en 27.86 \$ (49.96%).

Referencias

- Alvitres, V (2000). *Método Científico. Planificación de la Investigación*. Perú: Ed. Ciencia. 205 p.
- Arana, M. (2018). *Selección y aplicación del método de explotación del carbón en el manto Chimú - La Libertad Black Hill Company S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5054>
- Castro, Y. (2019). *Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación Open Stoping, Compañía Minera A.C. Agregados S.A.C. - año 2017.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3433>
- Ccarita, N. (2019). *Optimizar la producción desarrollando la Rampa Cosmos Nivel -250 Sur Compañía Minera Huarón S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4590>
- Chacón, J. (2012). *Material del curso de técnicas de investigación jurídica.* [En línea] 2012. <http://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-36-Tecnicas-de-Investigacion-Juridica.pdf>.
- Chilon, J. & Morillo, R. (2019). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el diseño del sostenimiento de la rampa Karent de la unidad minera María Antonieta - La Libertad.* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/22307>

- Colonio, E. (2015). *Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U.E.A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1344>
- Comun, H. (2018). *La influencia del método corte y relleno ascendente con taladros largos en la producción de la Mina Animón - Volcan.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5143>
- Corrigan, M. (2011). *Analysis of effect of carbon tax on operational costs of the Mount Thorley Warkworth truck fleet.* BE Thesis. School of Mining Engineering, The University of New South Wales.
- Cuadros, F. (2020). *Optimización de producción aplicando tajeo por subniveles con taladros largos en veta Gavia - Unidad Minera Huarón.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6833>
- Cuchigay, E., Mojica, R. & Castillo, M. (s.f.). *Parámetros que inciden en la elección y análisis de un método de explotación.* Recuperado de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_sogamoso/pregrado/minas/documentos/PARxMETROS_QUE_INCIDEN_EN_LA_ELECCIxN_Y_ANxLISI_S_DE_UN_MxTODO_DE_EXPLOTAxN.pdf
- Cueva, D. & Rojas, K. (2018). *Propuesta técnica de aplicación del método de explotación Longwall Mining en la mina Piñipata - Bambamarca.* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/14188>

- Damian, J. (2022). *Implementación de plan de minado para optimizar la producción de carbón en la unidad minera Pampahuay*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8662>
- De la Cruz, E. (2014). *Optimización económica aplicando el método de explotación Long Wall Mining frente al método Corte y Relleno Ascendente en CÍA. Minera Poderosa S.A., Unidad Santa María*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3178>
- Diaz, W. (2020). *Trade off entre el método de tajeo por subniveles y el corte y relleno ascendente para mina la Veta Thalia de una mina subterránea*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18243>
- Diego, A. (2020). *Aplicación de taladros largos para la reducción de costos operativos en el tajo 012 del nivel 18 - zona La Oroya, Compañía Minera Casapalca S.A. - 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8552>
- Esteban, J. & Huaroc, J. (2020). *Optimización de la productividad del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte en zona sur y zona norte en la Unidad Minera Huarón, Pan American Silver Perú S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8369>
- Figuroa, D. (2022). *Incremento de producción de carbón mediante el diseño y aplicación del método inclinados y subniveles en Unidad Minera Pampahuay de Obras Civiles y Mineras S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8177>

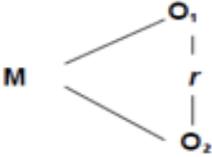
- García, Diego. (2015). *Propuesta de un nuevo diseño para incrementar la producción de una cantera de agregados ubicada en el estado de México*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/338663>
- Gonzalez, J. (2021). *Comparación del método de explotación Corte y Relleno Ascendente Semi - Mecanizado y el método Long Wall Mining en la veta Valeria de una mina subterránea, La Libertad - 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://hdl.handle.net/11537/30023>
- Infante, H. (2019). *Evaluación del método de explotación en la extracción de carbón de piedra en la mina Tuco - Bambamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3472>
- Maurtua, J. (2012). *Proyecto de aplicación del método Short Wall para mejorar la producción en la Concesión Oyon 2 Unidad Pampahuay, OCIMIN S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/2178>
- Montes, E. (2019). *Métodos de explotación del carbón para optimizar la producción en la Concesión Minera Acumulacion Oyon 1 - Lima 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5103>
- Quispe, J. (2014). *Análisis de producción y costos del método Long Wall Mining sobre el método Corte y Relleno Ascendente para su aplicación en U.E.A. Minera Aurífera Retamas S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3917>

- Ricapa, R. (2022). *Explotación y extracción de carbón antracita en distrito de Huaranchal, Provincia de Otuzco Región la Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2738>
- Ruiz, C. (2020). *Reducción de costos de operación mina mediante método de subniveles ascendente con relleno consolidado en U.P. Andaychagua*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6231>
- Sandoval, C. (2014). Investigación cualitativa y cuantitativa. Editorial Mercedes Cabello.
- Stoces, B. (1963). *Elección y Crítica de los Métodos de Explotación Minera: Principios para la Explotación de Yacimientos*. Universidad Nacional de Cuyo. <https://bibliotecas.uncuyo.edu.ar/explorador3/Record/OIN001328>
- Vásquez, J. (2015). *Elección y aplicación del método tajeo por subniveles con taladros largos para mejorar la producción en la veta Gina Socorro Tajo 6675 - 2 de la U.E.A. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3858>
- Zorrilla, A. (2015). Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. Editorial Océano.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN INCLINADOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS EN UNA MINA DE CARBÓN, HUALLANCA 2023

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN-MUESTRA
<p>¿Cómo se logrará la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023?</p>	<p>Se logró la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023.</p>	<p>GENERAL: Determinar de qué manera se logrará la optimización de producción mediante la aplicación del método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios en una mina de carbón, Huallanca 2023.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las condiciones geológicas y geomecánicas para la aplicación del método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios. Comparar las características del método de explotación actual con el método de explotación Inclínados Primarios y Secundarios. 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Método de Explotación.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Optimización de producción.</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo Finalidad: Aplicada Temporalidad: Transversal Alcance: Correlacional Diseño: No experimental</p>  <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Análisis documental Observación <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Guía de análisis documental Libreta y formatos de campo <p>Método de análisis de datos:</p>	<p>POBLACIÓN Labores de Explotación en los Inclínados Primarios y Secundarios.</p> <p>MUESTRA Tajo Juanita nivel Esperanza de la mina de carbón en Huallanca.</p>

-
- Verificar la efectividad de la aplicación del método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios en la optimización de producción.

Tablas de frecuencia,
gráficos de Excel

Fuente: Elaboración propia

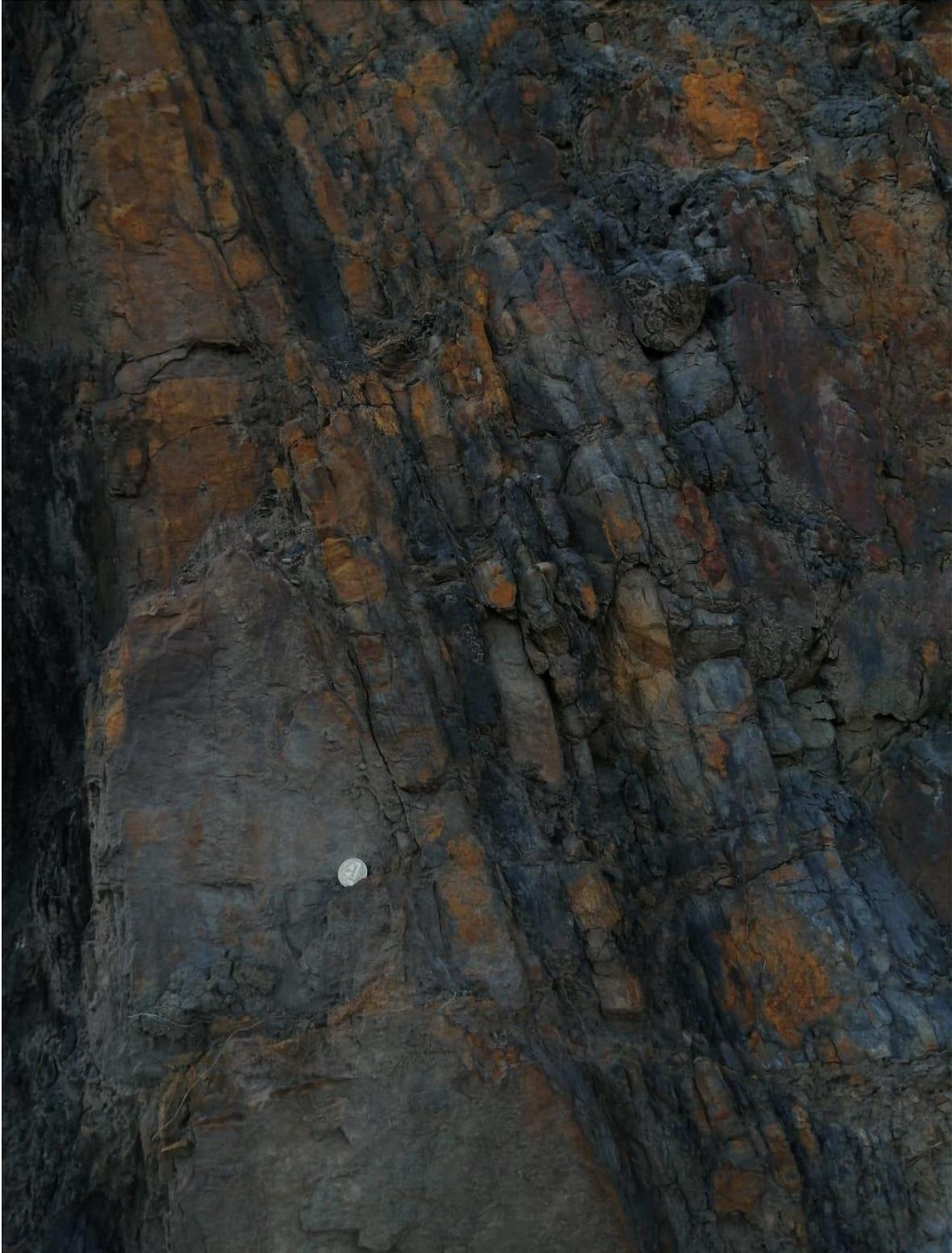
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente Método de explotación Inclinaos Primarios y Secundarios	Factores geológicos	Características geológicas de caja piso	Nominal
		Características geológicas de caja techo	
	Factores geomecánicos	Características geomecánicas de caja piso	
		Características geomecánicas de caja techo	
Dependiente Optimización de producción	Cantidad Costos	Volumen Tonelaje Productividad Rendimiento Costos unitarios	Razón

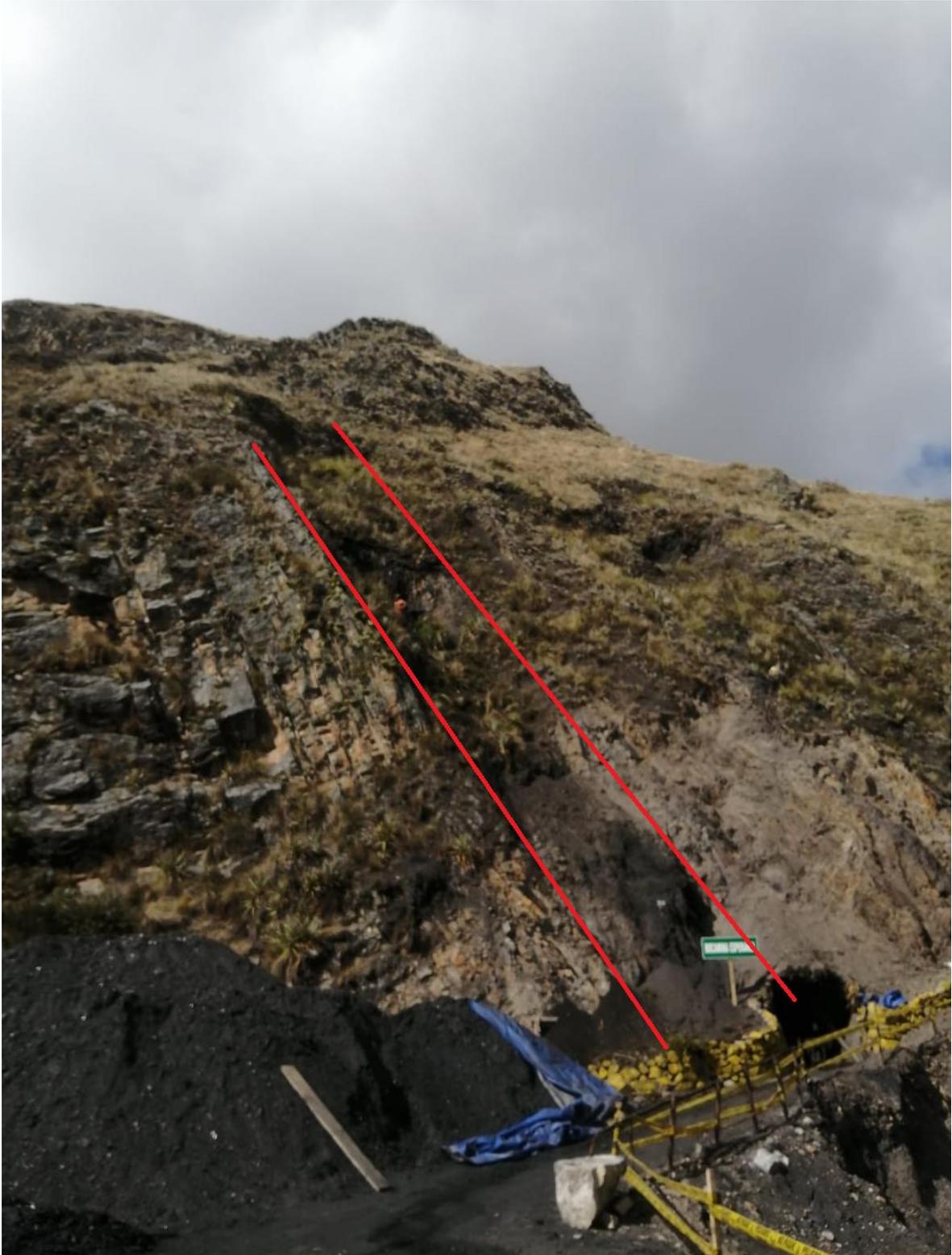
CLASIFICACION GEOMECANICA DE MACIZOS ROCOSOS - INDICE Q DE BARTON						
FECHA:			GEOMETRIA DE LA LABOR			
LABOR:			ALTO		ANCHO	
TURNO:						
RESPONSABLE:						
$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$						
1.- Índice de fracturación (RQD)		Rango	Valor	5.- Índice de alteración de las discontinuidades (Ja)		Φ°
a Calidad muy pobre		0 - 25		Contacto entre las dos caras de las diaclasas		
b Calidad pobre		25 - 50		a	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimiento e impermeable	0.75
c Calidad media		50 - 75		b	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas	1
d Calidad buena		75 - 90		c	Planos de discontinuidad ligeramente alterados	2
e Calidad muy buena		90 - 100		d	Recubrimiento de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda)	3
2.- Índice de diaclasado (Jn)		Rango	Valor	e	Recubrimiento de arcillas blandas o de baja fricción como la caolinita o mica. Recubrimientos discontinuos con espesores máximos de 1 o 2 mm	4
a Roca masiva, sin diaclarar o con fisuración escasa		0.5 - 1		Contacto entre las dos caras de la diaclasa < 10 cm desplazamiento lateral		
b Una familia de diaclasas		2		g	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas	4
c Una familia y algunas diaclasas aleatorias		3		h	Fuertemente sobreconsolidados, con rellenos de minerales arcillosos no blandos. Los recubrimientos son continuos de menos de 5 mm de espesor	6
d Dos familias de diaclasas		4		i	Sobreconsolidación media a baja, con reblandecimiento, rellenos de minerales arcillosos. Recubrimientos continuos menores a 5 mm de espesor	7
e Dos familias y algunas diaclasas aleatorias		6		j	Rellenos de arcillas expansivas como la montmorillonita con espesor continuo de 5 mm	8 - 12
f Tres familias de diaclasas		9		No existe contacto entre las dos caras de la diaclasa cuando está cizallada		
g Tres familias y algunas diaclasas aleatorias		12		k	Zonas o bandas de roca desintegrada o manchada y arcilla	6, 8 u 8 - 12
h Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, etc		15		l	Zonas blandas de arcilla limosa o arenosa con pequeña fricción de arcilla no blanda	5
j Roca triturada y terrosa		20		m	Granos arcillosos gruesos	10, 13 ó 13 - 20
3.- Índice de rugosidad de las discontinuidades (Jr)		Rango	Valor	6.- Factor tensional del macizo rocoso (SRF)		Rango
a Diaclasas discontinuas		4		a	Múltiples zonas débiles, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca muy suelta (cualquier profundidad)	10
b Diaclasas onduladas, rugosas e irregulares		3		b	Zona débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad < 50 m)	5
c Diaclasas onduladas, lisas		2		c	Zona débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad > 50 m)	2.5
d Diaclasas onduladas, perfectamente lisas		1.5		d	Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libre de arcilla), roca de contorno suelta (cualquier profundidad)	7.5
e Diaclasas planas, rugosas o irregulares		1.5		e	Zona de fracturas aisladas en roca competente (libre de arcilla y profundidad < 50 m)	5
f Diaclasas planas, lisas		1		f	Zona de fracturas aisladas en roca competente (libre de arcilla y profundidad > 50 m)	2.5
g Diaclasas planas, perfectamente lisas		0.5		g	Terreno suelto, diaclasas abiertas, fuertemente fracturado en terrones, etc. (cualquier profundidad)	5
h Zona arcillosa que impide contacto de las caras de la discontinuidad		1		h	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas abiertas	2.5
j Zona arenosa, grava o triturada que impide contacto de las caras		1		i	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	1
4.- Factor de reducción por presencia de agua (Jw)		Rango	Valor	j	Tensiones elevadas, estructura muy compacta. Normalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	0.5 - 2
a Excavaciones secas o de influencia poco importante		1		k	Lajamiento moderado de la roca después de una hora en rocas masivas	5 - 50
b Fluencia o presión media, ocasional lavado de los rellenos de las diaclasas		0.66		l	Lajamiento y estallido de la roca después de algunos minutos en rocas masivas	50 - 200
c Fluencia grande o presión alta, considerable lavado de los rellenos de las diaclasas		0.33		m	Estallidos violentos de la roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	200 - 400
d Fluencia o presión de agua excepcionalmente altas, decayendo con el tiempo		0.1 - 0.2				
e Fluencia o presión de agua excepcionalmente alta y continua, sin disminución		0.05 - 0.01				

Anexo 4: Formato de datos Q de Barton

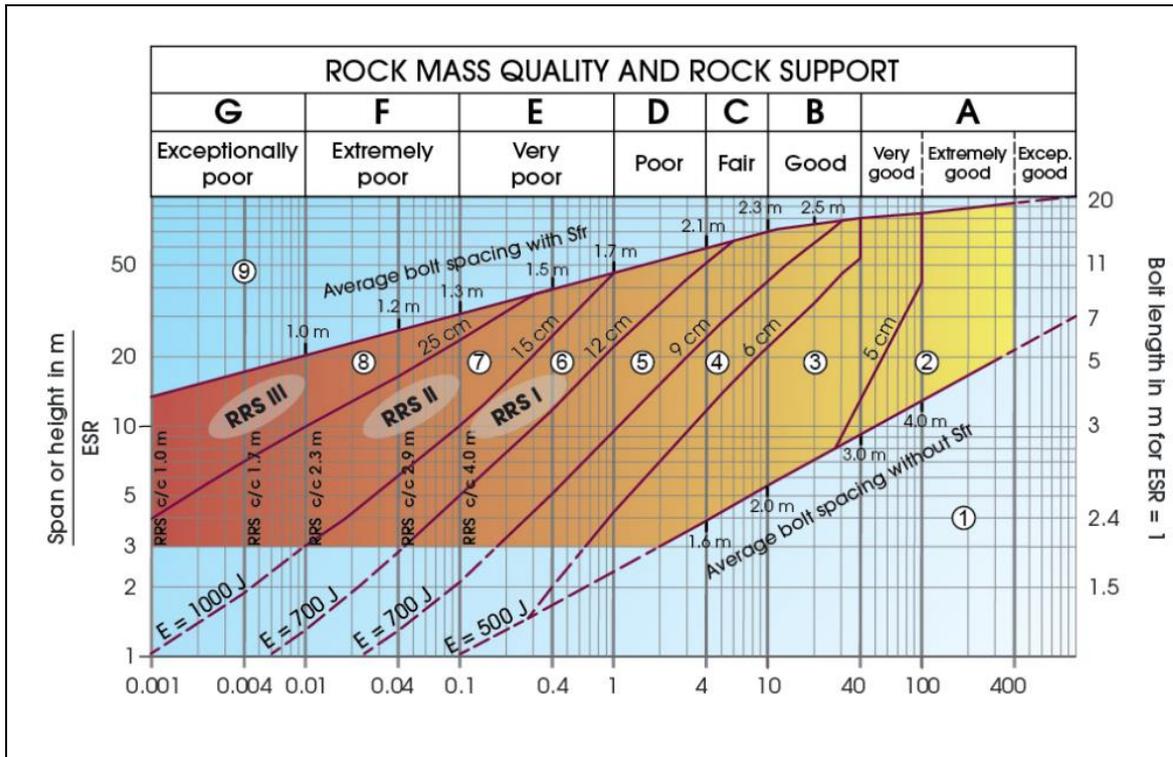
Anexo 5: *Familia de discontinuidades*



Anexo 6: *Estrato*



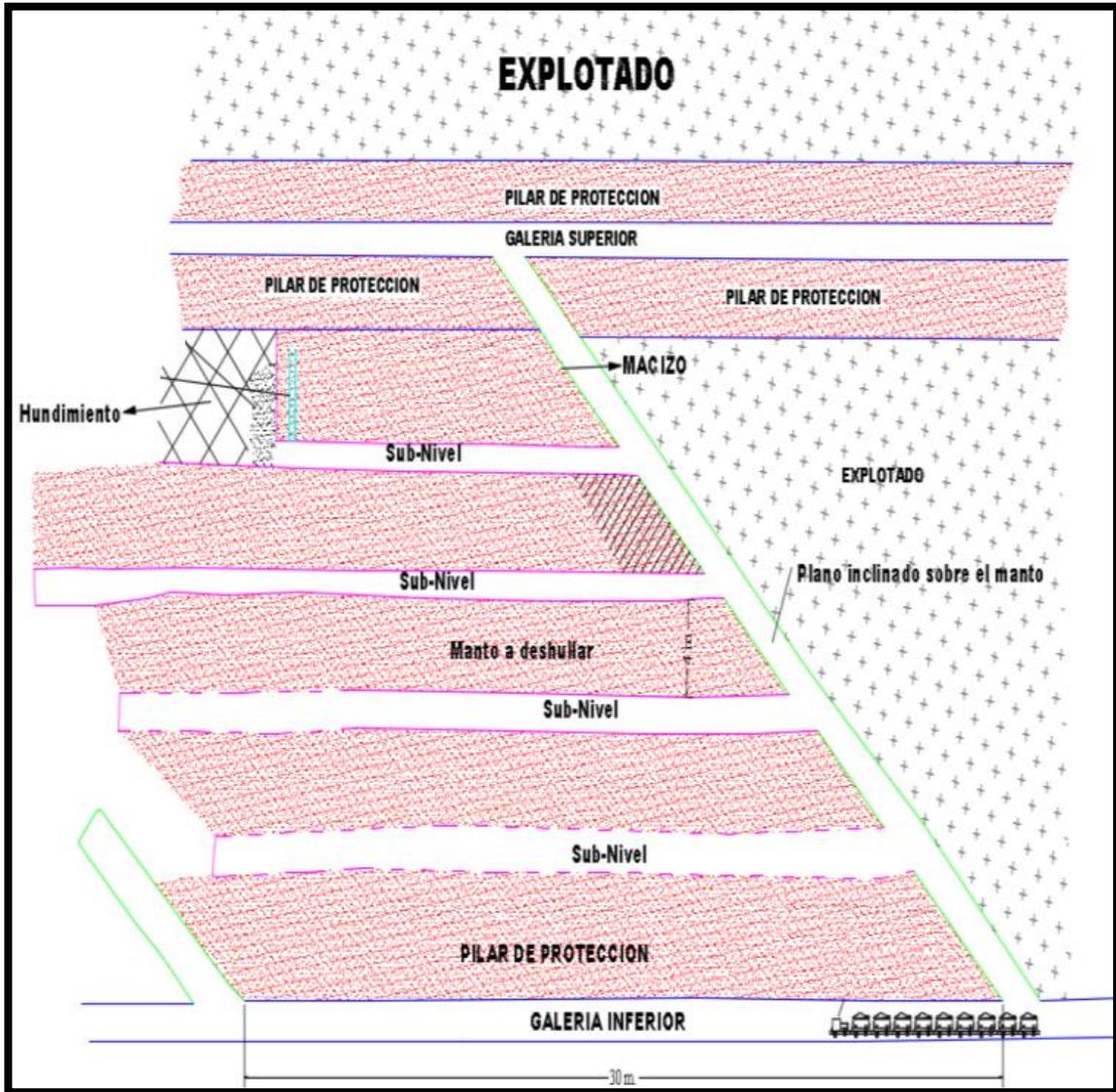
Anexo 7: Ábaco del Q de Barton y sostenimiento recomendado



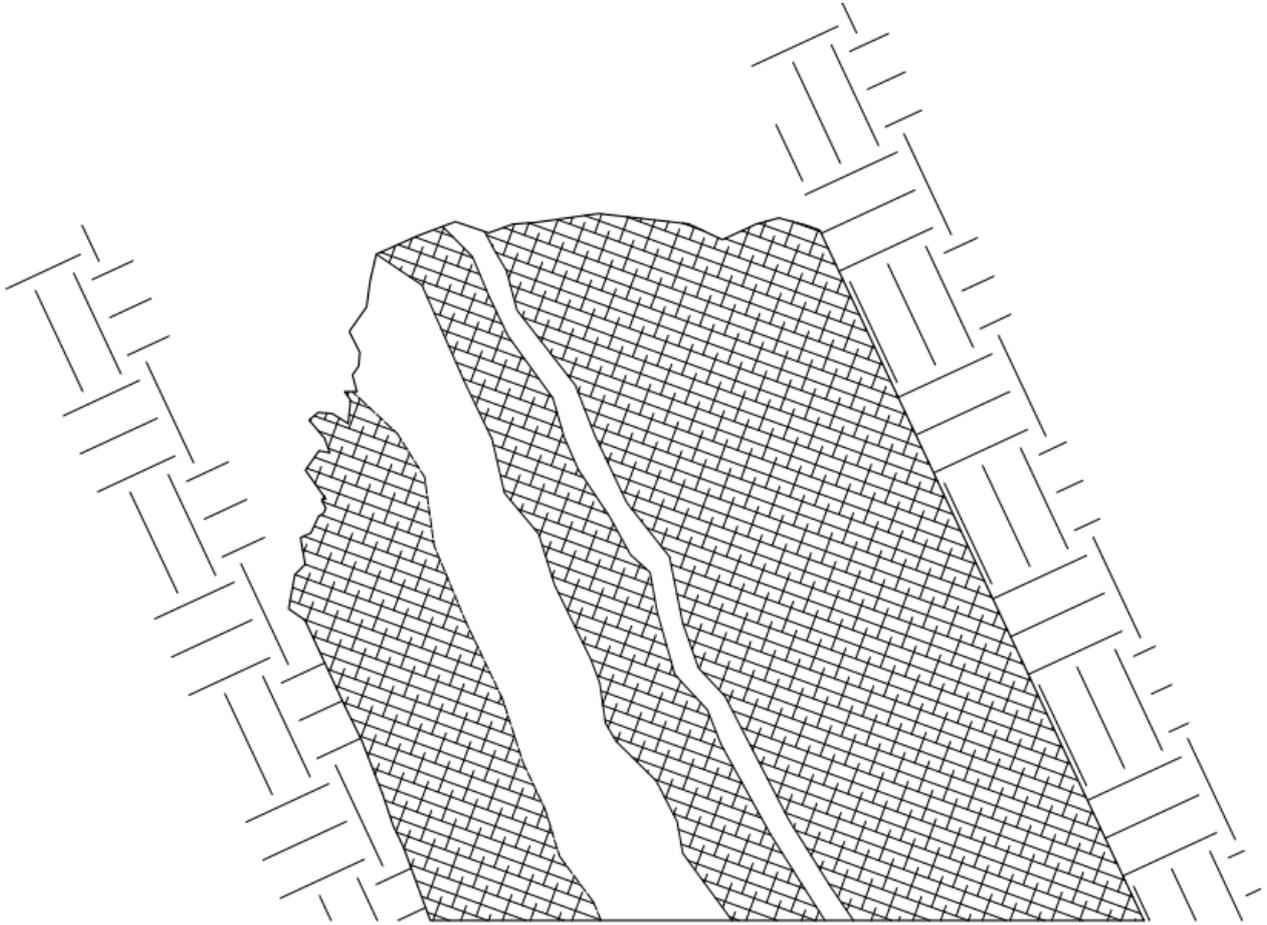
Sostenimiento recomendado

1) Sin sostenimiento.	5) Shotcrete reforzado con fibras, 50 a 90 mm de espesor y pernos.
2) Pernos esporádicos.	6) Shotcrete reforzado con fibras, de 90 a 120 mm de espesor y pernos.
3) Pernos sistemáticos.	7) Shotcrete reforzado con fibras, de 120 a 150 mm de espesor y pernos.
4) Pernos sistemáticos con shotcrete sin refuerzo, de 40 a 100mm de espesor.	8) Shotcrete reforzado con fibras, mayor a 150 mm de espesor y con arcos de acero (cerchas) reforzado con shotcrete y pernos.
9) Revestimiento de concreto armado.	

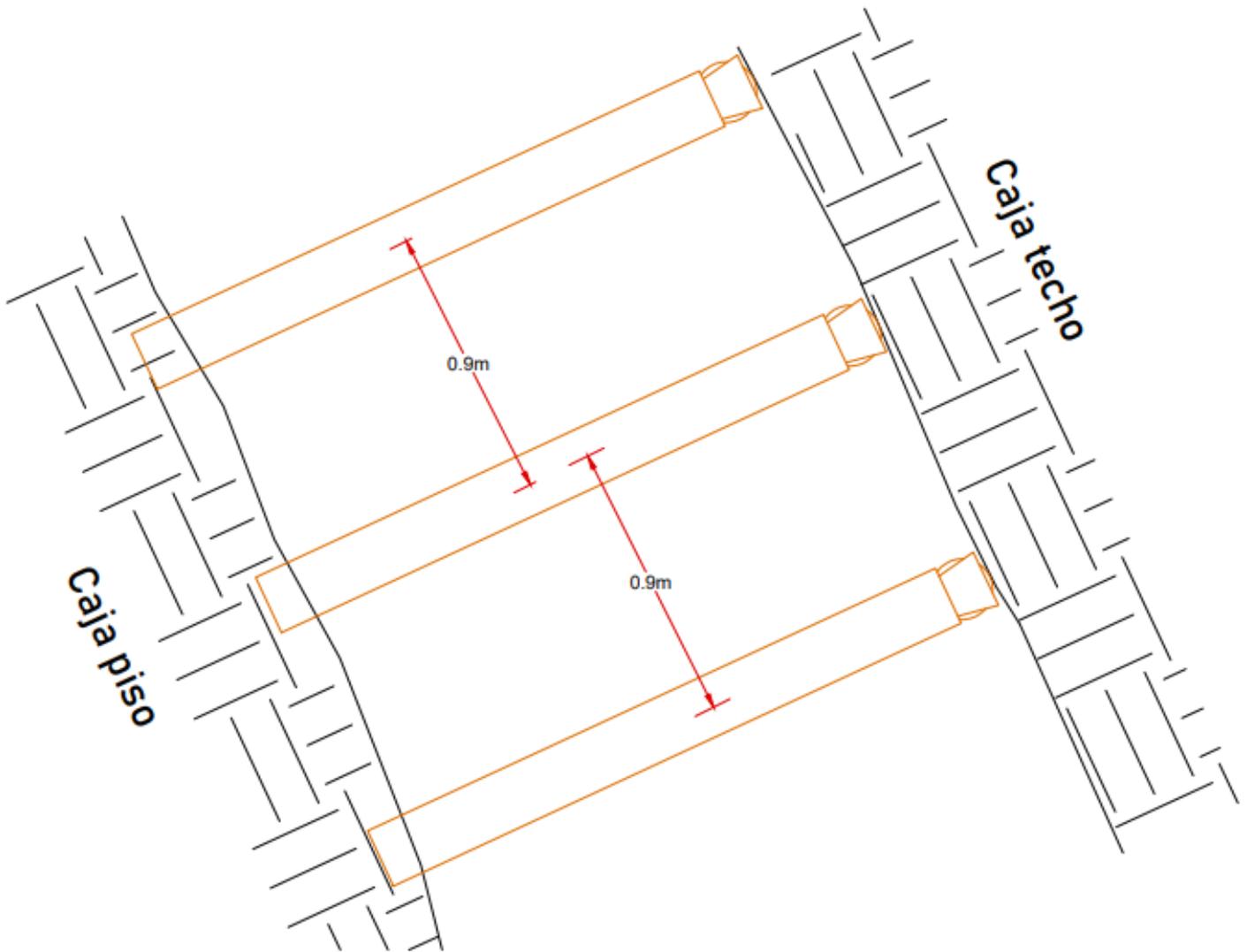
Anexo 8: Esquema de explotación de Inclínados y Subniveles



Anexo 9: Secuencia de estrato



Anexo 10: Vista perfil de chimenea método artesanal



Anexo 11: Tolva inclinado primario

