

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

Combinación de los métodos de explotación "cut and fill" y "shrinkage stoping" y su influencia en la productividad del tajeo 445 SW en la Mina Candelaria - U.E.A. Chanca - Congemin JH S.A.C.

Jhonm Bryan Capcha Uchuypoma

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Benjamín Ramos Aranda

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Juan Macario Capcha Huallpa por guiarme y darme la oportunidad de desarrollar mis habilidades en el negocio minero.

Al Ingeniero Benjamín Ramos Aranda, por formarme como profesional minero y proporcionarme toda la información valiosa que pongo en práctica.

Al Sr. Coordinador de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental, quien, por su acertada dirección académica, ha logrado que los señores tesisistas logren sus objetivos profesionales trazados con mucha dedicación, para el engrandecimiento de la carrera profesional.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, hermanas y familiares quienes con su amor, ejemplo y palabras son la principal fuente de fuerza, valentía, energía y motivación en mi vida.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	4
1.3.1. Justificación teórica	4
1.3.2. Justificación práctica	4
1.3.3. Justificación metodológica	4
1.3.4. Importancia	4
1.4. Hipótesis y variables	5
1.4.1. Hipótesis general.....	5
1.4.2. Hipótesis específicas.....	5
1.4.3. Descripción y operacionalización de las variables	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes encontrados en tesis	8

2.2.	Bases teóricas	12
2.2.1.	Fundamentos teóricos iniciales de la investigación.....	12
2.2.2.	Método corte y relleno ascendente mecanizado (“cut and fill”).....	17
2.2.3.	Minado	21
2.2.4.	Método “shrinkage stoping “(almacenamiento provisional).....	26
2.3.	Generalidades de la compañía minera candelaria	33
2.3.1.	Ubicación y acceso.....	33
2.3.2.	Accesibilidad	34
2.3.3.	Geología local.....	34
2.3.4.	Geología estructural	35
2.4.	Definición de términos básicos.....	35
CAPÍTULO III.....		37
3.1.	Método y tipo de la investigación	37
3.1.1.	Métodos de la investigación	37
3.1.2.	Tipo de investigación.....	38
3.2.	Diseño de la investigación	38
3.3.	Población y muestra	38
3.3.1.	Población	38
3.3.2.	Muestra	39
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
CAPÍTULO IV		40
4.1.	Combinación de los métodos “cut and fill” y “shrinkage stoping” y su influencia en la productividad del tajeo 445 SW.....	40
4.1.1.	Información	40
4.1.2.	Ubicación y delimitación del block	40
4.1.3.	Método de explotación “cut and fill”	42
4.1.4.	Método de explotación “shrinkage”.....	46
4.1.5.	“Cut and fill” y “shrinkage” como métodos alternativos	50

4.1.6. Análisis costo beneficio del mineral	60
4.2. Análisis del costo beneficio del tajeo (CBT).....	61
4.2.1. Costo beneficio del tajeo por método de explotación.....	62
4.2.2. Resultado del análisis costo beneficio del tajeo	62
4.3. Interpretación de resultados	64
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Realización de la cara libre (sloot).	13
Figura 02. Perforación de taladros en realce.....	14
Figura 03. Limpieza de mineral con scoop tram.....	15
Figura 04. 1° realce (batido de la ventana de acceso).	16
Figura 05. 2° realce (batido de la ventana de acceso).	16
Figura 06. Relleno detrítico luego de culminar la limpieza del primer corte.	17
Figura 07. Relleno detrítico luego de culminar la limpieza del segundo corte.....	17
Figura 08. Método de minado corte y relleno semimecanizado.....	19
Figura 09. Método de minado corte y relleno semimecanizado.....	20
Figura 10. Método de minado corte y relleno semimecanizado.....	20
Figura 11. Método de minado corte y relleno semimecanizado.....	21
Figura 12. Ciclo de minado método corte y relleno semimecanizado.....	22
Figura 13. Shrinkage convencional.....	31
Figura 14. Shrinkage mecanizado	31
Figura 15. Extracción y manejo de mineral.....	32
Figura 16. Extracción y manejo de mineral con equipos LHD carga, transporte y descarga	32
Figura 17. Plano de ubicación de la mina Chanca	33
Figura 18. Columna estratigráfica de Candelaria	34
Figura 19. Diseño descriptivo - demostrativo	38
Figura 20. Ubicación del block de mineral.....	41
Figura 21. Block de mineral “cut and fill”.....	44
Figura 22. Cuadro que representa el precio unitario de mineral roto del tajeo.....	45
Figura 23. Cuadro que representa el mineral por tajeos puesto en cancha	46
Figura 24. Preparación de tolvas para el “shrinkage”.	48
Figura 25. Cuadro que representa el precio unitario de mineral roto del tajeo.....	49
Figura 26. Cuadro que representa el mineral por tajeos puesto en cancha.....	50
Figura 27. Diseño del tajeo “cut and fill” y “shrinkage”.	51
Figura 28. Diagrama de Gantt, programa del tajeo y ciclo de minado.....	52
Figura 29. Ciclo perforación y voladura.	53
Figura 30. Ciclo limpieza de mineral.....	54
Figura 31. Ciclo relleno detrítico	55
Figura 32. Ciclo nivelación de piso.	55

Figura 33. Ciclo enmaderado del tajo.	57
Figura 34. Cuadro que representa el precio unitario de mineral roto del tajeo.....	58
Figura 35. Cuadro que representa el programa de producción mensual del tajeo 445 SW.	59
Figura 36. Análisis costo beneficio del tajeo.....	63
Figura 37. Comparación de la cantidad de mineral en toneladas.....	64
Figura 38. Rentabilidad del tajeo.	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Matriz de operacionalización de la variable dependiente (y): productividad del tajeo.	6
Tabla 02. Matriz de operacionalización de la variable independiente (x): Método de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping”.....	7
Tabla 03. Distribución de taladros - explosivos para perforación y voladura jumbo.	23
Tabla 04. Distribución de taladros - explosivos para perforación y voladura jack legt.	23
Tabla 05. Distribución de taladros - explosivos para perforación y voladura en tajos con jack legt.....	24
Tabla 06. Distribución de taladros explosivos para para perforación y voladura en chimeneas con jack leg.	24
Tabla 07. Acceso a la mina Candelaria.	34
Tabla 08. Técnica e instrumento usado en la investigación.....	39
Tabla 09. Costo del mineral.	60
Tabla 10. Costo benéfico por tonelada de mineral.....	60
Tabla 11. Leyes y precios de valorización.....	61
Tabla 12. Análisis costo beneficio del tajeo.....	61

RESUMEN

La investigación es de tipo aplicativo, además tiene un nivel: observacional - comparativo, el problema general es el siguiente: ¿De qué manera influye la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.?, siendo el objetivo general: Determinar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.; con la hipótesis general: la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye directa y significativamente en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. La investigación tiene como finalidad proponer sugerencias y recomendaciones sobre la problemática planteada en la unidad de análisis.

La investigación tiene un carácter científico. Su diseño de investigación abarcó al enfoque: descriptivo - demostrativo, con la aplicación de un instrumento a los Ingenieros Especialistas de la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

Las principales conclusiones son: La combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye directa y significativamente, en un 62 %, en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. Asimismo, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye significativamente, en un 89 %, en la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

Palabras clave: shrinkage, corte y relleno, productividad, extracción de mineral.

ABSTRACT

The research is of an applicative type, it also has a level: observational - comparative, the general problem is the following: How does the combination of the exploitation methods "cut and fill" and "shrinkage stoping" influence the productivity of the tajeo 445 SW at the Candelaria mine - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.?, the general objective being: To determine that the combination of the exploitation methods "cut and fill" and "shrinkage stoping" influences the productivity of the tajeo 445 SW at the Candelaria mine - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C; with the general hypothesis: the combination of the exploitation methods "cut and fill" and "shrinkage stoping" directly and significantly influences the productivity of the tajeo 445 SW in the Candelaria mine - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. The purpose of the research is to propose suggestions and recommendations on the problem raised in the unit of analysis.

The research has a scientific character. His research design included the approach: descriptive - demonstrative, with the application of an instrument to the Specialist Engineers of the Candelaria mine - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

The main conclusions are: The combination of the exploitation methods "cut and fill" and "shrinkage stoping" directly and significantly influences, by 62 %, in the productivity of the tajeo 445 SW at the Candelaria mine - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. Likewise, the combination of the exploitation methods "cut and fill" and "shrinkage stoping" significantly influences, by 89 %, the amount of ore from the tajeo 445 SW in the Candelaria mine - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

Keywords: shrinkage, cut and fill, productivity, ore extraction.

INTRODUCCIÓN

En el capítulo I se desarrolla el planteamiento y formulación del problema, así como se presentan los problemas en específicos, que darán mayor alcance a la investigación; se plantean objetivos que se quiere alcanzar, asimismo la importancia de la investigación en el sector minero generando las hipótesis y demarcando las variables de la mina Candelaria.

La extracción de mineral en las minas está en función al tipo de método de explotación, existe una particularidad en la formación de la veta de mina Candelaria que hace de su explotación un trabajo especial para lograr los objetivos mensuales de producción, de esta manera se plantean los problemas y se desarrollan la alternativa de solución para lograr la mejora de la productividad.

En el capítulo II se realiza la investigación de artículos científicos y las bases teóricas que son pilares del estudio, así como la definición de términos básicos para lograr que la tesis sea alcanzable.

En el capítulo III se expone la metodología de la investigación planteada; se da a conocer el método y tipo de investigación, además de la población, la muestra y las técnicas e instrumentos de la recolección de datos.

La investigación es observacional comparativa del tipo aplicada, tiene un diseño descriptivo demostrativo, la población son todos los tajeos de mina Candelaria, la muestra que se toma es el tajeo 445 SW del nivel 440, las técnicas usadas fueron la observación de los factores y su evaluación de las mismas para determinar la productividad de Candelaria.

En el capítulo IV se exponen los resultados tras el desarrollo y análisis de los datos obtenidos durante la investigación. Se presentan las comparaciones de mineral extraído, ciclo de minados, costos según el precio unitario y la utilidad que generan los tajeos de estudio.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Las necesidades para cambiar el método de explotación con la alternativa que se plantea en la Unidad Económica Administrativa (en adelante U.E.A.) Chanca - CONGEMIN del tajo 445 sur oeste (en adelante 445 SW) fueron:

- La productividad de la mina chanca, esta genera un tema de estudio por la cual en la etapa de explotación de los tajeos existe una veta con formación del tipo rosario, al momento de tajar por el método de corte y relleno (“cut and fill”) genera una dificultad que es el relleno debido a que los tajos no tienen preparación previa de acceso de materiales y relleno, considerando a estas labores tajeos sin cabeza. El relleno para este tipo de explotación se obtiene por los llamados “huecos de perro” siendo estos una actividad de alto costo y poco rendimiento de cubos (m³) de material estéril.
- Significa que en dos cortes de tajeo o en dos disparos es económico, después de esos cortes la veta se estrangula hasta unos 5 a 10 cm de potencia que no es muy rentable sumándole el relleno costoso que genera un bajo rendimiento casi improductivo del tajeo.

- La veta como materia prima no tiene una estructura definida ya que su comportamiento varía tanto en altura como en longitud. En altura la veta por su formación del tipo rosario mantiene una potencia de veta de 1 a 1.5 metros reduciéndose hasta los 8 cm. En longitud la estructura presenta dos o tres tramos donde la potencia de veta llega a reducirse hasta 5 cm.
- Por el método de almacenamiento provisional (“shrinkage stoping”) el tajeo no es selectivo ya que aquí no existe el relleno y todo lo que se dispara de mineral queda como piso para poder realizar la siguiente perforación y voladura del tajo, uno de los factores importantes es la dilución con este método alternativo planteado se logrará optimizar el relleno, minimizando dilución de mineral, de tal manera que en las zonas donde el mineral se reduzca a una potencia de 10 cm. Servirá como relleno de “cut and fill”, haciendo selectivo al método planteado elevando así la ley equivalente de plata.

Se decide por ambos métodos de explotación ya que las cajas y el mineral son de roca tipo dura y no necesita de sostenimiento adicional a lo usado como las guarda cabezas solo en partes donde lo requiera y también por la potencia de veta de 1.5 metros que genera buena expectativa.

Para estos factores de improductividad se plantea juntar estos dos métodos de explotación en un tajo de 30 metros de longitud realizando la perforación y voladura en la veta estrangulada de 5 - 10 cm. de potencia, en la zona del “shrinkage” y mediante un winche eléctrico de 15 caballos de fuerza (en adelante HP) trasladarla hasta la zona del “cut and fill” y de esa manera rellenar esa zona llamada también (ala de 15 metros). disparando esa veta que no es rentable de 5 centímetros en realce genera más volumen de estéril respecto a un “hueco de perro”, generando selectividad en el “shrinkage” y como efecto evitando la dilución del mineral. ambas alas se beneficiarían al combinar estos métodos de explotación haciendo del tajeo más productivo ya que reduciremos explosivos, generaremos más relleno minimizando la dilución y generaremos un ciclo de minado más efectivo. Por lo tanto, generaremos mayores dólares por tonelada de mineral roto.

1.1.2. Formulación del problema

A) Problema general:

¿Frente a la dilución del mineral la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” mejorará la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.?

B) Problemas específicos:

- ¿Ante la dilución de mineral, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” aumentará la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.?
- ¿Frente a un relleno que se dispara en realce los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” aumentará la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y analizar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye en la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

- Evaluar y analizar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye en la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

En la medida que, con el desarrollo y aplicación de la presente investigación, se dará validez a la teoría propuesta por la variable independiente: métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping”.

1.3.2. Justificación práctica

La realización de la presente investigación y su culminación en el trabajo de tesis con la propuesta de sugerencias y conclusiones del caso, resolverá de una u otra manera la problemática encontrada en la unidad de análisis, así mismo de otros centros mineros en las diferentes regiones del Perú, con problemática similar.

1.3.3. Justificación metodológica

El presente trabajo constituirá un aporte para la investigación, en el diseño, construcción y validación de instrumentos de recolección de datos; asimismo, se plantea alcanzar soluciones adecuadas para que los ingenieros de minas planteen estrategias metodológicas para mejorar la productividad en los centros mineros.

1.3.4. Importancia

La realización de la presente investigación y culminación posterior en la elaboración de la tesis, tendrá como alcance, de servir como un

antecedente científico para otros investigadores en el Área de los métodos de explotación minera preferentemente y de esta manera efectuar los ajustes respectivos en sus unidades de análisis.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

Siempre, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye directa y significativamente en un 98 % de la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

1.4.2. Hipótesis específicas

- “A”: Siempre, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye significativamente en un 95 % en la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.
- “B”: Siempre, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye significativamente en un 130 % de la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

1.4.3. Descripción y operacionalización de las variables

- Variable independiente (x): métodos de explotación: “cut and fill” y “shrinkage stoping”.
- Variable dependiente (y): rroductividad del tajeo.

Tabla 01. Matriz de operacionalización de la variable dependiente (y): productividad del tajeo.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valor Que Adopta La Variable
Se define conceptualmente como la relación entre lo producido y los medios empleados tales como la mano de obra, materiales, energía, maquinaria, entre otros. Existiendo factores que inciden en la productividad minera como dilución, leyes, tonelaje, cubos de relleno, paradas de seguridad, entre otros.	Se define operacionalmente como la cantidad de mineral que puede servir a la vez como alimento para un tratamiento posterior, representado por el uso eficiente de recursos: trabajo, capital, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios, con la posibilidad de aumentar la producción a partir del incremento de cualquiera de los factores productivos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Productividad del tajeo. ▪ Tonelaje de mineral ▪ Cantidad de mineral ▪ Cantidad de desmonte ▪ Rentabilidad del tajeo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se representa como un índice comparativo entre lo que se plantea o quiere versus un acontecimiento que ya se realizó. ▪ Mineral producido en determinado tajeo. ▪ Las toneladas de mineral que se extraen de un tajeo. ▪ Los metros cubico de roca que genera un tajeo. ▪ El valor del mineral extraído expresado en moneda nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se representa en porcentaje (%). ▪ Se representa en toneladas (t). ▪ Se representa en números acompañados de tonelaje (t) si es mineral o en cubos (m³) si es desmonte. ▪ Se representa en soles (S/)
Técnicas e instrumentos	Procedimientos	Naturaleza	Escala De Medición	Forma De Medir
<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Observación. -Comparación. -Revisión Documental. <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Computadora. -Cámara. -AutoCAD, Excel, Word, otros. 	La técnica de comparación se realizó con datos que se registraron, y posteriormente con el nuevo método planteado realizando así un comparativo y determinando que la combinación de estos métodos es realmente efectiva y eficiente en cuanto a la estructura que se presenta en el Yacimiento.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variable: Cuantitativa. 	Ordinal.	Directa: numérica.

Fuente: elaboración propia

Tabla 02. Matriz de operacionalización de la variable independiente (x): Método de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping”.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valor que adopta la variable - Ítems
Se define conceptualmente como el conjunto de actividades que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales). El “cut and fill” se realiza el slot para los dos cortes en realce al centro entre alas es decir a 15 metros (3 metros de altura), luego la perforación se realizará con maquina jack legt, en realce longitud de taladro 6 pies, burden 0.35 metros con espaciamiento de 0.35 metros, luego viene el proceso de voladura, sostenimiento limpieza, trabajos de madera y el relleno.	Se define operacionalmente como un proceso físico que involucra generalmente tres fases: explotación, preparación y exploración / desarrollo. En la práctica se requiere variar y combinar los métodos de explotación en razón que los depósitos de minerales raramente se ajustan a las características ideales de aplicación de un determinado método. El “shrinkage stoping” inicialmente se realiza el slot de 3 metros luego la perforación se realizará con jack legt, en forma realce, burden 0.3, espaciado de 0.3 metros. diámetro de taladro 38 mm.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostenimiento. ▪ Potencia. ▪ Ley de mineral. ▪ Dilución. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De manera artificial con Split set de 5,7 pies y puntales o guarda cabezas. ▪ El ancho que posee una estructura de mineral. ▪ Cantidad de elementos metálicos por tonelada de mineral. ▪ Cantidad de material estéril dentro de del mineral. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se representa con split set. ▪ Se representa en metros (m). ▪ Se representa en onzas (Oz). ▪ Se representa en porcentaje (%).
Técnicas e instrumentos	Procedimientos	Naturaleza	Escala de medición	Forma de medir
<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Observación -Comparación -Revisión Documental <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Computadora -Cámara -AutoCAD, Excel, Word, otros. 	La técnica de comparación se realizó con datos que se registraron, y posteriormente con el nuevo método planteado realizando así un comparativo y determinando que la combinación de estos métodos es realmente efectiva y eficiente en cuanto a la estructura que se presenta en el yacimiento.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variable: Cualitativa Cuantitativa. 	Ordinal.	<p>Directa:</p> <p>Politómica.</p>

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en tesis

En la investigación titulada “Aplicación del método avoca, variante del Método de corte y relleno - método avoca mina Huarón” realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería, se trató de explicar la necesidad de una alta productividad y mecanización de la mina, tiene sus ventajas y desventajas a dicha implementación, las ventajas mencionadas fueron: alta productividad y rendimiento por metro, menor cantidad de mano de obra, gran altura de banqueo, uso de explosivo a granel, dio posibilidad de evacuar el mineral roto con control remoto, bajos costos de perforación y voladura, ningún consumo de madera ya que no fue necesario fortificar, buena ventilación, y gran seguridad durante el trabajo. Las desventajas fueron: apelmazamiento del material disparado, por su caída de altura, en algunos tajos se utilizó sostenimiento pesado para soportar las grandes aberturas, presencia de mineral no fragmentado en un 20 % después de la voladura, no se realizó una explotación selectiva por ser un método masivo, el cambio a otro método fue difícil, alto nivel de vibración en la voladura, y mayor preparación del banco. La alta productividad del uso de método avoca fundamentado en incrementar los niveles de producción que permitieron disminuir costos de producción e incrementar la productividad, mayor volumen menor empleo de mano de obra, esto constituye más de

40 toneladas por metro cuadrado de área minable según la evaluación realizada por el área de planeamiento e ingeniería corporativa, la mina como unidad producía 9 toneladas por metro cuadrado de área minable. Referente a la mina Huarón, esta es productora de plata, zinc, plomo y cobre, la mineralogía está constituida por cobres grises, esfalerita, galena y calcipirita - enargita como minerales de mayor abundancia, los minerales de ganga están representados principalmente por cuarzo, rodocrosita, rodonita, manganocalcita y labandita. La alteración hidrotermal de las rocas encajonantes es argilización - silicificación, potásica, y clorita - magnetita. Las conclusiones de la investigación fueron (1):

- a) Con la implementación de nuevos métodos de explotación en la mina Huarón se logró reducir la probabilidad de accidentes al aumentar el factor de seguridad y se hizo posible la mecanización.
- b) Se recomendó el método de minado "avoca" para la explotación del yacimiento "Tapada" con resistencia del macizo rocoso (en adelante RMR) ≤ 41 de la clase IIIB y $RMR > 25$ de la clase IVA, donde es imposible construir aberturas de las dimensiones del típico taladro largo.
- c) Con el método avoca se logró el incremento de productividad y rentabilidad, mayor recuperación de reservas de mineral y mayor seguridad durante la explotación.
- d) Se realizó la evaluación geo mecánica de la masa rocosa de la estructura mineralizada de tapada, con el fin de dimensionar los límites máximos de aberturas asociados al minado de este yacimiento, compatibilizando los criterios de seguridad y eficiencia operacionales.
- e) Las condiciones de estabilidad son aceptables, contribuyendo a estas la secuencia de avance del minado establecido y el sostenimiento recomendado.

En la tesis titulada "Análisis técnico económico de la veta Bomboncito para determinar el método óptimo de minado en la U.E.A. Heraldos Negros, Cía. Minera San Valentín S.A. - Huancavelica", la Unidad Administrativa Heraldos Negros de la Cía. Minera San Valentín tiene un mineral económico de cabeza con contenidos de zinc, plomo y cobre principalmente, las últimas prospecciones realizadas mediante sondeos

diamantinas han encontrado mineral económico en el nivel 4 930 y que abarca hasta el nivel 4 980 por lo que se tiene proyectado explotar el mineral existente cuyo valor es de US\$ 103.72 por toneladas métricas (tm). En dicha zona, la preparación para dar acceso se efectuó mediante cruceros y por otro lado la explotación a mayor profundidad representa mayor costo, porque aumentan los costos de transporte, ventilación y drenaje, frente se optó por la semi-mecanización, mediante el uso de scoops diésel, es decir mecanizar la etapa de limpieza y relleno por ser los ciclos de mayor duración, de esta manera se pretendió disminuir el ciclo total de explotación lo cual permitió hacer tres cortes en vez de dos, a su vez se obtuvieron tajeos de mayor dimensión y por lo tanto el rendimiento fue mayor y por consiguiente los costos de explotación disminuyeron, haciendo que la explotación sea rentable en las condiciones actuales de leyes y cotizaciones de los metales que la empresa explota de esta mina. La velocidad de minado es una ventaja en cuanto al sostenimiento porque las aberturas que se tiene a causa de la explotación, permanecerán menos tiempo y en consecuencia los costos de sostenimiento serán mínimos. Se empleó una metodología sistematizada en el cual se consideró criterios técnicos y económicos orientados hacia la selección de un método óptimo para el minado de la veta Bomboncito, se inició a partir del análisis y valoración de las condiciones naturales, geológica, geométrica y el estudio geo mecánico de la veta y su entorno físico para seleccionar técnicamente el método aplicable para la veta, una vez seleccionado técnicamente el método para el minado de la veta, se realizó la evaluación económica en términos de la dilución porcentual en la ley del mineral, recuperación de las reservas geológicas, el valor del mineral, el costo de producción y el análisis payback para la viabilidad del proyecto. Las conclusiones de la investigación fueron (2):

- a) El método de minado según los parámetros establecidos por David Nicholas que se ajusta a las características de la veta el Bomboncito es el “cut and fill stoping”.
- b) En función a la clasificación geo mecánica las características geométricas son técnicamente aplicables para el minado de la veta el Bomboncito con el método de minado “cut and fill stoping”.

- c) El dimensionamiento geo mecánico para los parámetros que exige el área de planeamiento en tajos según el método gráfico de estabilidad nos arroja en una zona estable.
- d) El método “cut and fill stoping”, es el método óptimo para el minado de la veta en explotación, con un beneficio económico de US\$ 19.74 por tonelada métrica.
- e) Según el criterio del “valor presente neto” y la “tasa interna de retorno” cuyos resultados son óptimos para el método “cut and fill stoping” es de aproximadamente US\$ 93 125.26.

En la tesis titulada “Implementación del método shrinkage dinámico mecanizado para optimizar explotación de tajeos - Sociedad Minera Austria Duvaz S.A.C.” realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. La investigación se realizó por la necesidad de reducir los costos de minado convencional, los ingenieros de la unidad de análisis empezaron a buscar una alternativa adecuada para lograr tal objetivo, en esta medida es que se estableció un proyecto para la implementación del método de explotación “shrinkage dinámico mecanizado”, para tal fin se eligió como el tajeo piloto al block de mineral 080, se hizo el trabajo de investigación, en este block se desarrolló toda la secuencia para explotación del mineral desde la ejecución de las labores de preparación hasta la explotación propiamente dicha. Después de la terminación de la explotación de tajeo y la recuperación correspondiente, se realizó cálculos del costo minado con esta nueva alternativa, se encontró un valor igual a 6.32 US\$/tm, mientras que el mismo costo de minado con el método convencional era de 6.4 US\$/tm. Los métodos de explotación convencionales han tenido una etapa muy larga en la unidad de análisis, pero la empresa por el desarrollo de la ciencia y la tecnología optó por mejorar nuestros métodos de explotación tradicionales y se propuso implementar en método de “shrinkage dinámico mecanizado” para poder aumentar la producción pero sin incrementar los costos de minado y reducir los tiempos de vida de los tajeos mejorando el porcentaje de recuperación del mineral que se encuentra en el tajeo trabajando con seguridad y protegiendo el medio ambiente. La gran cantidad de criterios que pueden considerarse para seleccionar un método extractivo hace de esta una decisión bastante compleja para el decisor, la

selección de métodos extractivos en la minería es uno de los problemas de selección más antiguos de la humanidad por tratarse de una actividad que tiene miles de años. Hartman, en el año 1987, plantea unos criterios y sub criterios necesarios para analizar el método extractivo que se usará para cada explotación minera, los cuales son reunidos dentro del método UBC, para este problema los criterios a tomar en cuenta para seleccionar un método extractivo basados en los planteados por Hartman, en el año 1989, son cinco. Las conclusiones de la investigación fueron (3):

- a) El método de explotación “shrinkage dinámico mecanizado” tiene menor costo de minado que el convencional.
- b) La explotación del mineral mediante el método de “shrinkage dinámico mecanizado” es más rápido que la explotación convencional.
- c) Se reduce el tiempo de vida del tajeo mejorando los rendimientos del personal.
- d) La recuperación con el método de “shrinkage dinámico mecanizado” es buena y varía de 75 a más, así como la dilución es baja y está entre 10 a 25 %.
- e) El costo de rotura por tajo anual es de US\$ 115 560 para el “shrinkage convencional” y de US\$ 113 760 para el “shrinkage mecanizado”.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos iniciales de la investigación

Según Cooper (4) la primera consideración sobre la secuencia de avance del minado es la velocidad del minado y capacidad de relleno. Por otro lado, es un principio bastante conocido de la mecánica de rocas, que cuando más tiempo se deja expuesta una excavación abierta, las condiciones de estabilidad desmejoran gradualmente, por la perturbación y aflojamiento de la roca.

Contrariamente, cuanto menos tiempo se expone una excavación, o cuanto más antes se instale el sostenimiento, mejores serán las opciones de controlar las condiciones de estabilidad. Estos aspectos no solo tienen

influencia local, sino también en las excavaciones vecinas. Por tanto, es recomendable dar mayor velocidad posible al ciclo de minado (4).

Para la explotación, se ha dividido en blocks de 30 metros de largo por 15 metros de altura; la secuencia de voladura se iniciará con el ala 1 seguido del ala 2 y estos deberán estar debidamente ciclados (uno en perforación y otro en limpieza), las fases del ciclo de minado de corte y relleno son (4):

- Perforación:

Para Mogrovejo (5) inicialmente se realiza el slot para los dos cortes en realce al centro entre ventana y ventana es decir a 25 metros (5 metros de altura), luego la perforación se realizará con Jumbo rocket boomer S1D, en realce longitud de taladro 8 pies, burden 1.5 metros, espaciamiento de 1.5 metros.

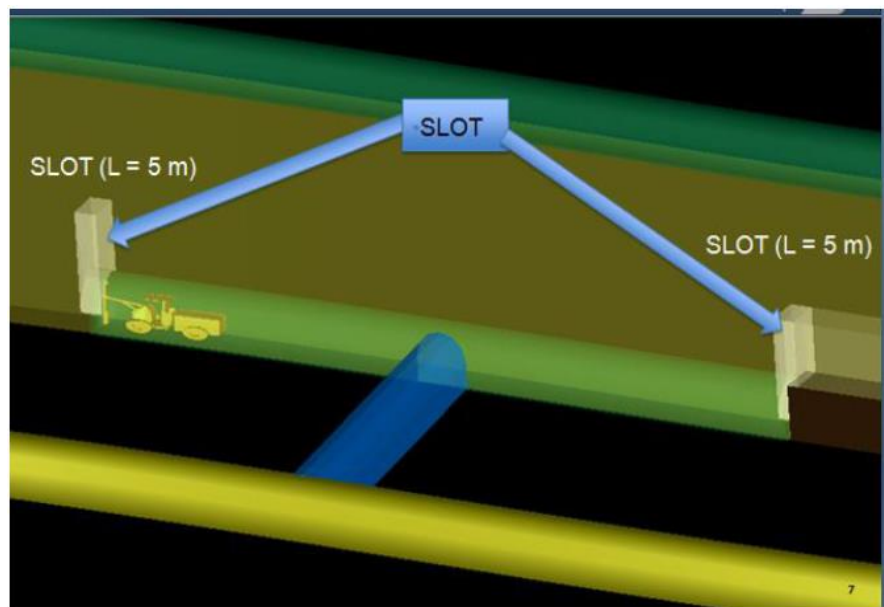


Figura 01. Realización de la cara libre (sloot).

Fuente: Ingeniería de planeamiento - Mina Huaron (2).

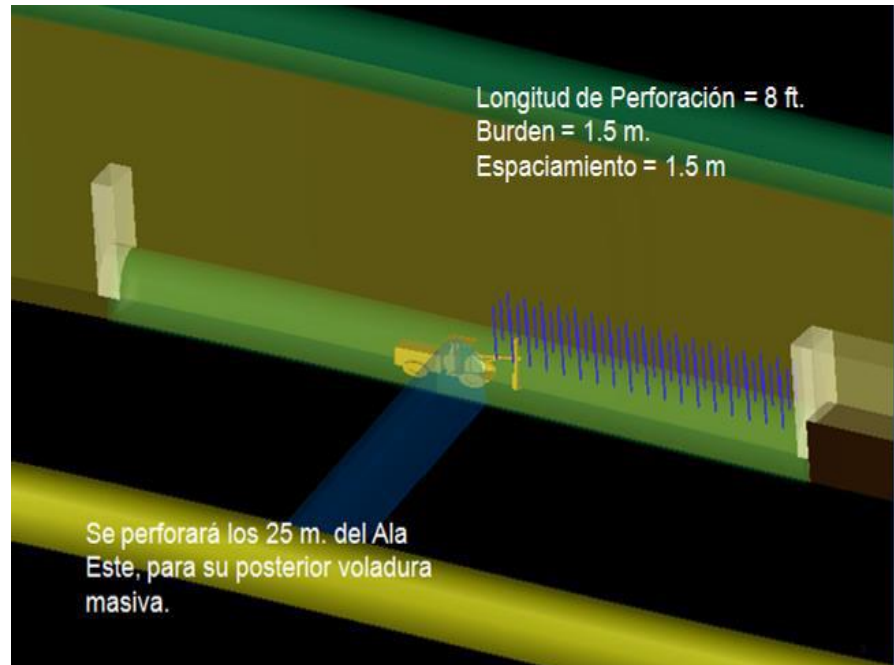


Figura 02. Perforación de taladros en realce.

Fuente: Ingeniería de planeamiento - Mina Huaron (2).

- Voladura:

La voladura se realiza en forma masiva 30 metros de ala a cada lado con dinamita semigelatina de 5 cartuchos por taladro (5).

- Limpieza:

La limpieza se realiza con winche de scoops de 4.1 y³ teniendo en total 30 metros de longitud luego del cual se procederá con el sostenimiento de dicho tramo limpiado (5).

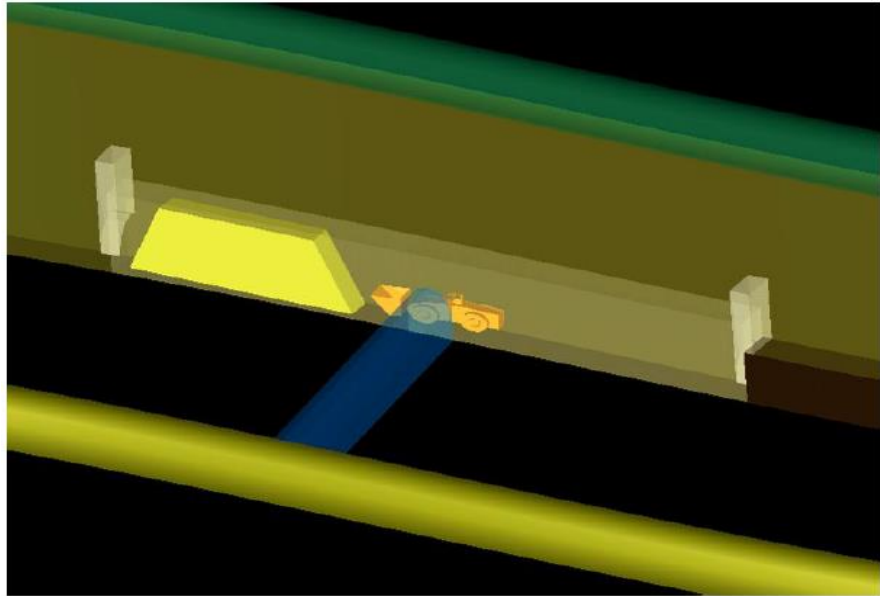


Figura 03. Limpieza de mineral con scoop tram.

Fuente: Ingeniería de planeamiento - mina Huaron (2).

- **Sostenimiento:**

Debido principalmente a las características estructurales que presenta la masa rocosa del yacimiento, y de acuerdo a las dimensiones que se han adoptado en el diseño, el éxito del minado se sustenta básicamente en la combinación de los sistemas de soporte, es decir, la capacidad de atención y volumen del relleno, en combinación de los split sets, con ello permitiendo la estabilidad local y global en todo el proceso de minado (5).

- **Realce de acceso:**

Luego de culminar la limpieza y sostenimiento se realiza el realce del acceso para ingresar al cuerpo de mineral y realizar la explotación, posteriormente se realiza el relleno detrítico y el segundo corte en realce que permite seguir explotando el cuerpo de mineral (5).

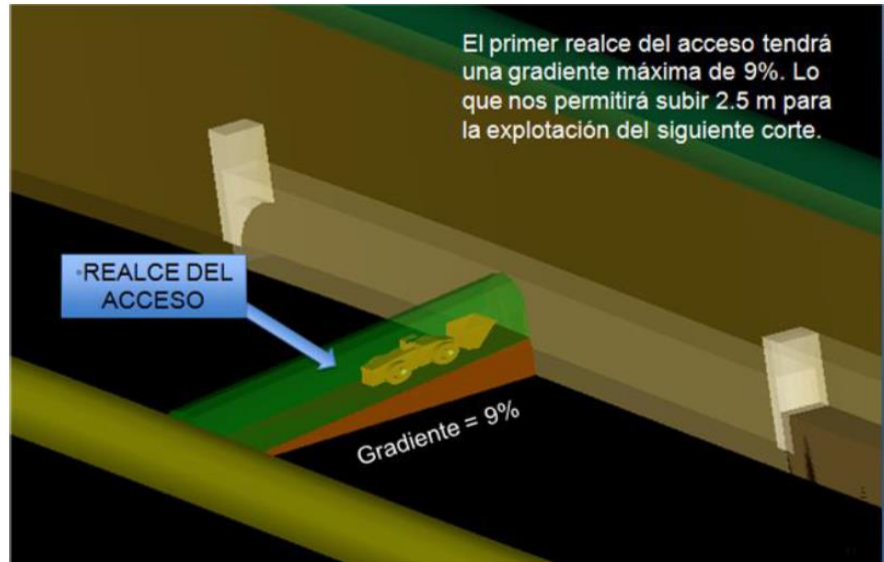


Figura 04. 1º realce (batido de la ventana de acceso).

Fuente: Ingeniería de planeamiento - Mina Huaron (2).

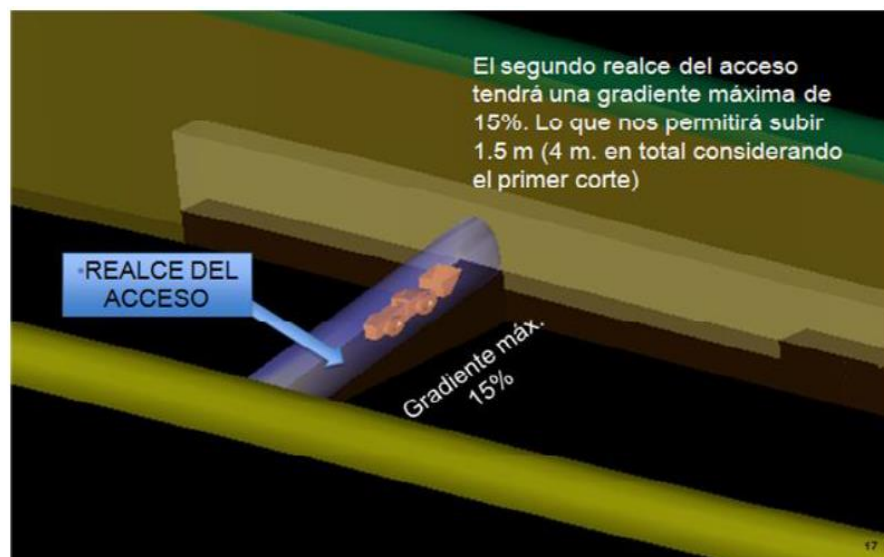


Figura 05. 2º realce (batido de la ventana de acceso).

Fuente: ingeniería de planeamiento -Mina Huaron (2).

- Relleno:

El relleno que se realiza es con desmote proveniente de los frentes de avance en desmote y con relleno de la misma labor.



Figura 06. Relleno detrítico luego de culminar la limpieza del primer corte.

Fuente: ingeniería de planeamiento - Mina Huaron (2).

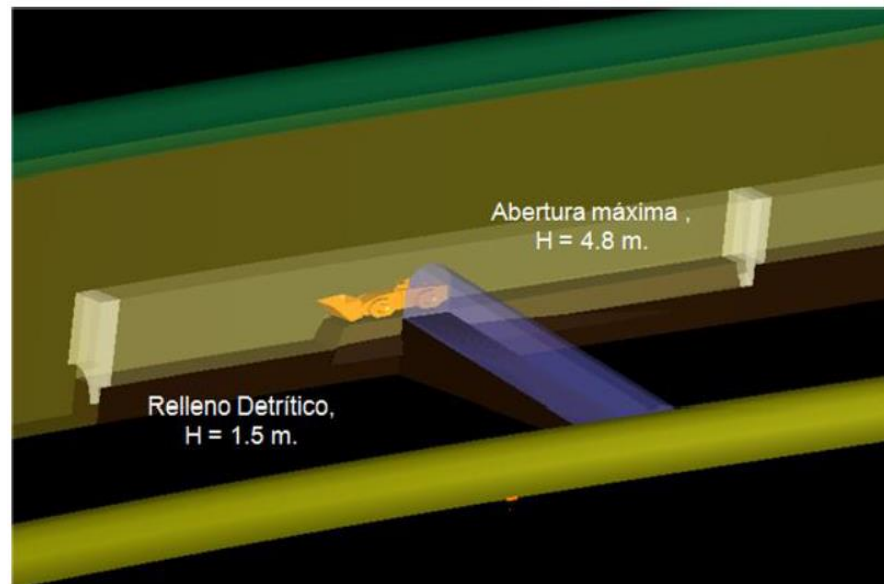


Figura 07. Relleno detrítico luego de culminar la limpieza del segundo corte.

Fuente: ingeniería de planeamiento - mina Huaron (2).

2.2.2. Método corte y relleno ascendente mecanizado (“cut and fill”)

Según Andrade y Hernán (6), el método de explotación es corte y relleno ascendente en vetas verticales (buzamiento de 80° en este caso), se utiliza máquinas perforadoras de serie RNP y jumbos electrohidráulicos. El arranque del mineral se realiza en franjas horizontales desde la corona del subnivel de explotación. El mineral roto se acarrea completamente del tajeo con la combinación de equipos de carga, transporte y descarga (en adelante LHD), para este propósito se emplea la rampa auxiliar (para minar el tajeo) hasta los ore pass, una vez realizado la limpieza total de mineral se rellena el tajeo (con material de los frentes de avance en estéril), hasta tener una altura máxima de 2.50 metros para iniciar la perforación del nuevo corte.

Jáuregui (7), sugiere que la caja techo y el mineral son medianamente competente (cuando la valoración de la resistencia del maciso rocoso sea mayor a 40), con potencia del yacimiento de 3 metros en promedio y un buzamiento de 80°.

- Descripción del método corte y relleno ascendente mecanizado (“cut and fill”):

Se desarrolla una rampa espiral negativa para el acceso al nivel inferior, se construye un crucero de acceso en el nivel base para la extracción e inicio la rampa positiva con una sección mínima de 3 metros de ancho y 3 metros de altura, la galería en exploración o desarrollo de acceso y vías para el transporte del mineral de sección es de 3 metros de ancho 3 metros de altura. La construcción del echadero de mineral en roca estéril de acuerdo al diseño y alejado de la rampa principal mínimo 8 metros, el *by pass* de extracción debe estar alejado de la galería de desarrollo a una distancia de 10 metros y de acuerdo a la recomendación geo mecánica. La rampa principal de ingreso debe estar al piso de la veta y tendrá una pendiente máxima de 15 % con una sección de 3 metros de ancho y 3 metros de altura; construir la cámara de volteo para scoop perpendicular a la rampa (6).

La construcción de refugios se realiza cada 30 metros en curva y cada 50 metros en recta, la construcción de chimenea de ventilación dentro

del tajeo con una sección de 1.5 metros de ancho y 1.5 metros de altura y en la chimenea se instala una parrilla de 1.5 metros de largo y 1.5 metros de ancho. Cuando se deje de trabajar se tiene una ventana de acceso y se inicia la siguiente en la ventana inmediata superior se mantiene la chimenea de ventilación. Cuando se deje una ventana inferior para iniciar una superior, esta (inferior) se coloca tabiques reforzados de acuerdo a la evaluación geo mecánica. Las ventanas de acceso a los tajos tienen inicialmente la misma sección de la rampa de acceso, será proyectada como máximo con una pendiente de 15 % negativos y una vez suban con la explotación se realiza el “batido” hasta una pendiente máxima de 15 % positivo. El rebatido de las ventanas de acceso a los tajos debe servir para 3 cortes. De acuerdo a la evaluación geo mecánica se construye una loza antes de empezar el nuevo corte (6).

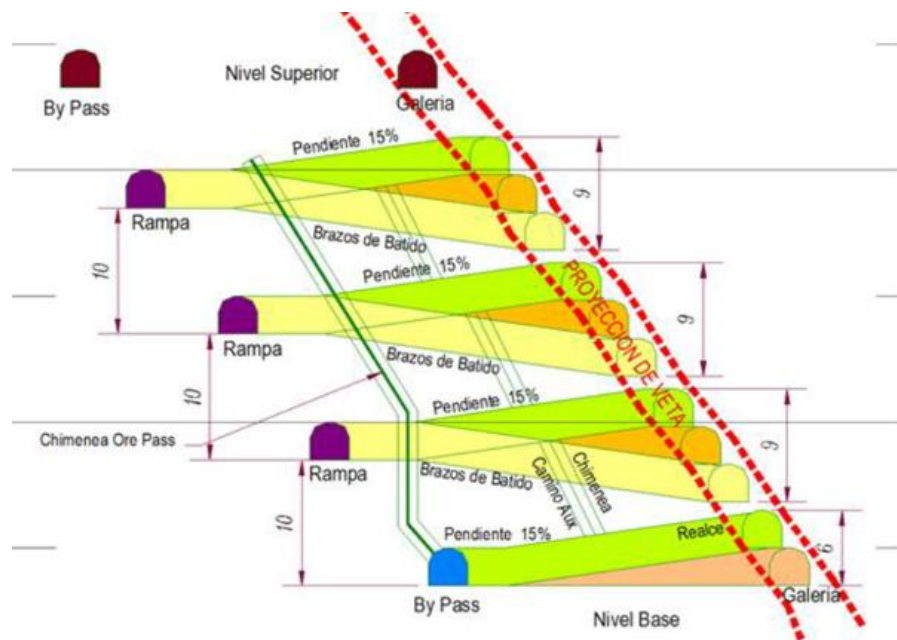


Figura 08. Método de minado corte y relleno semimecanizado.

Fuente: Departamento Planeamiento e Ingeniería U.E.A. Heraldos Negros (2).

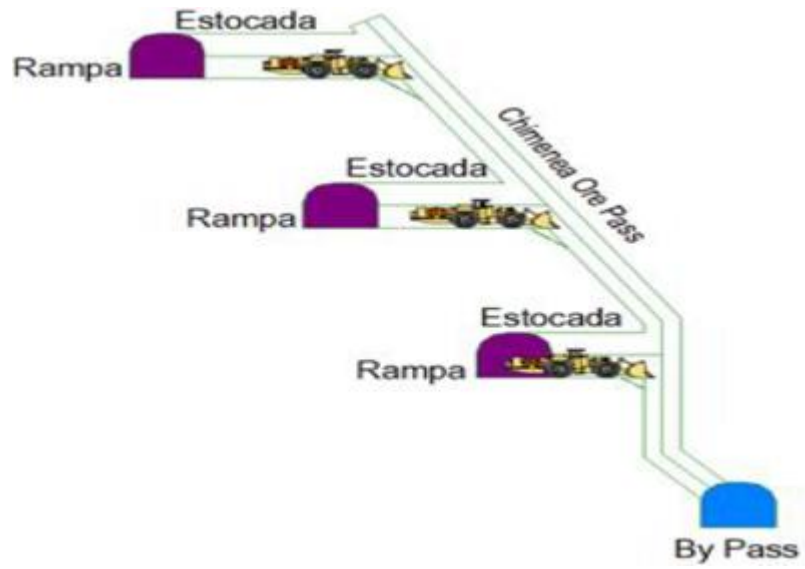


Figura 09. Método de minado corte y relleno semimecanizado.

Fuente: Departamento planeamiento e ingeniería U.E.A Heraldos Negros (2).

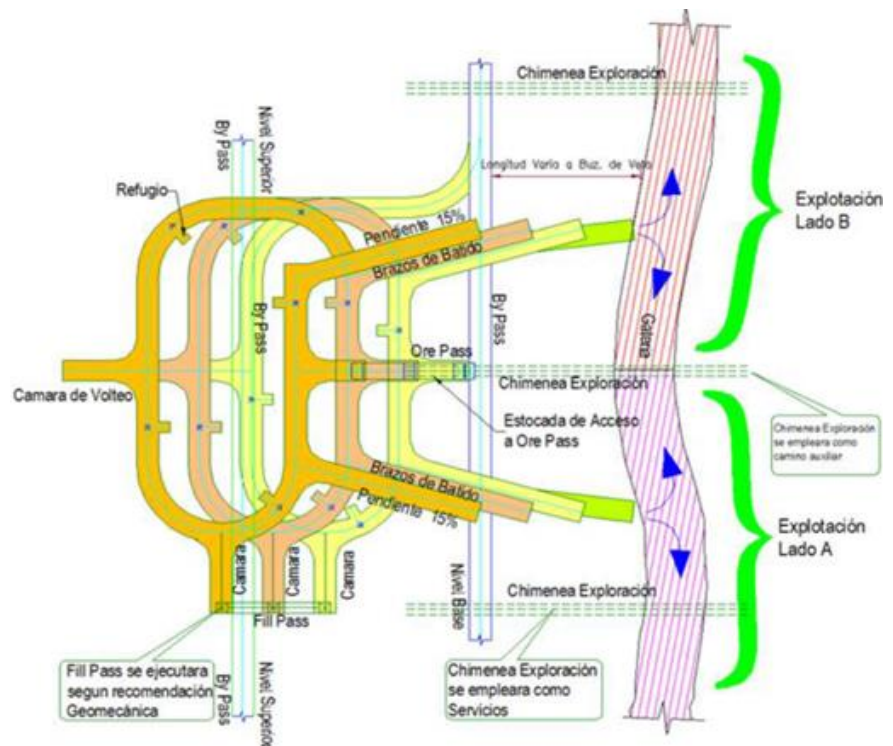


Figura 10. Método de minado corte y relleno semimecanizado.

Fuente: Departamento planeamiento e ingeniería U.E.A. Heraldos Negros (2).

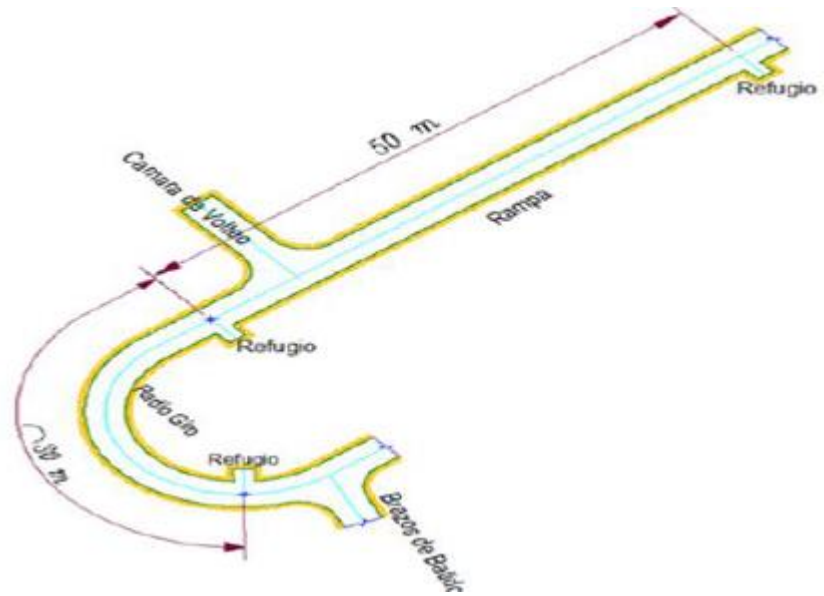


Figura 11. Método de minado corte y relleno semimecanizado.

Fuente: Departamento planeamiento e ingeniería U.E.A. Heraldos Negros (2).

2.2.3. Minado

El avance de la explotación es desde la ventana hacia ambos lados en rumbo manteniendo las coronas a un mismo nivel de forma ascendente en dirección del buzamiento de la veta, para vetas regulares y la longitud de taladro es de 4 pies. El avance es en realce en dirección del rumbo de la veta y la longitud de taladro es de 4 pies. Referente a los equipos de limpieza se utiliza scoop tramo de 4.2 - 2.5 yd³, el sostenimiento es con pernos split set helicoidales según la recomendación geo mecánica. Cuando el fracturamiento del techo es intenso, usar cuadro de madera como soporte, los pilares laterales son; Pilar menor 3 x 4 metros y pilar mayor 3 x 6 metros. Finalizada la explotación, rellenar los espacios vacíos con relleno detrítico (6).

- Ciclo de minado - operaciones unitarias:

El ciclo de minado se inicia con la perforación, para lo cual se usa "jumbo" electrohidráulico y maquina jack leg.

CORTE Y RELLENO ASCENDENTE (REALSE)

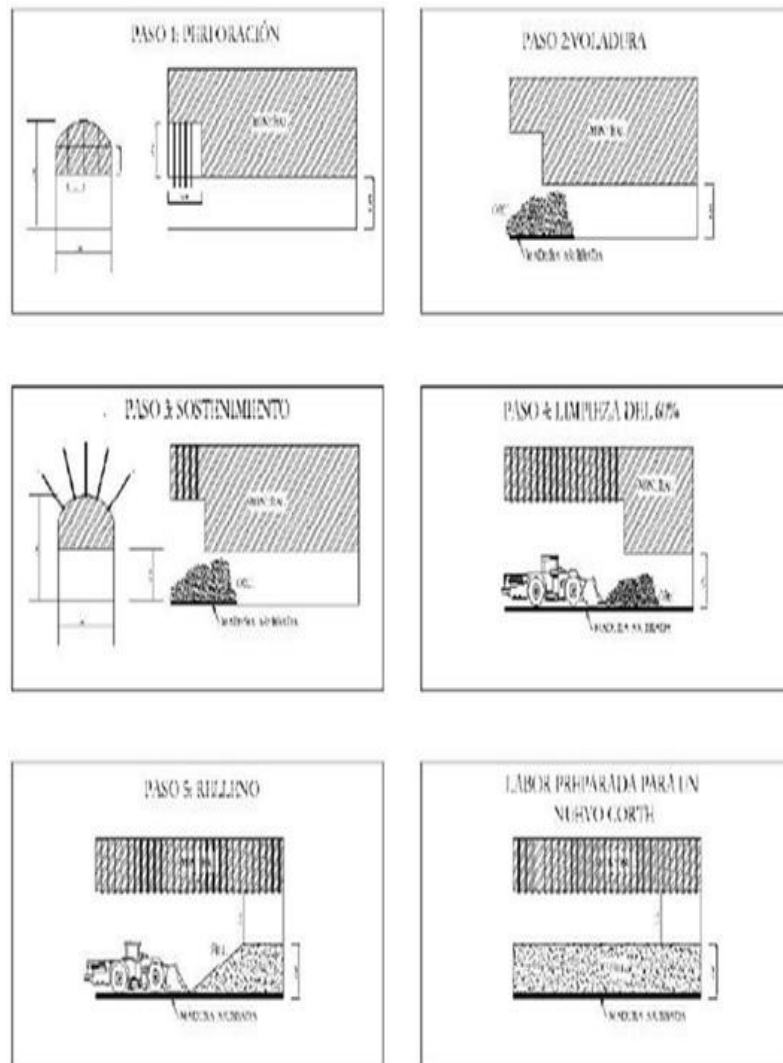


Figura 12. Ciclo de minado método corte y relleno semimecanizado.

Fuente: Departamento planeamiento e ingeniería U.E.A. Heraldos Negros (2).

- Perforación en frentes con jumbo:

La perforación de los frentes se realiza de acuerdo al tipo de roca la distribución de los taladros de acuerdo a la malla de perforación con barras cónicas de 12 pies de longitud.

Tabla 03. *Distribución de taladros-explosivos para perforación y voladura jumbo.*

					Semexa 65	
Descripción	Número de taladros	Cartuchos por taladro	Taladros cargados	Total	Total (kg)	
Alivio	1					
Arranque	4	4	11	44	16.2	
Ayuda	4	4	11	44	16.2	
Cuadradores	6	4	11	44	16.2	
Corona	3	5	11	55	20.2	
Producción	8	8	11	88	32.4	
Arrastre	5	5	11	55	20.2	
Total	31	30		330	121.3	
Longitud del taladro		3.65 m				
Avance lineal		3.30 m				
Ancho		3 m				
Altura		3 m				
Factor de carga		36.7 kg/m				

Fuente: Departamento perforación/voladura U.E.A. Heraldos Negros (2).

- Perforación en frentes con jack legt:

La perforación de los frentes se realiza de acuerdo al tipo de roca que presentan los macizos rocosos de la mina la distribución de los taladros de acuerdo a la malla de perforación establecidos con los parámetros geológicos y geo mecánicos, la perforación será con maquina jack legt, con barras cónicas de 4 y 6 pies de longitud y brocas del tipo botones con diámetros de 38 milímetros.

Tabla 04. *Distribución de taladros-explosivos para perforación y voladura jack legt.*

					Semexa 65	
Descripción	Número de taladros	Cartuchos por taladro	Taladros cargados	Total	Total (kg)	
Alivio	5					
Arranque	4	4	6	24	1.9	
1° ayuda	4	4	6	24	1.9	
Cuadradores	4	4	6	24	1.9	
Corona	7	5	6	30	2.4	
Producción	12	12	6	72	5.7	
Arrastre	5	5	6	30	2.4	
Total	41	34		204	16.1	

Longitud de taladro	1.8 m
Avance lineal	1.65 m
Ancho	3 m
Altura	3 m
Factor de carga	9.8 kg/m

Fuente: Departamento perforación/voladura U.E.A Heraldos Negros (2).

- Perforación de tajos en realce con jack leg:

La perforación en los tajeos se realiza de acuerdo al tipo de roca, teniendo en consideración que el mineral comprende un RMR del tipo fracturado a duro la distribución de los taladros de acuerdo a la malla de perforación con maquina jack leg, barras cónicas de 2.4 y 6 pies de longitud y brocas de botones de 38 milímetros de diámetro.

Tabla 05. *Distribución de taladros-explosivos para perforación y voladura en tajos con jack leg.*

				Semexa 65 7/8x7	
Descripción		Cartuchos por taladro	Taladros cargados	Total	Total (kg)
Producción	50	50	5	250	19.8
Total					19.8

Longitud de taladro	1.2 m
Factor de potencia	0.5 kg/t

Fuente: Departamento perforación/voladura U.E.A. Heraldos Negros (2).

La perforación en chimeneas se realiza de acuerdo al tipo de roca, la distribución de los taladros de acuerdo a la malla de perforación con barras cónicas de 2 y 4 pies de longitud.

Tabla 06. *Distribución de taladros explosivos para para perforación y voladura en chimeneas con jack leg.*

				Semexa 65	
Descripción		Cartuchos por taladro	Taladros cargados	Total	Total (kg)
Alivio	5				
Arranque	4	4	5	20	1.6
Ayuda	4	4	5	20	1.6
Producción	4	4	5	20	1.6

Cuadradores	7	4	5	20	1.6
Total	21	16	20	80	6.3
Longitud del taladro		1.2			
Avance lineal		1.1			
Factor de carga		5.68 kg/m			

Fuente: Departamento perforación/voladura U.E.A Heraldos Negros (2).

- Voladura:

La voladura se realiza de forma convencional y mecanizada.

- Mecha rápida Z - 18:

Es un componente del sistema tradicional de iniciación de voladuras, compuesto por una masa pirotécnica, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico.

- Carmex:

Está compuesto por un fulminante común N° 8, un tramo de mecha de seguridad, un conector para mecha rápida y un block de sujeción, que viene a ser un seguro de plástico, cuya función es asegurar la mecha rápida al conector para mecha rápida.

- Ventilación:

Según el Decreto Supremo 023-2017-EM, el caudal requerido por persona es de 6 m³/min, si la mina está por encima de los 4 000 m.s.n.m. (U.E.A. Heraldos Negros con cota 4 890 m.s.n.m.).

- Limpieza, carguío y extracción de mineral a superficie:

Para poder determinar el costo que genera el acarreo de mineral se ha tomado tiempos del ciclo de carguío precisamente en la Gal 865 N, teniendo que controlar en que tiempo demora en limpiar el scoop de la contrata un frente de perforación con 6 ft de avance, y analizar

cuanto tonelaje puede mover en las horas de trabajo. Las características de los equipos que trabajan en interior mina son:

- Scoop de 4.1 yd³.
 - Volquete 15 m³.
- Sostenimiento en labores mineras:

En los elementos de sostenimiento se considera:

- Split set de 5'.
- Split set de 7'.
- Mini split set de 1'.
- Perno helicoidal de 5'.
- Perno helicoidal de 7'.
- Malla electrosoldada de 2' x 2' y 4' x 4' de área.
- Semcon.
- Resina.
- Madera para la rehabilitación de labores y avances ocasionalmente.

2.2.4. Método "shrinkage stoping "(almacenamiento provisional)

Lepin (8) indica que la propiedad característica de este método es que el mineral se arranca en sentido ascendente, dejando que este mineral se acumule en el mismo tajeo, ya que la misma se usará como plataforma de trabajo para los siguientes y sucesivos cortes, al mismo tiempo que apuntalan parcialmente las cajas del espacio ya explotado y sustituyen así al relleno propiamente dicho. Como el volumen del mineral arrancado es aproximadamente una tercera parte mayor de mineral *in situ*, debe extraerse este excedente con el objeto de que, entre el techo del próximo corte y la superficie del montón del mineral, exista un espacio abierto de 2 metros de altura.

- Ventajas del método:

Entre las principales ventajas del “shrinkage”, se tiene (8):

- Costos bajos.
- Arranque rápido.
- Rendimiento de extracción elevado.
- Costos de fortificación reducidos.
- Trabajo sencillo y fácil.
- La gravedad favorece el trabajo con explosivos.
- Ventilación fácil y eficaz.
- La extracción no depende del arranque diario; el mineral puede extraerse regularmente y sin interrupción alguna.
- El “shrinkage” es el método más confiable en cuanto a disponibilidad de mineral roto se refiere, porque no depende de equipo de limpieza como winches y scoops.
- El “shrinkage” no depende de relleno hidráulico, por lo tanto, no depende de la disponibilidad de relleno para contar con mineral roto.
- Cuando existen minerales de distinta calidad en los bloques en explotación se logra la calidad media deseada extrayendo mineral de las distintas cámaras.
- No es necesario almacenar en la superficie el mineral, sino que éste permanece en el interior de la mina, no estando así expuesto a la intemperie.
- Tasas de producción pequeñas a medianas.
- Vaciado del caserón por gravedad.
- Buena recuperación (75 a 100 %).
- Baja dilución (10 a 25 %).

- Aplicación del método:

Para Bullock (9), este método se aplica generalmente a vetas angostas de 1.2 a 30 metros o a cuerpos donde otros métodos no pueden ser usados. Este método de explotación es aplicable en

cuerpos tabulares verticales o subverticales angostos o de poco espesor (1 a 10 metros), con bordes o límites regulares. Su inclinación debe ser superior al ángulo de reposo del material quebrado, vale decir, mayor a 55°. La roca mineralizada debe ser estable y competente, la roca encajadora (paredes) debe presentar también buenas condiciones de estabilidad. Son técnica o económicamente inviables. Para asegurar que el mineral fluya (que no se “cuelgue”), el mineral no debe tener muchas arcillas, ni debe oxidarse rápidamente, generando cementación. El cuerpo mineralizado debe ser continuo para evitar la dilución. El estéril debe extraerse como dilución o dejarse como pilares aleatorios (que no impidan el flujo).

- a) Principios: consiste en excavar el mineral por tajadas horizontales en una secuencia ascendente (realce) partiendo de la base del caserón. Una proporción del mineral quebrado, equivalente al aumento de volumen o esponjamiento (30 a 40 %), es extraída continuamente por la base. El resto queda almacenado en el caserón, de modo de servir como piso de trabajo para la operación de arranque (perforación y voladura) como asimismo de soporte de las paredes del caserón. Cuando el proceso de arranque alcanza el límite pre-establecido superior del caserón, cesan las operaciones de perforación y voladura, y se inicia el vaciado del caserón extrayendo el mineral que ha permanecido almacenado (60 a 70 %). Los pilares y puentes de mineral que separan los caserones por lo general son recuperados con posterioridad (9).

- b) Desarrollo: el método requiere conocer bastante bien la regularidad y los límites del cuerpo mineralizado. Para ello, se construyen dos niveles horizontales separados verticalmente por 30 - 180 m, los cuales permiten definir la continuidad de la veta y determinar la regularidad en el espesor de la misma. A esto, se agrega una o más chimeneas, construidas por alimak o raise-boeing, las que permiten definir la continuidad vertical, facilitan la ventilación y permiten el acceso del personal y equipos. Hay tres alternativas para el desarrollo consecuente (9):

- Puntos de extracción: cada 1 - 10 metros en la base del cuerpo. Instalación de chute de madera en cada punto.
 - Correr la galería paralela a la base del cuerpo a 7.5 - 15 metros, se corre la estocada de extracción desde la galería de extracción a la galería de base del depósito cada 7.5 - 15 metros para volar la primera tajada y se extrae el esponjamiento con LHD (equipo carga, transporte y descarga) o scraper.
 - Cuerpos más anchos: correr dos galerías de base y construir embudos. Por el centro de las dos galerías de base, correr galería de extracción con scraper y estocadas de extracción para que el esponjamiento fluya hacia la galería de extracción.
- c) Arranque: las condiciones de aplicación de este método (vetas angostas de baja capacidad productiva), como también las dificultades de acceso y el piso de trabajo irregular no permiten la utilización de equipos mecanizados de perforación. En la práctica normal se utilizan perforadoras manuales (Jack legts o stopers) y barras integrales. Los tiros pueden ser horizontales (1.6 a 4.0 metros) o verticales (1.6 a 2.4 metros) con diámetros de 32 a 38 milímetros. Excepcionalmente, se utiliza perforación mecanizada, mediante el uso de: drill wagons o jumbos con largos de perforación que pueden ir de 1.8 a 2.4 metros (hasta 3.0 metros). La voladura se realiza utilizando anfo, geles (hidrogeles), slurry (emulsiones) y con iniciación no eléctrica normalmente (9).
- d) Manejo de mineral: el sistema tradicional o más antiguo consiste en el carguío directo del esponjamiento por el nivel de extracción mediante de pequeños carros de ferrocarril, mediante buzones instalados en la base de los embudos recolectores. Es necesario nivelar el piso para seguir perforando después de cada disparo, dentro del caserón, para lo que se pueden utilizar slushers, LHD pequeños o simplemente palas y realizar el trabajo manualmente. Después de disparar y extraer cada tajada vertical, se deben subir

los accesos (fortificación de accesos con madera). Entre los sistemas de carguío y transporte en el nivel de extracción, también se pueden encontrar palas de arrastre (scrapers) descargando directamente a carros de ferrocarril o camiones y equipos LHD (carga transporte y descarga) saliendo directamente a superficie, o en combinación con piques de traspaso cortos, ferrocarril o camiones, y rampas o piques de extracción (9).

- e) Ventilación: el frente de trabajo se ventila inyectando aire desde la galería de transporte ubicada en la base a través de la chimenea de acceso emplazada en uno de los pilares que flanquean el caserón. El aire viciado se extrae hacia el nivel superior por la chimenea emplazada en el otro pilar correspondiente al caserón vecino (9).
 - f) Sostenimiento: dependiendo de la estabilidad de la roca encajadora, se recurre normalmente a un apernado parcial o sistemático de las paredes del caserón. En situaciones de mayor inestabilidad se colocan pernos y malla de acero, o incluso shotcrete. También es posible dejar algunos pilares de mineral de pequeñas dimensiones, el muestreo de canaleta o de chips en intervalos regulares para control de leyes (9).
 - g) Parámetros: características del mineral son mineral competente, que no se oxide ni cemente, bajo en arcillas. Las características de roca de caja son competentes a moderadamente competentes, la forma del depósito es vertical, uniforme en su inclinación y contactos la inclinación $> 45^\circ$ (9).
- Tamaño:
 - Angosto a moderado espesor (1 a 30 metros).
 - Largo: 15 metros en adelante.
 - Ley: moderada a alta.

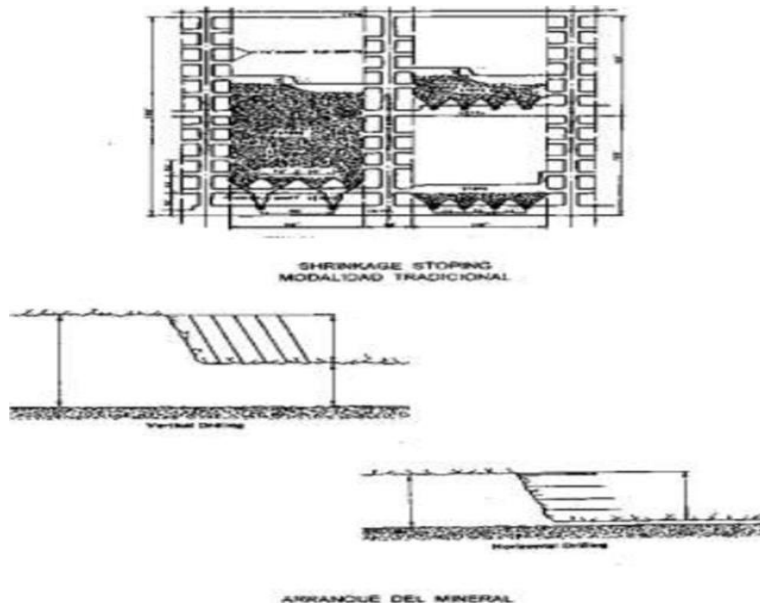


Figura 13. Shrinkage convencional.

Fuente: Ames y Yauri (3).

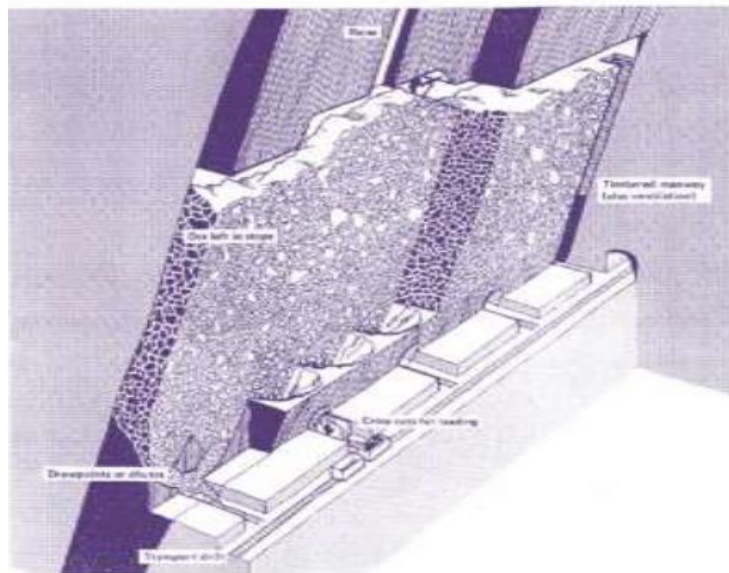


Figura 14. Shrinkage mecanizado.

Fuente: Ames y Yauri (3).

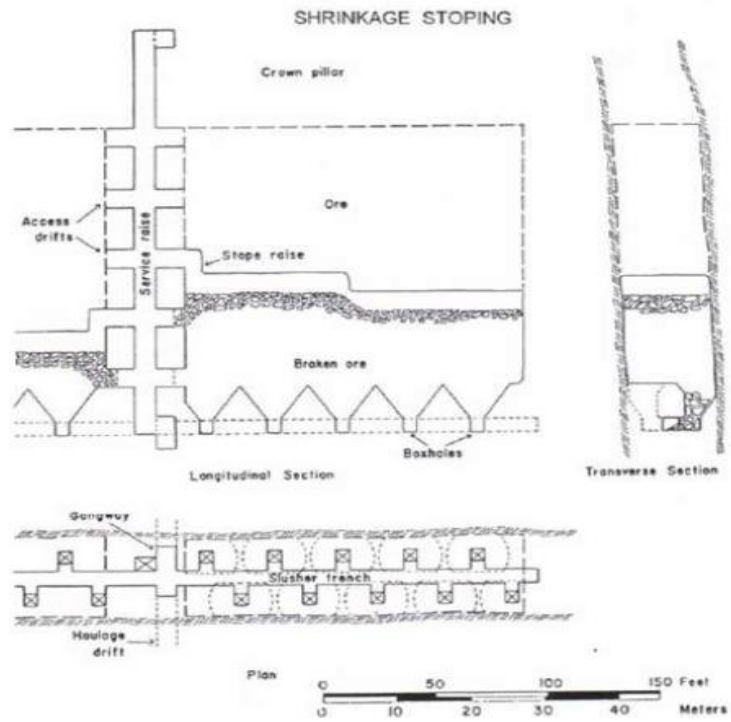


Figura 15. Extracción y manejo de mineral.

Fuente: Ames y Yauri (3).

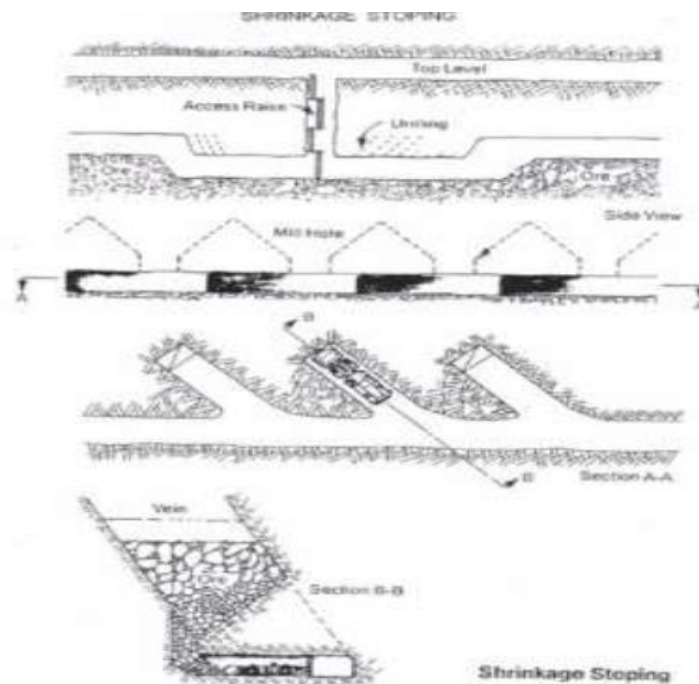


Figura 16. Extracción y manejo de mineral con equipos LHD carga, transporte y descarga.

Fuente: Ames y Yauri (3).

2.3. Generalidades de la compañía minera candelaria

2.3.1. Ubicación y acceso

El área de la mina se encuentra al Noreste de Lima, provincia de Cajatambo y distrito de Cajatambo, en dirección hacia la vertiente occidental de la cordillera occidental de los andes peruanos, conocido como “Cordillera de Huayhuas”. Las altitudes de la mina comprenden los 4 400 y 4 800 msnm (10).

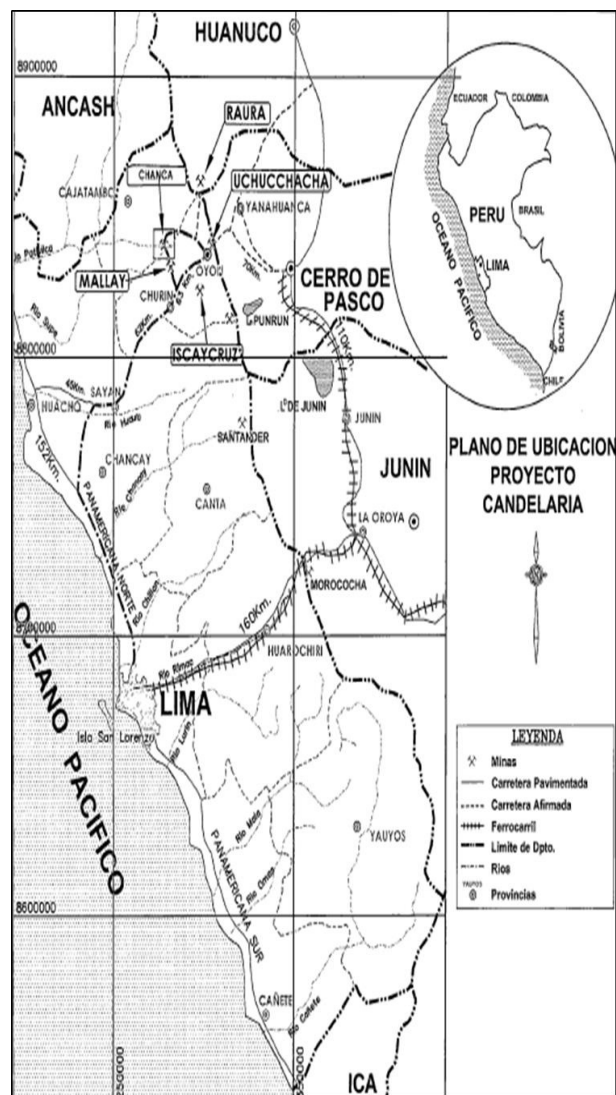


Figura 17. Plano de ubicación de la mina Chanca.

Fuente: Caracterización geo mecánica del proyecto de exploración minera Chanca (10).

2.3.2. Accesibilidad

El acceso a la mina comprende por las siguientes rutas.

Tabla 07. Acceso a la mina Candelaria.

	Tipo de carretera	Distancia (km)
Lima - Desvío de Huacho	Asfaltada (Panamericana Norte)	135
Desvío Huacho - Sayán	Asfaltada	45
Sayán - Churín	Afirmada	30
Churín - Oyón	Afirmada	25
Desvío Ucruzchaca - Chanca	Afirmada	23

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Geología local

La mina se encuentra en rocas volcánicas andesíticas (presencia de agilización moderada a intensa con granos porfiríticos) y dacíticas (presencia de stockwork, siendo esta una roca alterada argilizada, con presencia de cuarzo) de la formación del terciario Inferior las cuales tienen en su formación vetas argentíferas.

EDAD		COLUMNA	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA
Cuaternario			Depósitos Aluviales (Q-al)
			Depósitos Morrénicos (Q-mo)
Terciario	Inferior		Volcánico Callipuy (Ti-vea)
	Superior		Formación Jumasha (Ki-j)
			Formación Pariatambo (Ki-pt)
			Formación Chulec (Ki-chu)
			Formación Pariahuanca (Ki-ph)
Cretaceo	Inferior		Formación Farrat (Ki-fa)
			Formación Carhuaz (Ki-ca)
			Formación Santa (Ki-sa)
			Formación Chimú (Ki-chim)
			Formación Oyón (Ki-o)

Figura 18. Columna estratigráfica de Candelaria.

Fuente: Caracterización geo mecánica del proyecto de exploración minera Chanca (10).

2.3.4. Geología estructural

La geometría de los macizos volcánicos que existen en zona minera fueron afectados por el plegamiento andino principal, el plegamiento que afectó al volcánico también abarcó a los sedimentos anteriormente plegados. El centro minero se encuentra emplazado en un área moderadamente deformada por la tectónica y orogenia andina las estructuras tectónicas presentes en el lugar y áreas contiguas están conformadas por fallas. Las estructuras que presentan, son planos de flujos verticales y paralelos a la dirección general del alineamiento del macizo. Dentro del contexto del macizo rocoso volcánico calipuy; se determina que las rocas se hayan con variado grado de fracturamiento y alteración. Sin embargo, predomina el fracturamiento moderado La mineralización se encuentra en vetas y estas constituyen pequeñas fallas y fracturas persistentes con fracturación moderada (10).

- Características del yacimiento:

Las características del yacimiento son (10):

- Cuerpo regular con formación de mineral del tipo rosario ente 5 centímetros y 1.2 metros de potencia de veta.
- Buzamiento de veta variable entre los 75 y 85 grados.
- Estabilidad de mineral se considera una resistencia del macizo rocoso entre 31 a 40.
- Las rocas encajonadas principalmente dacíticas y andecíticas.
- Como material de relleno, considerablemente la sílice.

2.4. Definición de términos básicos

- Acarreo: traslado de mineral desmonte o material de un lugar a otro.
- Anfo: es una mezcla explosiva adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulado con 93.5 % a 94.5 % de nitrato de amonio en esferas y 6.5 % a 5.5 % de combustible líquido, pudiendo éste ser: petróleo residual o la combinación de petróleo residual más aceite quemado (11).

- Carguío: con equipos de gran capacidad generalmente palas y cargadores frontales, se carga el material a los camiones volquetes o, en su caso a las tolvas del ferrocarril, para que sean trasladados a la zona de trituración primaria dentro del mismo tajo o a la chancadora directamente en caso del mineral; y a los botaderos en caso de material estéril (11).
- Chimenea: abertura vertical o inclinada construida por el sistema convencional y/o por el mecanizado (11).
- Echadero: es una labor minera vertical o semi-vertical que sirve como medio de transporte del mineral o desmonte de un nivel a otro (7).
- Exploración y desarrollo: en las minas de producción a tajo abierto, al igual que en otras minas, es necesario realizar trabajos de exploración y desarrollo para encontrar nuevas reservas y mantener o alargar de esta forma la vida útil de la mina e ir desarrollando el yacimiento para su posterior exploración (3).
- Explosivos: son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas y presión ocasionando efectos destructivos (11).
- Métodos de explotación: el método de explotación es la estrategia global que permite la excavación y extracción de un cuerpo mineralizado del modo técnico y económico más eficiente (7).
- Perforación y voladura (disparos): mediante equipos especiales y maquinas pequeñas utilizando barrenos se hacen perforaciones en la zonas mineralizadas, cuyos orificios son rellenados con explosivos usualmente anfo (nitrate de amonio más petróleo diésel), los cuales remueven grandes volúmenes de material, resultando rocas de diferentes tamaños (11).
- Proceso de Voladura: es un conjunto de tareas que comprende: el traslado del explosivo y accesorios de los polvorines al lugar del disparo, las disposiciones preventivas antes del carguío, el carguío de los explosivos, la conexión de los taladros cargados, la verificación de las medidas de seguridad, la autorización y el encendido del disparo (11).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y tipo de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

a) Método general o teórico de la investigación:

El método general de la investigación empleado como base estructural es el método científico, que orientó como efectuar una investigación del tipo: inductivo - deductivo, además de ser: analítico - sintético, por las formas de analizar los hechos o fenómenos y relacionarlos con las bases teóricas del marco conceptual, asumiendo categorías cognitivas de síntesis.

b) Método específico de la investigación:

La investigación específica es: observacional – comparativa; asimismo, mediante la observación se captó aquellos aspectos que son más relevantes al fenómeno o hecho a investigar, se recopiló los datos que se estimen pertinentes, la investigación tiene carácter cuantitativo debido a que la realidad está en relación con las variables de estudio, correspondiendo a la visión y opinión de los Ingenieros de Minas de la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. Lima. 2019.

3.1.2. Tipo de investigación

El trabajo es de tipo de investigación: aplicada, por las características de las variables, el planteamiento del problema, teniendo como intención la descripción de los fenómenos y sus causas que los ocasionan.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño que se empleó en el trabajo de investigación es: descriptivo - demostrativo, de acuerdo a las dimensiones: sostenimiento técnico, factores económicos, influencia de la potencia, y rendimiento de la explotación, para la variable métodos de explotación (“cut and fill” y “shrinkage stoping”), asimismo las dimensiones: volumen físico, valor agregado, volumen mineral por obrero ocupado, volumen mineral por hora trabajada y nuevas tecnologías de explotación, para la variable productividad del tajeo, en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. Lima. 2019.

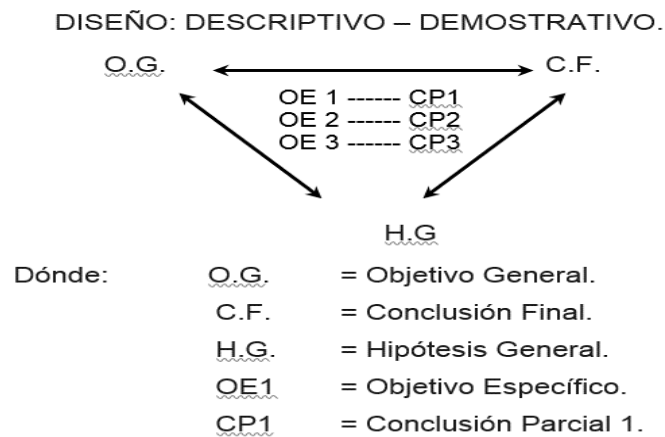


Figura 19. Diseño descriptivo - demostrativo.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Tajeos de producción de la mina Candelaria - U.E.A. Chanca, ubicada en la provincia de Cajatambo departamento de Lima.

3.3.2. Muestra

El tamaño de la muestra se determinó, considerando el muestreo aleatorio simple para esta investigación se toma al tajo de producción (tajeo 445 SW) en la veta Tarazca del block 8 de la mina Candelaria.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que permitieron el desarrollo de la investigación se realizaron considerando las técnicas de observación y evaluación de datos de campo, información recopilada de las áreas de mina Candelaria, asimismo el procesamiento fue realizado *in situ* conjuntamente con las áreas de los departamentos de Mina Candelaria.

Tabla 08. *Técnicas e instrumentos de la investigación.*

Técnica	Instrumento	Datos que de observaron
Observación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fichas de observación. ▪ Datos reales de mina como ciclo de minado preparación desarrollo y explotación. 	Permitieron determinar si la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping”, influye en la productividad del tajeo 445 sw. en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C. Lima. 2019
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de costos. ▪ Excel. ▪ Auto CAD. ▪ Coordinación con los jefes de áreas de Candelaria. 	Al aplicar las pruebas permitieron evaluar y analizar que la aplicación de “cut and fill” y “shrinkage stoping”, influye en la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C. Lima. 2019

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Combinación de los métodos “cut and fill” y “shrinkage stoping” y su influencia en la productividad del tajeo 445 SW.

4.1.1. Información

Las técnicas que permitieron el procesamiento y análisis de datos, se realizaron considerando los datos de mina, información de las diferentes áreas de Candelaria como costos, geología, planeamiento y operaciones. Una vez obtenidos los datos, se procedió a analizar cada uno de ellos, realizando comparaciones de tablas de costos de explotación por el método de minado, para determinar si existe rentabilidad viabilidad ganancias de lo planteado, atendiendo a los objetivos y variables de la investigación, de manera tal que se contrastó la hipótesis con variables y objetivos planteados, demostrando así la validez o invalidez de estas. Al final se formularon las conclusiones y sugerencias para mejorar la problemática investigada.

4.1.2. Ubicación y delimitación del block

El block de mineral se ubica en la mina Candelaria en el nivel 440. En la galería 900 SW, en el block de mineral numero 8 según el plano geológico de la mina.

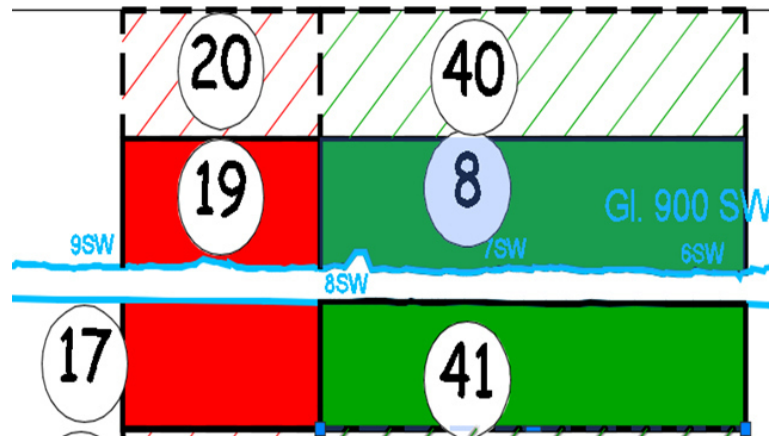


Figura 20. Ubicación del block de mineral.

Fuente: Plano geológico de la mina Candelaria (12).

En la imagen se observa el block N° 8 tiene un mineral medido de 10.5 metros de altura mientras que block N° 40 tiene un mineral Indicado de 10 metros de altura. Respecto al metodo de corte y relleno usado para la última explotación en la galería 900 SW, la veta Tarazca, comprende el estudio tiene una potencia de 1 metro, la longitud del block para su explotación fue de 30 metros.

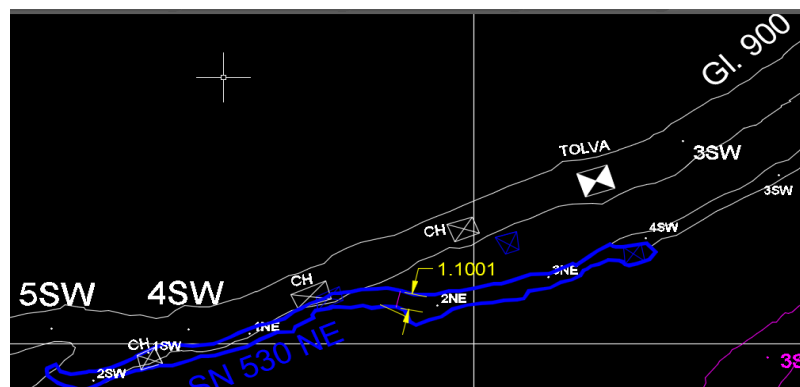


Figura 21. Potencia de la veta Tarazca.

Fuente: Plano geológico de la mina Candelaria (12).

4.1.3. Método de explotación “cut and fill”

El método usado para la explotación del tajeo tipo “cut and fill”, fue el convencional.

- Ciclo de minado:

- a) Enmaderado

Se colocó puntales de 1.2 metros de longitud en la chimenea de extracción de mineral (*ore pass*), de la misma manera se prepara para las dos chimeneas de acceso todas estas con sus respectivos rajados de puntal, que consiste en partir un puntal de la mitad por su sección longitudinal, y clavarlo en las tres chimeneas mencionadas, de esta manera se tiene preparado el tajo para poder rellenarlo y continuar con el ciclo de minado.

- b) Relleno detrítico

En esta etapa se usó la perforación y voladura de estocadas y desquinche de la caja piso para generar el volumen de estéril necesario para rellenar todo el tajeo y realizar el empampillado del piso que consiste en nivelar el piso a una altura de 2.2 metros hasta la corona del siguiente corte, de tal manera que el piso sea el más adecuado para proseguir con la perforación eficiente y dar las mejores condiciones para el perforista.

- c) Perforación

La perforación se realizó con maquina Jack legt de tipo boar long year con barras de 1 metro de longitud y un juego de barrenos de 2.4 y 6 pies, a una presión de 65 PSI, para una eficiente perforación, la acumulación de taladros consiste en perforar con una inclinación de 85 grados en sentido a la cara libre o llamado sloop, este se encuentra en la dirección del *ore pass*, entonces la acumulación se empieza por el sloop y se termina en las

chimeneas de acceso para que en el siguiente corte la delimitación del block no varíe ni sufra alteraciones que podrían generar retrasos operativos en la actividad.

d) Voladura

En esta etapa del ciclo se consideró primeramente los accesos para el tajeo y se realizó un pequeño trabajo de enmaderado para cubrir las chimeneas de acceso del mineral, se realizó la protección de la dilución colocando telas de yute y maderas de 1" a lo largo del tajeo así se evita en un 95 % la dilución del mineral. En la voladura se usa el anfo, se cargó los taladros con una pistola neumática que inyecta al anfo a cada taladro y de esta manera finalizar con la detonación.

e) Limpieza de mineral

Teniendo el mineral en el tajeo se instaló el winche eléctrico al centro del *ore pass* se instalan puntales a presión a lo largo del tajeo para facilitar al cable del winche sea sujetado por las rondanas y logre el desplazamiento de la cuchara de arrastre. Para esta etapa se usaron winches de 20 HP, que lograron evacuar el mineral hacia la tolva tipo americana, esta a su vez fue evacuada por locomotoras a batería hasta la cancha de almacenamiento.

- Seguridad en la operación

a) Sostenimiento

De manera puntual solo donde se requiera, como es malla de 3" x 3" con split set o puntales de seguridad intermedios entre caja techo y caja piso de la labor.

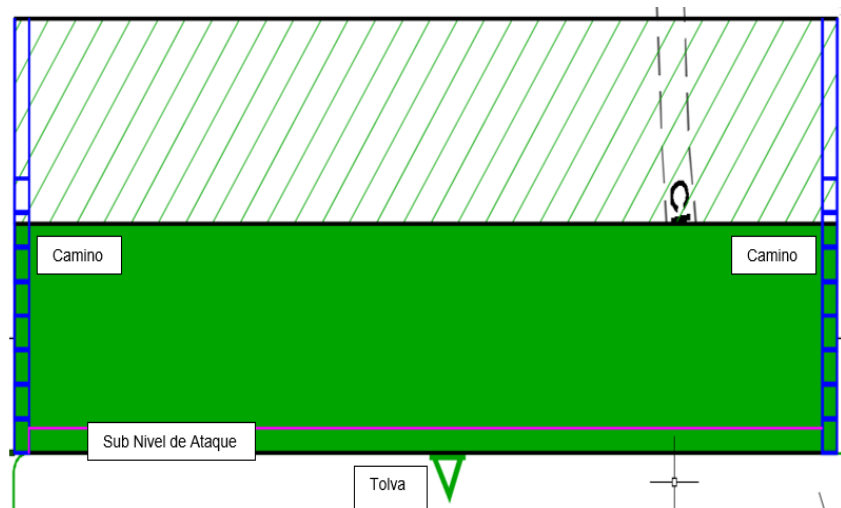


Figura 21. Block de mineral "cut and fill".

Fuente: elaboración propia.

En la figura 21 se muestra el block a explotar, se prepara dos caminos de acceso con chimenea de 1.2 x 1.5 metros, se realiza una chimenea para la evacuación del mineral del tajeo llamado *ore pass*.

- Ventilación de la labor

Se inyecta aire fresco con un ventilador mecánico de 60 000 CFM (pies cúbicos por minuto) que a través de una manga de 24 pulgadas se logra ventilar la labor disparada entre los 20 y 30 minutos. El direccionamiento del flujo de aire se realiza colocando la manga en uno de los caminos de acceso del tajo (camino principal) así el aire viciado es evacuado por el siguiente camino de acceso ventilando la labor de manera eficiente.

El uso de este ventilador se coloca en 160 metros del tajo mencionado para poder captar bien el aire que entra con el tiro natural desde bocamina, de tal manera que la ventilación asegure un caudal limpio y seguro para los trabajadores.

- Costo de la operación por el método “cut and fill”

CONGEMIN JH SAC UNIDAD CHANCA CAJATAMBO PRECIO POR M3 DE MINERAL EXPLOTADO CON CORTE Y RELLENO POR DESCARTE PARA LABORES DE EXPLOTACION CON WINCHE (BUZON CAMINO AMBOS LADOS, LONGITUD DE ALA 30m, (α=0.80 m)) LONGITUD DE PERFORACION 6.						
09.-	TOTAL PRECIO POR DISPARO Total del 1a al 10					4,181.39
10.-	CARACTERISTICAS DEL TAJEO					
	Longitud			25.70	m	
	Potencia			1.00	m	
	Burden (Malla 2 x 1, 1m-->3)			0.33	m	
	Taladros Mineral (Mas 02 taladros iniciales)			150		
	Taladros Desmonte			68		
	Longitud de taladros			6.00	pies	
	Eficiencia de Perforación			95.00%		
	Eficiencia de Voladura			90.00%		
	Altura de corte			1.264	m	
	Metros cúbicos			40.19	m ³	
	Densidad			2.80	tn/ m ³	
	Tonelaje in-situ			112.5	tn	
11.-	PRECIO POR METRO CUBICO ROTO PUESTO EN TOLVA					
						T/C: 3.2
COSTO		M3		Soles		Dolares
	4,181.4	40.19	S./ M3	104.05	US\$ / M3	32.52
			S./ Tn	37.16	US\$ / Tn	11.61

Figura 22. Cuadro que representa el precio unitario de mineral roto del tajeo.

Fuente: Área de costos mina Candelaria (13).

Según la figura 22 se puede apreciar el costo de 37.16 soles por tonelada puesto en la tolva americana que se encuentra al centro del block del tajeo como se muestra en la figura 21. Para este precio unitario se consideró los siguientes elementos de cálculo:

- Mano de obra.
- Implementos de seguridad.
- Maquina jack leg y el winche.
- Barrenos y accesorios.
- Herramientas.
- Explosivos y sus respectivos accesorios.
- Un índice de seguridad.
- Imprevistos.

Las características del block son una potencia de 1.00 metros, una longitud de 30 metros, un burden de 0.33 metros y la malla de perforación triangular (dos - uno) intercalado. Se debe tener en cuenta la inclinación de la perforación debe estar entre los 75 a 85 grados cumpliendo los parámetros de paralelismo y granulometría.

- Extracción de mineral del tajeo

Mineral Explotado 31-08-18											
NIVEL	VETA	FASE	Labor	METODO EXPLOTACION	long.	h	a	M3	DENSIDAD	MATERIAL	MINERAL TN.
600	STO. TORIBIO	EXPLOTACION	TJ_767_SW	C/R	29.79	1.84	1.21	66.32	2.80	Mineral	155.80
600	STO. TORIBIO	EXPLOTACION	TJ_767_NE	C/R	30.87	2.10	1.09	70.66	2.80	Mineral	197.85
500	TARAZCA	EXPLOTACION	TJ_535_SW	C/R	12.90	3.74	0.68	32.81	2.80	Mineral	79.86
440	TARAZCA	EXPLOTACION	TJ_445_NE	C/R	25.70	4.44	1.00	114.11	2.80	Mineral	319.50
440	TARAZCA	EXPLOTACION	TJ_410_NE	Shrinkage	28.93	5.88	0.83	141.19	2.80	Mineral	382.09
400	TARAZCA	EXPLOTACION	TJ_630	C/R	24.70	5.00	0.80	98.80	2.80	Mineral	276.64
400	STA. ROSA	EXPLOTACION	TJ_075_SW	Shrinkage	12.93	2.86	1.09	40.31	2.80	Mineral	112.86
								Total	564.20		1368.81

Figura 23. Cuadro que representa el mineral por tajeos puesto en cancha

Fuente: Área de geología mina Candelaria (14).

Según la información recopilada del centro de investigación se presentan los siguientes datos de producción en tonelaje de mineral, logrando un acumulado de 319.5 toneladas. El resultado de geología indica que este mineral fue explotado en 4.44 metros de altura, que representa 2.96 cortes horizontales del tajeo. Teniendo así una longitud de 25.70 metros, resultado de la medición topográfica del mes.

4.1.4. Método de explotación “shrinkage”

El método usado para la explotación del tajeo tipo “shrinkage”, es el método convencional.

- Ciclo de minado
 - a) Enmaderado y sostenimiento

Se colocó puntales en los accesos al tajeo y se realizaron trabajos de madera de ser necesario.

b) Perforación

La perforación se realizó con maquina jacklegt de tipo boar long year con barras de 1 metro de longitud y un juego de barrenos de 2.4 y 6 pies, a una presión de 65 PSI, para una eficiente perforación, la acumulación de taladros consistió en perforar con una inclinación de 85 grados en dirección a la cara libre o llamado sloot, este se encontró en dirección del *ore pass*, entonces la acumulación se empezó por el sloot y se terminó en las chimeneas de acceso y se logró que en el siguiente corte la delimitación del block no varíe ni sufra alteraciones que podrían generar retrasos operativos en la actividad.

c) Voladura

En esta etapa del ciclo se consideró primeramente los accesos para el tajeo y se realizó un pequeño trabajo de enmaderado para cubrir las chimeneas de acceso del mineral roto. En la voladura se usó el anfo, se cargó los taladros con una pistola neumática que inyecta al anfo a cada taladro y de esta manera finalizar con la detonación. En la explotación no controló la dilución ya que el piso para el siguiente corte fue el mismo mineral roto.

d) Jale de mineral (extracción)

Se tuvo el mineral en el tajeo y para realizar el siguiente corte de mineral fue necesario tener una altura de 2.20 - 2.40 metros para realizar una perforación eficiente a lo largo del tajeo, se realizó el jale o extracción de mineral. El perforista y ayudante empampillaron primeramente el piso del tajeo, al tener este piso nivelado la perforación obtuvo mejores resultados de paralelismo, mayor velocidad de perforación y al tener la labor en orden se baja el índice de accidentabilidad del tajeo.

- Seguridad en la operación

Se colocó una soga de nylon de 18 metros de longitud toda el ala que se explotará, asimismo el perforista y su ayudante usaron obligatoriamente un arnés y línea de vida al momento de realizar los trabajos correspondientes.

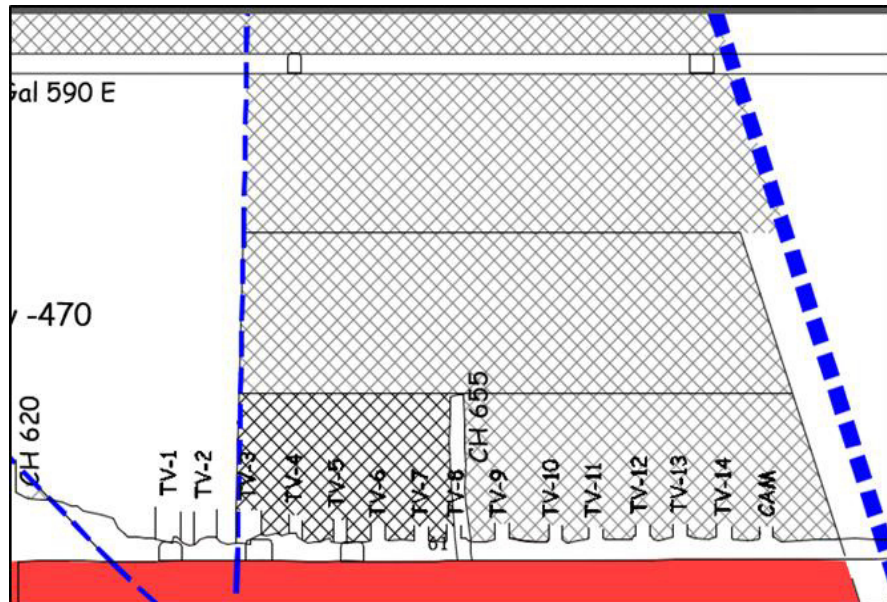


Figura 24. Preparación de tolvas para el “shrinkage”.

Fuente: Plano geológico mina Candelaria (12).

La figura 24 muestra la preparación de tolvas para la extracción de mineral por el método de “shrinkage”. Uno de los parámetros más importantes es tener buena estabilidad del macizo tanto en caja techo como en la caja piso y una estructura de mineral definida para tajar. En este método no se puede controlar la dilución, mineral que se rompe, mineral que queda como piso de perforación. En la mina Candelaria se logró explotar con el método “shrinkage” por la formación y estructura de caja y mineral logrando tener velocidad en el ciclo de minado, me refiero a realizar más cortes de mineral con respecto al “cut and fill”, sin embargo, la formación geológica hizo que paralicemos la explotación cuando ya se estaba en el tercer corte. La estructura de mineral prácticamente se perdió llegando a tomar una decisión de paralizar el tajeo.

La persistencia de seguir explotando llevó a realizar un corte más de mineral logrando encontrar así a la veta con la potencia y la ley que se esperaba, teniendo antecedentes que esta veta tiene la tendencia de reducirse y abrirse entonces se logró explotar este mineral con un desvío, que se tuvo baja ley del tajo ya que la dilución fue muy alta.

- Costo de la operación por el método “shrinkage”

CONGEMIN JH SAC UNIDAD CHANCA CAJATAMBO				
PRECIO POR M3 DE MINERAL EXPLOTADO CON METODO SHRINKAGE (LONGITUD DE ALA 30 m. (>=0.80 m))				
Longitud		28.9	m	
Potencia		0.8	m	
Burden malla 2x1		0.45	m	
Taladros		101.00		
Longitud de taladros		6.00	pies	
Eficiencia de Perforación		95.00%		
Eficiencia de Voladura		90.00%		
Altura de corte		1.50	m	
Metros cubicos		36.41	m ³	
Densidad		2.80	tm/ m ³	
Tonelaje in-situ		101.96	tm	
II.- PRECIO POR METRO CUBICO ROTO				
T/C: 3.2				
		M3	Soles	Dolares
2,806.06 /		36.41	S/ / M3	77.06
			US\$ / M3	24.08
			S/ / Tn	27.52
			US\$ / Tn	8.60

Figura 25. Cuadro que representa el precio unitario de mineral roto del tajeo

Fuente: Área de costos mina Candelaria (13).

Se puede apreciar el costo de S/ 27.52 por tonelada. Para el precio unitario. se consideró los siguientes elementos de cálculo:

- Mano de obra.
- Implementos de seguridad.
- Maquina jack leg y el winche.
- Barrenos y accesorios.
- Herramientas.
- Explosivos y sus respectivos accesorios.
- Un índice de seguridad.
- Imprevistos.

Las características del block son una potencia de 0.83 metros una longitud de 30 metros, un burden de 0.45 metros y la malla de perforación triangular dos - uno. Se debe tener en cuenta la inclinación de la perforación debe estar entre los 75 a 85 grados cumpliendo los parámetros de paralelismo y granulometría.

- Extracción de mineral del tajeo

Mineral Explotado 31-08-18											
NIVEL	VETA	FASE	Labor	METODO EXPLORACION	long.	h	a	M3	DENSIDAD	MATERIAL	MINERAL TN.
600	STO. TORIBIO	EXPLORACION	TJ_767 SW	C/R	29.79	1.84	1.21	66.32	2.80	Mineral	155.80
600	STO. TORIBIO	EXPLORACION	TJ_767 NE	C/R	30.87	2.10	1.09	70.66	2.80	Mineral	197.85
500	TARAZCA	EXPLORACION	TJ_535_SW	C/R	12.90	3.74	0.68	32.81	2.80	Mineral	79.86
440	TARAZCA	EXPLORACION	TJ_445_NE	C/R	25.70	4.44	1.00	114.11	2.80	Mineral	319.50
440	TARAZCA	EXPLORACION	TJ_410_NE	Shrinkage	28.93	5.88	0.83	141.19	2.80	Mineral	382.09
400	TARAZCA	EXPLORACION	TJ_630	C/R	24.70	5.00	0.80	98.80	2.80	Mineral	276.64
400	STA. ROSA	EXPLORACION	TJ_075_SW	Shrinkage	12.93	2.86	1.09	40.31	2.80	Mineral	112.86
								Total	564.20		1368.81

Figura 26. Cuadro que representa el mineral por tajeos puesto en cancha.

Fuente: Área de geología mina Candelaria (14).

Según la información recopilada del centro de investigación se presentan los siguientes datos de producción en tonelaje de mineral, logrando un acumulado de 382.09 toneladas. El área de geología nos indica que la explotación alcanzó una altura de 5.88 metros, representado S/ 3.92 cortes horizontales del tajeo teniendo una longitud de 28.93 metros, resultado de la medición topográfica del mes.

4.1.5. “Cut and fill” y “shrinkage” como métodos alternativos

El método usado para la explotación es un método alternativo con los principios del corte y relleno (“cut and fill”) combinado con el “shrinkage”. En una operación minera de manera convencional.

- Diseño del tajeo como método alternativo

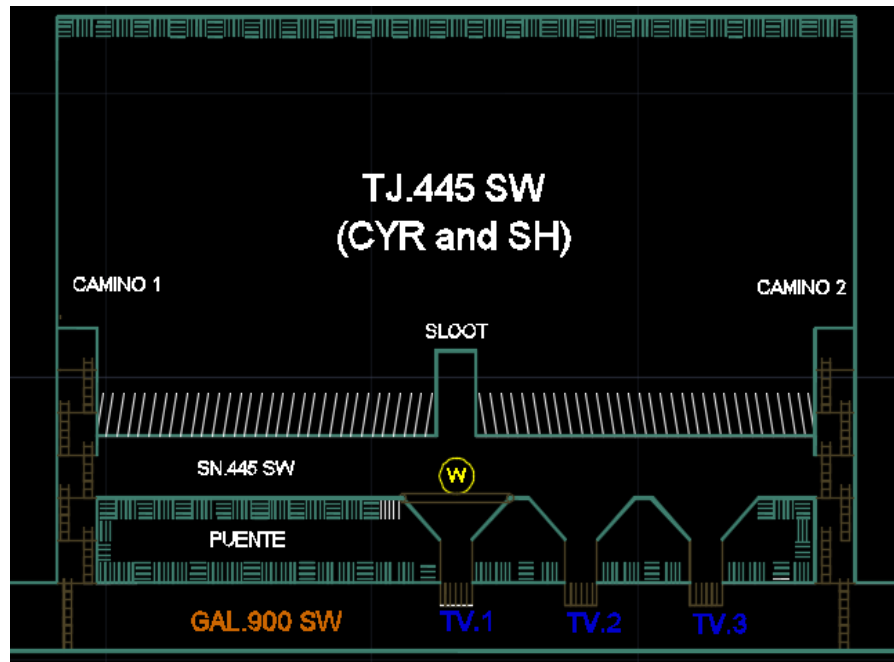


Figura 27. Diseño del tajeo “cut and fill” y “shrinkage”.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 27 se visualiza el método planteado. Las construcciones de las tolvas fueron de tipo americanas, el ancho de la jeta es de 0.90 metros tienen un diseño del tipo cono, para evitar el campaneo del mineral una vez tajeado todo el block delimitado. Se tienen dos accesos para el laboreo dejando un puente de seguridad de 3 metros de ancho, la acumulación de taladros de producción será en sentido a nuestra cara libre como se muestra en la figura. La dificultad del tajeo y como se puede observar no tiene cabeza, se tal manera se plantea esta alternativa.

En la figura anterior se presenta el diagrama de Gantt del ciclo de minado que se aplicó para tajar el mineral por la alternativa propuesta de investigación, la propuesta se realizó del 01 al 31 de setiembre en la mina Candelaria, información recopilada del área de planeamiento.

- Ciclo de minado

- a) Perforación y voladura:

La perforación se realizó con maquina jack legt de tipo boar long year con barras de 1 metros de longitud, un juego de barrenos de 2.4 y 6 pies, la inclinación de la perforación será de 80 grados respecto a la cara libre, en dirección al buzamiento a una presión de 65 PSI, es recomendable ciclar ambas alas del tajeo para tener mayor eficiencia en la explotación. Primeramente, se realizó la voladura que corresponde al corte y relleno desde el límite del block esto incluye el corte de mineral desde el camino hasta el sloot que se encuentra a la mitad del tajeo.

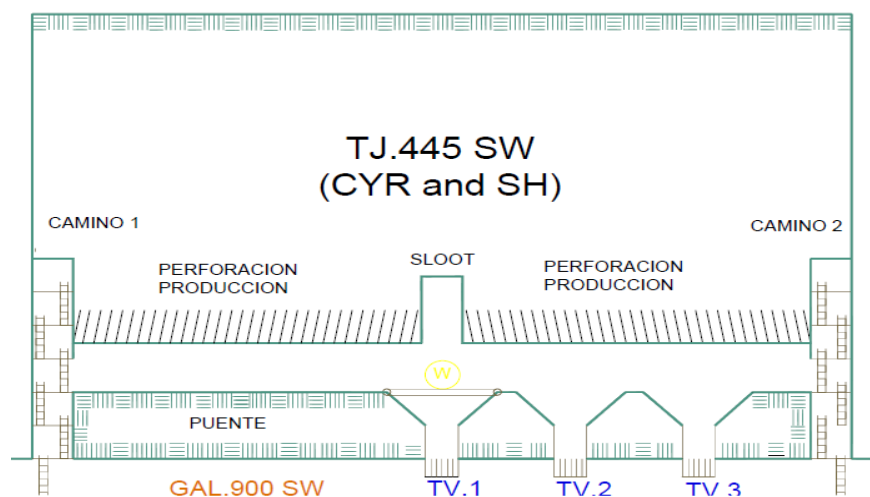


Figura 29. Ciclo perforación y voladura.

Fuente: elaboración propia.

- b) Limpieza de mineral:

Cuando se tuvo el mineral en el tajeo se instaló el winche eléctrico y al centro del *ore pass* se instalaron puntales a presión a lo largo del tajeo para facilitar al cable del winche sea sujetado por las rondanas y se logró el desplazamiento de la cuchara de arrastre. Para esta etapa se usaron winches de 20 HP, que lograron evacuar el mineral hacia la tolva tipo americana tolva 1 (ver la figura 27), solamente se realizó el jale diario ya que esta tolva está diseñada para el “cut and fill”.

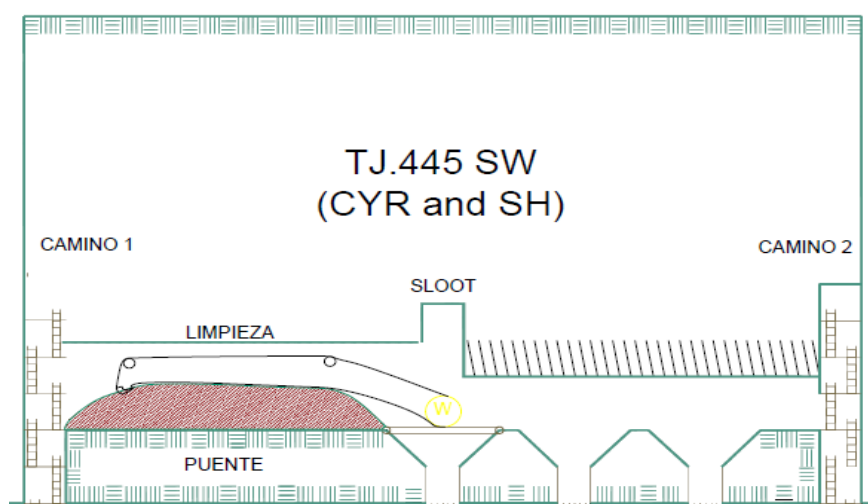


Figura 30. Ciclo limpieza de mineral.

Fuente: elaboración propia.

c) Perforación y voladura para relleno detrítico

Conociendo la geología particular de esta mina se realizó la perforación y voladura en realce de aquel tramo que contenga una veta de potencia en promedio de 5 a 10 centímetros, se validó la operación por el área de geología debido a que con el muestreo correspondiente se logró tomar la decisión de la longitud a disparar, se empleó este material de baja ley como el relleno detrítico del tajeo.

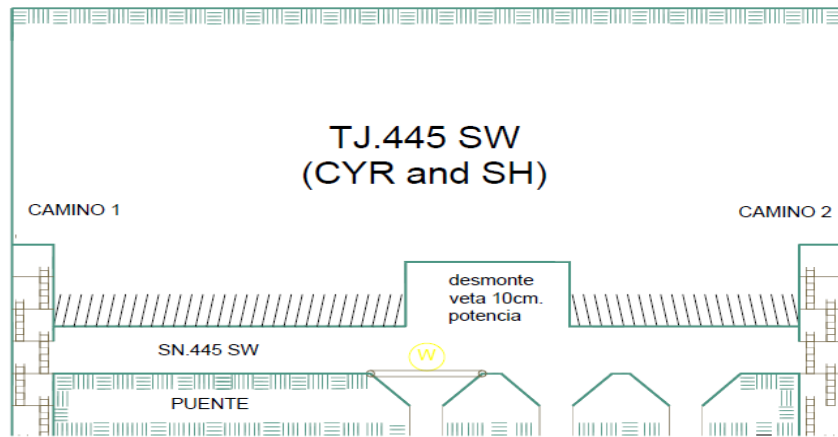


Figura 31. Ciclo relleno detrítico

Fuente: elaboración propia.

d) Empampillado (nivelación de piso del tajeo)

Esta etapa corresponde a los trabajos que se realizó con el winche de arrastre. Se instaló el winche en el camino 1 (ver figura 24), en esta ubicación se jaló todo el material que sirve de relleno para el tramo del “cut and fill”.

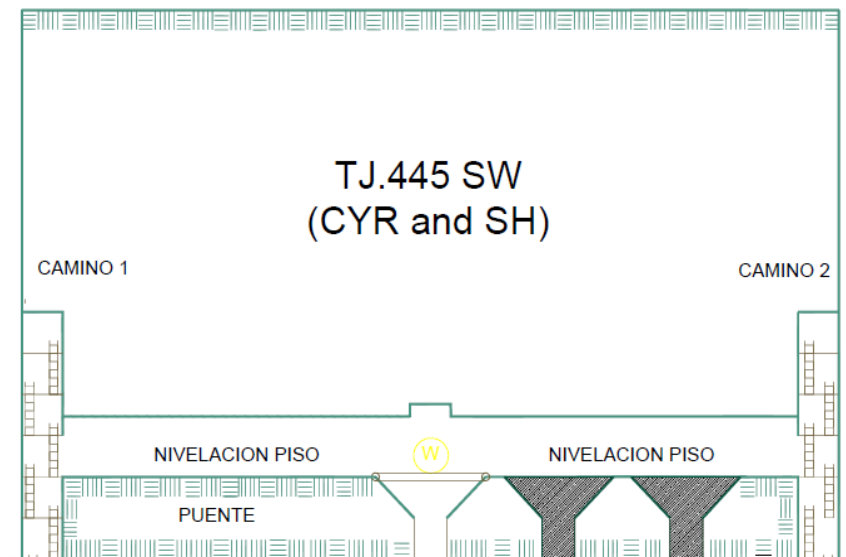


Figura 32. Ciclo nivelación de piso.

Fuente: elaboración propia.

e) Enmaderado

El trabajo de madera corresponde solamente a la tolva N° 1 (ver figura 27), las siguientes tolvas tuvieron al mineral por encima de ellos. Los accesos tanto el camino N° 1 como el N° 2 se colocará puntales de 5 pulgadas de diámetro, para delimitar el camino del propio tajeo, así como el enrejado para continuar tajeando, la longitud del puntal está en función del ancho de minado, estos puntales son colocados a presión en los hastiales de la estructura.

La altura en la que se colocará las patillas del puntal están en función a la altura del tajeo ya que primeramente se prioriza que el techo de la labor deberá estar entre 2.20 y 2.40 metros respecto al piso. El enmaderado en la tolva de igual manera está en función al techo de la labor, esta tiene que estar lo más horizontal posible, los puntales son 7 pulgadas de diámetro y se realiza el corte en sección longitudinal de puntales para realizar el enrejado de la tolva y los dos caminos de esta manera se hizo la preparación del enmaderado para un siguiente corte de mineral.

El enmaderado en la tolva de igual manera está en función al techo de la labor, esta tiene que estar lo más horizontal posible, los puntales son 7 pulgadas de diámetro y se realiza el corte en sección longitudinal de puntales para realizar el enrejado de la tolva y los dos caminos de esta manera se hizo la preparación del enmaderado para un siguiente corte de mineral.

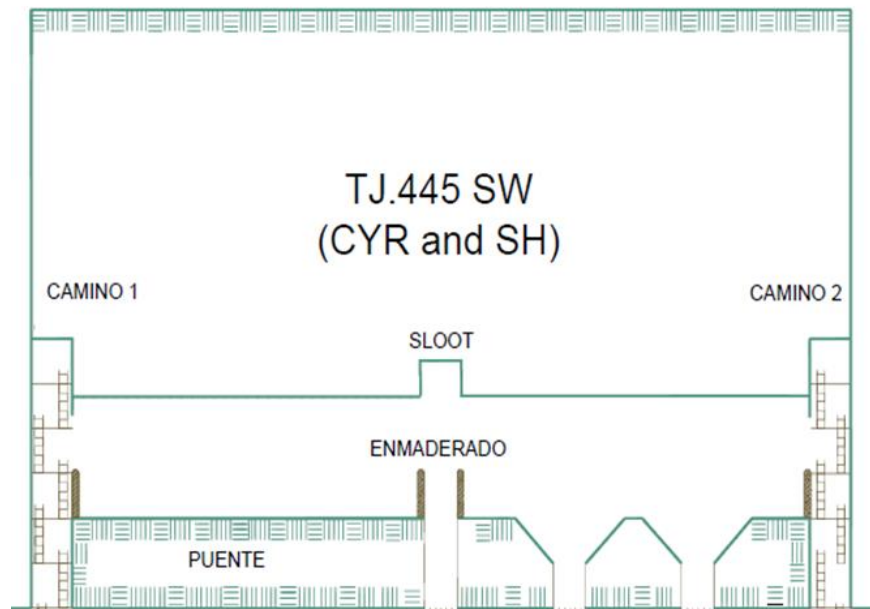


Figura 33. Ciclo enmaderado del tajo.

Fuente: elaboración propia.

f) Perforación y voladura

Para culminar con el ciclo se realizó la perforación y voladura estando este mineral en el área del “shrinkage”. Se disparó este mineral y se dejó acumulado en el área, que se utilizó como piso para el siguiente corte, si la altura de corte es muy baja se procede a evacuar el mineral por la tolva en la galería principal. Manteniendo siempre una altura adecuada sección de labor y respetando el diseño me refiero a la longitud que comprende el tajeo.

- Costo de la operación “cut and fill” y “shrinkage”:

CONGEMIN JH SAC UNIDAD CHANCA CAJATAMBO PRECIO POR M3 DE MINERAL EXPLOTADO CON CORTE Y RELLENO y SHRINKAGE PARA LABORES DE EXPLOTACION CON WINCHE (LONGITUD DE ALA 30m. (>=1.00 m)) LONGITUD DE PERFORACION 6'						
09.-	TOTAL PRECIO POR DISPARO Total del lal 10					3,820.54
10.-	CARACTERISTICAS DEL TAJEO					
	Longitud			30.00	m	
	Potencia			0.90	m	
	Burden (Malla 2 x 1 , 1m-->3)			0.40	m	
	Taladros Mineral			112		
	Longitud de taladros			6.00	pies	
	Eficiencia de Perforación			95.00%		
	Eficiencia de Voladura			90.00%		
	Altura de corte			1.500		
	Metros cubicos			40.50	m ³	
	Densidad			2.80	tm/ m ³	
	Tonelaje in-situ			113.4	tm	
11.-	PRECIO POR METRO DE MINERAL.					
						T/C: 3.2
COSTO		M3		Soles		Dolares
	3,820.5	40.50	S/ / M3	94.33	US\$ / M3	29.48
			S/ / Tn	33.69	US\$ / Tn	10.53

Figura 34. Cuadro que representa el precio unitario de mineral roto del tajeo.

Fuente: Área de costos mina Candelaria (14).

Según la figura 34 se puede apreciar el costo de 33.69 soles por tonelada puesto en la tolva americana, que servirá como aporte del tajeo mientras otra parte del mineral estará almacenado. Para este precio unitario se consideró los siguientes elementos de cálculo:

- Mano de obra.
- Implementos de seguridad.
- Maquina jack leg y el winche.
- Barrenos y accesorios.
- Herramientas.
- Explosivos y sus respectivos accesorios.
- Un índice de seguridad.
- Imprevistos.

Las características del block son una potencia de 0.90 metros, una longitud de 30 metros, un burden de 0.40 metros y la malla de perforación triangular (dos - uno) intercalado. Se debe tener en cuenta la inclinación de la perforación debe estar entre los 75 a 85 grados cumpliendo los parámetros de paralelismo y granulometría.

ITEM	NIVEL	VETA	FASE	METODO	LABOR	BLOCK	SECCION	LONG.	N° CORTES	M3	TN	LEY				
												Ag	Au	Pb	Zn	
									1.4							
1	660	Santo Toribio	Explotacion	Corte y relleno	TJ.767 NE	12	0.7	30	8	235.20	658.56	9.467	0.132	1.366	2.547	16.18
2	660	Santo Toribio	Explotacion	Corte y relleno	TJ.767 SW	11	1.1	30	7	323.40	905.52	10.081	0.146	1.975	1.632	15.94
3	660	Santo Toribio	Explotacion	Corte y relleno	TJ.551 NE	14	0.9	30	6	226.8	635.04	8.496	0.119	1.969	0.715	12.63
4	500	Tarazca	Explotacion	Corte y Relleno	TJ.535 SW	120	0.7	30	7	205.8	576.24	12.168	0.248	1.796	1.280	17.12
5	440	Tarazca	Explotacion	CyR - shrinkage	TJ.445 SW	8	0.9	30	6	226.8	635	12.687	0.686	0.709	0.107	13.89
6	660	Santa Rosa	Explotacion	Corte y Relleno	TJ.075 NE	1	1	30	5	210	588	12.09	0.784	1.209	1.470	16.56
PROGRAMA MENSUAL DE PRODUCCION - SEPTIEMBRE 2018									39	1428.00	3998.40	10.74	0.33	1.53	1.32	15.39
PROGRAMA MENSUAL DE PRODUCCION TOTAL - SEPTIEMBRE 2018											3998.4	10.208	0.537	1.084	1.029	13.67

Figura 35. Cuadro que representa el programa de producción mensual del tajeo 445 SW.

Fuente: Área de planeamiento mina Candelaria (15)

Para la combinación del método que se planteó se tiene una veta favorable de 0.90 metros de potencia, con una longitud de tajeo de 30 metros, con el ciclo de minado se determinó que la explotación se realizó 6 cortes un mes como indica el diagrama de Gantt, teniendo de esta manera 226.8 metros cúbicos que representa 635 toneladas de mineral. Según el área de geología y por antecedentes de la veta Tarazca se programa una ley equivalente de plata de 13.89 onzas por tonelada. La ley estimada es ligeramente alta para su explotación el ciclo de minado nos indica un avance favorable ya que su proyección es de 6 cortes, de esta manera se produjo mayor mineral, respecto a la dilución se controló en la zona donde la veta tenga algún estrangulamiento, de esta manera se aprovechó como relleno detrítico.

4.1.6. Análisis costo beneficio del mineral

Para tener un panorama más claro de la alternativa que se plantea se detalla a continuación un análisis de costos por los dos métodos usados en mina Candalaria, así como determinar la rentabilidad como tajeo del método alternativo para este tipo de estructura que tiene un comportamiento particular de mineral.

- Costo por tonelada del mineral

Tabla 09. *Costo del mineral.*

Método explotación	Tonelaje (t)	Costo precio unitario (S/ y tonelaje)	Costo total en soles (S/)
"Cut and fill"	319.50	S/ 37.16	S/ 11 872.62
"Shrinkage"	382.09	S/ 27.52	S/ 10 515.12
"Cut and fill" y "shrinkage"	635	S/ 33.69	S/ 21 393.15

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el costo por los métodos de explotación y el método alternativo que se propone como investigación. Las relaciones de los costos son directamente proporcionales al tonelaje de mineral. Para la combinación de los métodos se tiene un costo de explotación de mineral de S/ 21 393.15, a diferencia de los métodos ya conocidos este se eleva por tener mayor tonelaje de mineral sumándole a ello que el block del tajeo es de 30 metros de longitud, siendo este mayor en comparación a los otros dos métodos.

- Beneficio por tonelada de mineral

Tabla 10. *Costo benéfico por tonelada de mineral.*

Método explotación	Tonelaje (t)	Valor el mineral	Ganancia / beneficio
"cut and fill"	319.50	S/ 196.36	S/ 200 759.02
"shrinkage"	382.09	S/ 180.03	S/ 220 125.06
"cut and fill" y "shrinkage"	635	S/ 229.89	S/ 467 141.62

Fuente: elaboración propia.

Con la combinación de los métodos se logró una ganancia de mineral de S/ 467 141.62, se colocó muy por encima de los métodos conocidos.

4.2. Análisis del costo beneficio del tajeo (CBT)

Se detalla a continuación cuales son las ganancias por el método de explotación de la propuesta comparándolo con los métodos "cut and fill" y "shrinkage". Para ello se consideró los precios de los metales con los que se realizó las corridas de valorización de los métodos de explotación ya conocidos. De esta manera con las leyes equivalentes en plata se obtuvo la cantidad en soles de ganancia del tajeo, cabe resaltar que se consideró el valor como tajeo ya que el valor de comercialización será una vez realizado el transporte y el tratamiento de mineral en planta concentradora.

4.2.1. Costo beneficio del tajeo por método de explotación

Se presenta a continuación las leyes con las que se valorizó el tajeo y los precios de los metales con que se trabajó. se considera los precios unitarios de preparación como tajeo para tener un dato exacto de cuánto cuesta una tonelada de mineral puesto en cancha. Incluye preparación de las chimeneas, armado de tolvas americanas, preparación del sub nivel de ataque y extracción del mineral a la cancha de almacenamiento mediante locomotora a batería.

Tabla 11. *Leyes y precios de valorización.*

Leyes		
	Eq. Ley (onzas/ tonelaje)	Precio metal (soles)
Corte y relleno	11.87	S/ 196.36
Shrinkage	9.54	S/ 157.84
Nuevo método	13.89	S/ 229.89
Precio de los metales		
Ag	US\$ 16.55	US\$ Onz
Pb	US\$ 2.351.75	US\$ TM
Zn	US\$ 3.096.94	US\$ TM
Au	US\$ 1.314.44	US\$ Onz

Fuente: elaboración propia.

Se presentan los precios unitarios de los trabajos previos a la explotación del mineral del tajeo y la extracción de mineral con locomotora, calculado en el área de costos de mina Candelaria.

4.2.2. Resultado del análisis costo beneficio del tajeo

Tabla 12. *Análisis costo beneficio del tajeo.*

Método explotación	Costo total (soles)	Ganancia (soles)	Performance del taje (soles)
"Cut and fill"	S/ 34 166.98	S/ 200 759.02	S/ 166 592.04
"Shrinkage"	S/ 47 199.28	S/ 220 125.06	S/ 172 925.78
"Cut and fill" y "shrinkage"	S/ 54 933.00	S/ 467 141.62	S/ 412 508.92

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11 se muestra la comparación del costo beneficio, así como el performance de ganancia del tajeo por el método de explotación usado en mina Candelaria. En la fila número 3 se encuentra la variable de investigación, haciendo la proyección se generaría una utilidad muy por encima del “shrinkage” que representaría como valor de tajeo de S/ 172 925.78 versus un valor de tajeo de la combinación del “cut and fill” y “shrinkage” de S/ 412 208.62.



Figura 36. Análisis costo beneficio del tajeo.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 36 se logra ver el performance de la ganancia como tajeo. Tiene una tendencia positiva en relación al “cut and fill” y “shrinkage”.

4.3. Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos por los análisis presentados tendrán lugar para una respuesta más clara de los problemas presentados a un inicio del estudio, para ello se dará respuesta empezando por los problemas específicos y terminando en el problema general de la investigación.

La respuesta a la interrogante, ¿Ante la dilución de mineral, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” aumentará la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.?

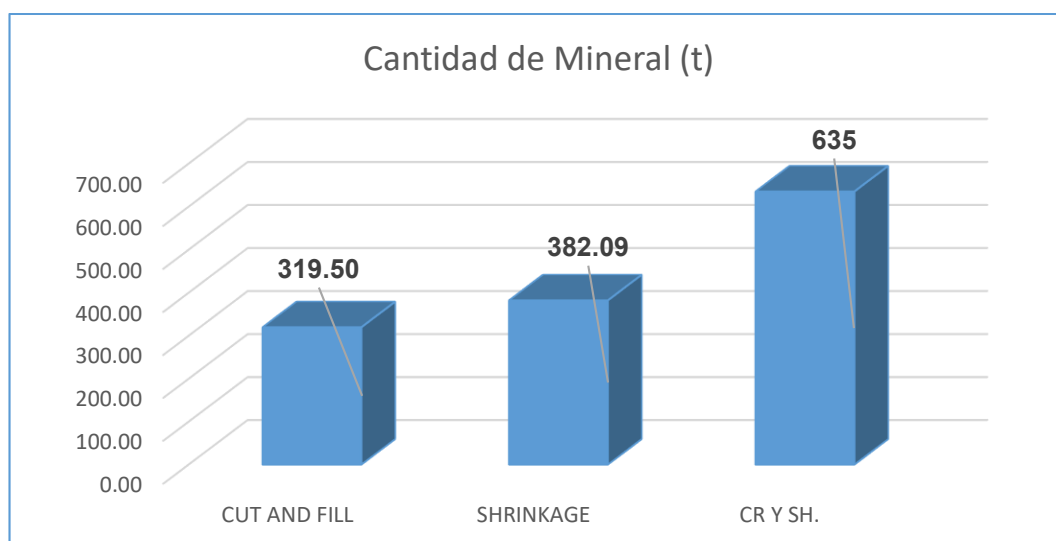


Figura 37. Comparación de la cantidad de mineral en toneladas.

Fuente: elaboración propia

En la combinación de los métodos “cut and fill” y “shrinkage” se logró una cantidad de 635 toneladas, realizando un versus esta alternativa es 98.74 % mayor cantidad de mineral respecto al método “cut and fill”. La alternativa que se presenta en comparación con el método de “shrinkage” representa un 66.19 % mayor tonelaje de mineral. Los factores principales para el aumento del tonelaje fueron: el ciclo de minado, en el método “cut and fill” se realizaron 2.96 cortes del tajeo, en el método del “shrinkage” se realizó 3.92 cortes de mineral del tajeo. El relleno del realce es más barato que relleno de un “hueco de perro” de esta manera se redujo el costo del mineral. Mientras el nuevo método esta programado 6 cortes de mineral, se diseñó un block de 30 metros de longitud, sin embargo los métodos ya conocidos

no alcanzaron la longitud de 30 metros, esto indica la diferencia de tonelaje, se resalta la potencia de veta que genera mayor volumen en los resultados. La combinación de estos metodos influye de manera positiva en la cantidad de mineral explotado en los tajeos de la mina candelaria.

El análisis costo beneficio es un trabajo fundamental para realizar las operaciones en una mina ya que se detalla de manera organizada los costos de un determinado trabajo y la ganancia que logra generar. Otro de los problemas que se presentó fue ¿Frente a un relleno que se dispara en realce los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” aumentará la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.? Para dar respuesta a nuestro problema específico, se realizó la comparación de la rentabilidad o ganancia que genera al explotar por el método de investigación versus el “cut and fill” y versus el “shrinkage stoping”.

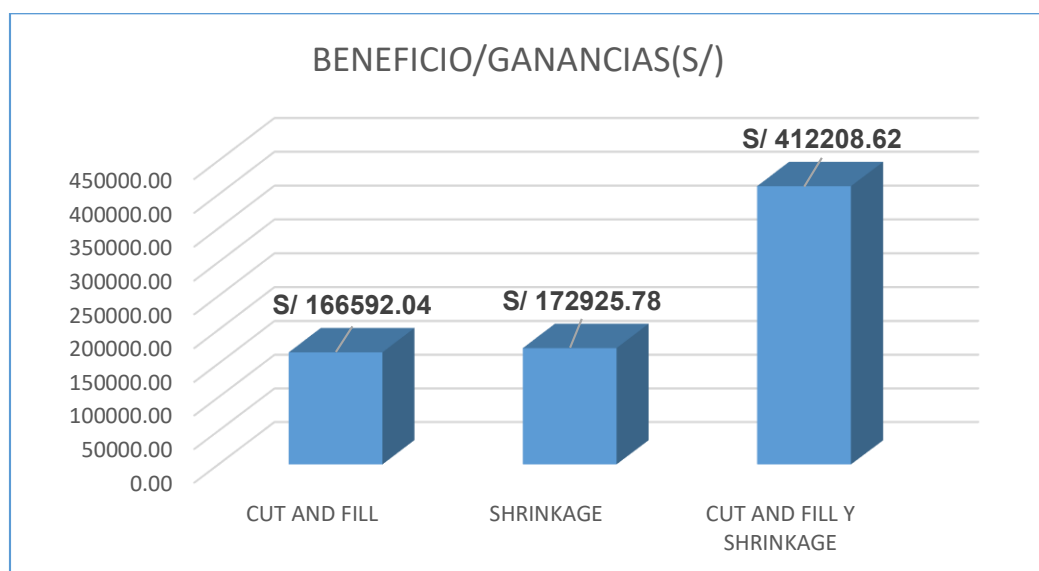


Figura 36. Rentabilidad del tajeo.

Fuente: elaboración propia.

La combinación de los metodos cut and fill y shrinkage expresó un valor de tajeo de S/ 41 2208.62, mientras el “shrinkage” obtuvo un valor de tajeo de S/ 172 925.78 soles, de igual manera el “cut and fill” expresó una valor de tajeo de S/ 66 592.04 soles. La alternativa de tajeo de esta veta Tarazca que se plantea, representa una ganancia del 147.44 % más respecto a la ganancia que generó el método de “cut and fill”.

Respecto al método de “shrinkage” la alternativa de solución representó un 138.37 % mayor ganancia como tajeo de explotación, de esta manera fue muy rentable realizar esta estrategia para la explotación de un block de mineral que tiene como formación geológica un tipo de estructura particular, presentando valores de leyes muy favorables para su explotación, de esta manera operativamente se logró dar solución para generar mayor rentabilidad económica en el negocio minero. Se usó la dinamita como fuente explosiva ya que emana menor cantidad de gases en comparación al uso del anfo así en el tajeo se evitó retrasos en la ventilación y de esta manera se aprovechó ese tiempo en realizar orden y limpieza del tajeo, realizar trabajos de servicios, trabajos de madera, entre otros, este tiempo considerable fue aprovechado por el líder de la labor conjuntamente con el supervisor de operación para realizar trabajos de mejora continua. El problema general que presenta la investigación es ¿Frente a la dilución del mineral la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” mejorará la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.?

Para determinar de qué manera influye se detalla en los problemas específicos las mejoras que se logran con esta alternativa. Los trabajos con winche para realizar el traslado del relleno y limpieza del mineral forma parte principal en el laboreo del tajeo, el diseño del block a explotar tiene esta combinación para poder rellenar el tajeo con los tramos de mineral que geología indique que no es rentable. El diseño de block fue topográficamente marcado para evitar desviaciones en la construcción de las tolvas y caminos de acceso así tendremos un tajeo de 30 metros de longitud como se plantea en la investigación. La rentabilidad económica fue muy favorable ya que la dilución de mineral fue mínima en comparación a una explotación con “shrinkage stoping”.

CONCLUSIONES

1. La combinación de los métodos “cut and fill” y “shrinkage stoping” genera como alternativa mayor eficiencia mejorando la calidad de mineral ante una selectividad del tajeo, de esta manera se aprovecha la productividad del tajeo en 66.19 % donde el ciclo de minado se vuelve más versátil, dinámico, veloz y de manera tal que operativamente se adapta a los objetivos que se requiere, como la producción de mineral de calidad.
2. Con el método presentado se determinó que la cantidad de mineral es un 98.74 % más frente a un “cut and fill”. De tal manera nos indica que hay mayor eficiencia en la explotación y una ley de mineral estable, generando un valor de mineral muy atractivo, de esta manera se logra volver selectivo a un tajeo de “shrinkage stoping” “obteniendo una alternativa segura para el tipo de yacimiento o similares con estructuras de mineral característicos del presente estudio.
3. Para determinar la rentabilidad se analizó los costos y las ganancias de los tres tajeos concluyendo que el nuevo método es 147.44 % más rentable frente al “cut and fill” y 138.37 % más rentable frente al “shrinkage”. Esta alternativa indica que lo planteado nos genera mayor rentabilidad y confianza al explotar un tajeo de características particulares presentados en la tesis.
4. Planear y ejecutar un ciclo de minado de acuerdo a las características de nuestros tajeos es fundamental para lograr los objetivos, optimizar los tiempos en las operaciones es sinónimo de dinero y ganancias, el ciclo de minado está en función del diseño, geología y método, siendo base principal para lograr una rentabilidad económica segura.
5. La explotación del tajeo se iniciará por la zona del “cut and fill” de esta manera al rellenar el tajeo se realizará con la zona del “shrinkage” así se optimizará el relleno para continuar con los trabajos de explotación.
6. El ciclo de minado para esta combinación comprende:
 - a) Perforación y voladura.
 - b) Limpieza.
 - c) P/V relleno detrítico.
 - d) Empampillado (nivelación de piso del tajeo).
 - e) Trabajos de madera.
 - f) Perforación y voladura.

La combinación de estos métodos nos da luz para probar más alternativas de solución ante características singulares de un yacimiento, así lograremos conseguir el tonelaje de mineral programado.

RECOMENDACIONES

1. Para la aplicación de esta combinación de métodos se recomienda realizar la evaluación de la veta como la potencia, ley y estructura estable, para conseguir mayor productividad al explotar un tajeo de mineral. Llevar el control de leyes para determinar la calidad del mineral que se explota, siendo la dilución lo que se afronta. Se logra una productividad del 66.19 % sin embargo se realizar los controles diarios como el muestreo, eficiencia de perforación y voladura, eficiencia de limpieza, etc. etc. para evitar que este porcentaje descienda y nos genere menor eficiencia.
2. Al aumentar el tonelaje de mineral se debe tomar en cuenta: que el ciclo de minado está basado en un programa de producción que representa un aumento al 98.74 % con el nuevo método, se debe cuidar el cumplimiento establecido en las fechas programadas ya que un retraso nos generara menos eficiencia en el minado. Frente a la dilución a la que se está expuesta se debe colocar tablas y yute para evitar la contaminación, porque se requiere un mineral de calidad, en cuanto al relleno y empampillado (nivelación de piso) del tajeo se realiza de manera más eficiente con los winches eléctricos, se recomienda realizar el relleno detrítico de manera rápida para lograr el ciclo de minado estimado y de esta manera lograr el tonelaje que se planea extraer del block de mineral.
3. Se recomienda minimizar la dilución porque se quiere un tonelaje con ley equivalente de 13.89 onzas de plata y esta a su vez nos generara un valor de mineral rentable, para ello se propone una explotación en circado de tal forma que en el "cut and fill" nuestra contaminación de mineral se aproxime a 0 % y en "shrinkage" nuestra tendencia sea lo más selectivo posible ya que juntamente con geología determinaremos los valores que son o no rentables en el tramo de 15 metros presentado en tesis.
4. Para un tajeo que solo tiene dos accesos por la parte inferior llámese galería principal o subnivel se requiere un flujo de aire que pueda ventilar el área de trabajo, se recomienda usar dinamita ya que en sus propiedades emana menor cantidad de gases respecto al anfo, de esta manera la ventilación en los tajeos de este tipo será más rápido favoreciendo operativamente a los trabajos que se realizaran para cumplir el ciclo de minado. De esta manera se logra las expectativas de lo programado.

5. Las características estructurales de veta son diferentes en las minas, se recomienda el uso de esta alternativa presentada para así optimizar la productividad de los tajeos, generando mayor economía en la explotación.
6. Las recomendaciones de geología será in situ y de manera constante, para determinar las leyes de mineral y de qué manera será trabajada el tajeo, así facilitará la operación para lograr un mineral de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

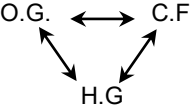
1. VILLANUEVA, M. *Aplicación del Método Avoca, variante del Método de corte y relleno - Método Avoca Mina Huarón*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014.
2. JUSTO, K. y SALDAÑA, M. *Análisis técnico económico de la veta Bomboncito para determinar el método óptimo de minado en la U.E.A. Heraldos Negros, Cia. Minera San Valentín. SA. - Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.
3. AMES, M. y YAURI, J. *Implementación del Método Shrinkage Dinámico Mecanizado para optimizar explotación de tajeos - Sociedad Minera Austria Duvaz SAC*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
4. COOPER, R. *Costo y efecto en explotación minera*. Lima: Gestión, 2000.
5. MOGROVEJO, E. *Estudio Geológico de la Mina Heraldos Negros - Informe interno de la Empresa Minera San Valentín*. Huancayo: 2010. pág. 129.
6. HERNAN, J. y BYRON, H. *Introducción a la Ingeniería de Tuneles*. Quito - Ecuador. : Asociación de Ingenieros de Minas de Ecuador, 2004.
7. JAUREGUI, O. *Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura*. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2009.
8. LEPIN, O. *Exploración y Evaluación Geólogo - Económica de los Yacimientos Minerales de sólidos*. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educacion, 2015. pág. 72.
9. BULLOCK, R y HUSTRULID, W. *Underground Mining Methods*. SME Mining Engineering Handbook. Colorado, United States of American: Society of mining, metallurgy and exploration, 2001. pág. 124. 0-87335-193-2.
10. CONGEMIN. *Informe de caracterización geo mecánica del proyecto de exploración minera Chanca*. Lima: CONGEMIN, 2018.
11. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid - España: Instituto Geológico y minero de España, 1998. pág. 251. 84-505-7007-7.

12. CONGEMIN. *Plano geológico de la mina Candalaria*. Lima: CONGEMIN, 2018.
13. CONGEMIN. *Informe de geología - mina Candalaria*. Lima: CONGEMIN, 2018.
14. CONGEMIN. *Costos de mina Candalaria-informe elaborado por solicitud de gerencia*. Lima: CONGEMIN, 2018.
15. CONGEMIN. *Informe de planeamiento de mina Candalaria*. Lima: CONGEMIN, 2018.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

Título de la Tesis: Combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” y su influencia en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria - U.E.A. Chanca - CONGEMIN JH S.A.C.

I. Problema	ii. Objetivo	iii. Hipótesis	iv. Variables y dimensiones	V. Metodología
<p>Problema general: ¿Frente a la dilución del mineral la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” mejorara la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.?</p> <p>Problemas específicos: A ¿Ante la dilución de mineral, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” aumentara la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.?</p> <p>B. ¿Frente a un relleno que se dispara en realce los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” aumentara la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.?</p>	<p>Objetivo general: Determinar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping”, influye en la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.</p> <p>Objetivos específicos: A. Evaluar y analizar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye en la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.</p> <p>B. Evaluar y analizar que la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping” influye en la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.</p>	<p>Hipótesis general: Siempre, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage stoping”, influye directa y significativamente en un 98% de la productividad del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.</p> <p>Hipótesis específicas: A. Siempre, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkage” influye significativamente en un 95% en la cantidad de mineral del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – U.E.A. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.</p> <p>B. Siempre, la combinación de los métodos de explotación “cut and fill” y “shrinkages” influye significativamente en un 130% de la rentabilidad económica del tajeo 445 SW en la mina Candelaria – UEA. Chanca – CONGEMIN JH S.A.C.</p>	<p>Variable independiente (x): - Métodos de explotación (“Cut and fill” y “shrinkage stoping”).</p> <p>Variable dependiente (y): - Productividad del Tajeo.</p> <p>Dimensiones: - Métodos de explotación (“cut and fill” y “shrinkage stoping”): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostenimiento ▪ Potencia ▪ Ley de mineral ▪ Dilución </p> <p>-Productividad del Tajeo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Productividad del tajeo ▪ Tonelaje de mineral ▪ Cantidad de mineral ▪ Cantidad de desmonte ▪ Rentabilidad del tajeo. </p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada - comparativa - demostrativa</p> <p>Diseño de investigación: Descriptivo - Demostrativo</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD OG[O.G.] <--> CF[C.F.] OG --> HG[H.G.] CF --> HG </pre> </div> <p>Población: Mina Candelaria.</p> <p>Muestra: Tajo 445 SW.</p> <p>Método de investigación: Inductivo – Deductivo. Analítico – Sintético.</p> <p>Método específico: Cuantitativo</p>

Anexo 02. Operacionalización de las variables.

Variable dependiente (y): productividad del tajeo.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores		Valor que adopta la variable
Se define conceptualmente como la relación entre lo producido y los medios empleados tales como la mano de obra, materiales, energía, maquinaria, entre otros. Existiendo factores que inciden en la productividad minera como dilución, leyes, tonelaje, cubos de relleno, paradas de seguridad, entre otros.	Se define operacionalmente como la cantidad de mineral que puede servir a la vez como alimento para un tratamiento posterior, representado por el uso eficiente de recursos – trabajo, capital, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios, con la posibilidad de aumentar la producción a partir del incremento de cualquiera de los factores productivos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Productividad del tajo. ▪ Tonelaje de mineral. ▪ Cantidad de mineral. ▪ Cantidad de desmonte. ▪ Rentabilidad del tajo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se representa como un índice comparativo entre lo que se plantea o quiere versus un acontecimiento que ya se realizó. ▪ Mineral producido en determinado Tajo. ▪ Las toneladas de mineral que se extraen de un tajo. ▪ Los metros cubico de roca que genera un tajo. ▪ El valor del mineral extraído expresado en moneda nacional. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se representa en porcentaje (%). ▪ Se representa en toneladas (t). ▪ Se representa en números acompañados de tonelaje (t) si es mineral o en cubos (m³) si es desmonte. ▪ Se representa en soles (S/).
Técnicas e instrumentos		Procedimientos	Naturaleza	Escala de medición	Forma de medir
<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Observación -Comparación -Revisión Documental <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Computadora -Cámara -AutoCAD, Excel, Word, otros. 		La técnica de comparación se realizó con datos que se registraron, y posteriormente con el nuevo método planteado realizando así un comparativo y determinando que la combinación de estos métodos es realmente efectiva y eficiente en cuanto a la estructura que se presenta en el yacimiento.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variable: Cuantitativa. 	Ordinal.	Directa: numérica.

Variable independiente (x): Método de explotación (“cut and fill” y “shrinkage stoping”).

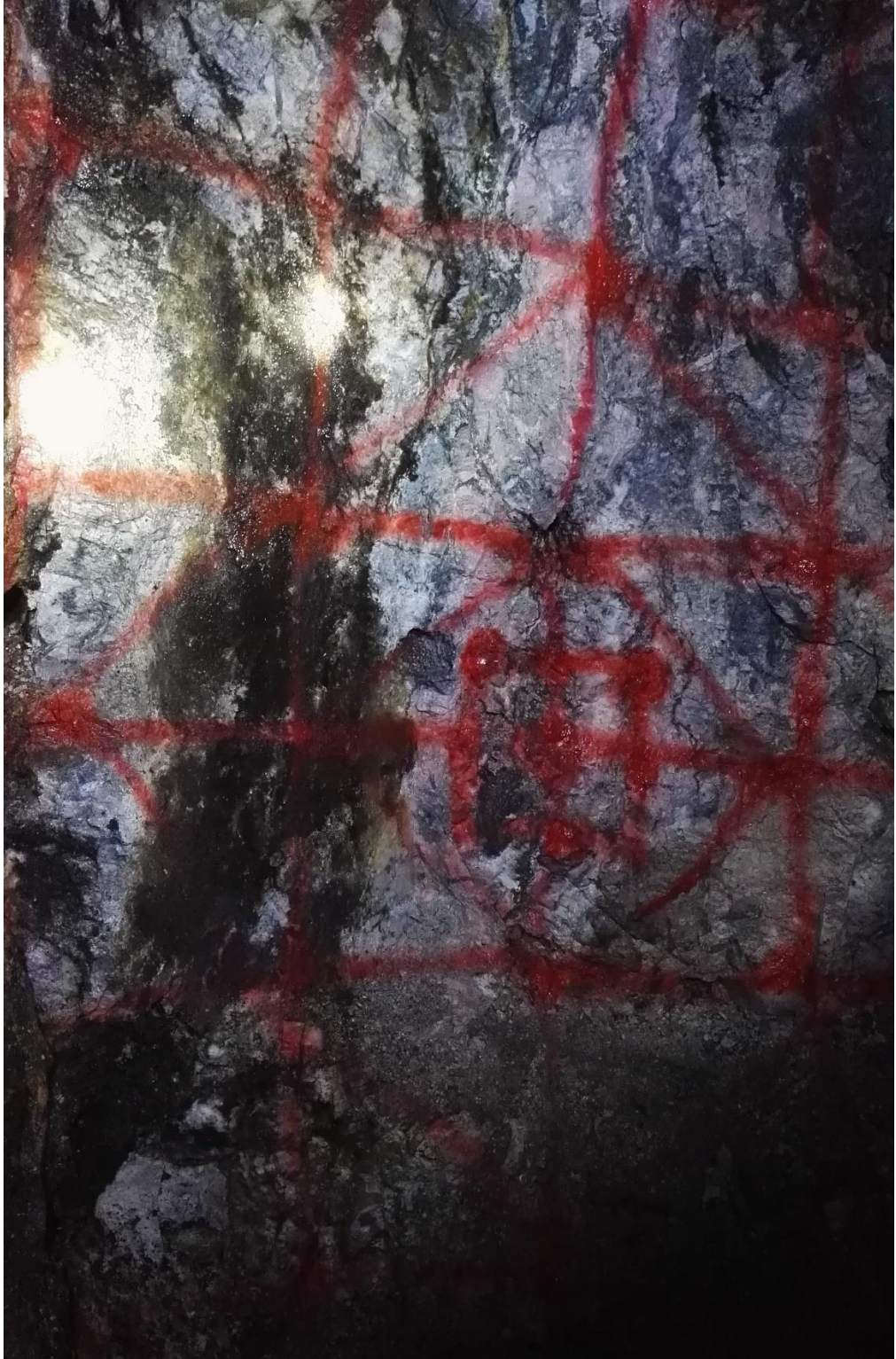
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valor que adopta la variable - ítems
Se define conceptualmente como el conjunto de actividades que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales). El (“cut and fill” se realiza el slot para los dos cortes en realce al centro entre alas es decir a 15 m. (3 m. de altura), luego la perforación se realizará con maquina jack leg, en realce longitud de taladro 6 pies, burden 0.35 m. con espaciamiento de 0.35 m., luego viene el proceso de voladura, sostenimiento limpieza, trabajos de madera, y el relleno.	Se define operacionalmente como un proceso físico que involucra generalmente tres fases: explotación, preparación y exploración / desarrollo. En la práctica se requiere variar y combinar los métodos de explotación en razón que los depósitos de minerales raramente se ajustan a las características ideales de aplicación de un determinado método. El (“shrinkage stoping”) inicialmente se realiza el slot de 3m, luego la perforación se realizará con jack leg, en forma realce, burden 0.3, espaciado de 0.3 m, diámetro de taladro 38 mm.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostenimiento ▪ Potencia. ▪ Ley de mineral. ▪ Dilución. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De manera artificial con Split set de 5.7 pies y puntales o guardacabezas. ▪ El ancho que posee una estructura de mineral. ▪ Cantidad de elementos metálicos por tonelada de mineral. ▪ Cantidad de material estéril dentro de del mineral. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se representa con split set. ▪ Se representa en metros (m). ▪ Se representa en onzas (Oz). ▪ Se representa en porcentaje (%).

Técnicas e instrumentos	Procedimientos	Naturaleza	Escala de medición	forma de medir
<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Observación -Comparación -Revisión Documental <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Computadora -Cámara -AutoCAD, Excel, Word, otros. 	La técnica de comparación se realizó con datos que se registraron, y posteriormente con el nuevo método planteado realizando así un comparativo y determinando que la combinación de estos métodos es realmente efectiva y eficiente en cuanto a la estructura que se presenta en el yacimiento.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variable: Cualitativa - Cuantitativa. 	Ordinal.	<p>Directa:</p> <p>Politómica.</p>

Anexo 03. Estructura de la veta Tarazca.



Anexo 04. Malla de perforación del subnivel.



Anexo 05. Perforación del subnivel de ataque.



Anexo 06. Voladura del tajeo.



Anexo 07. Limpieza del mineral



Anexo 08. Extracción de mineral.

