

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Aplicación del método de minado con circado para
mejorar la producción de mineral en el TJ 120 E,
veta escondida, nivel 1860 de la unidad minera
Capitana, 2023**

Nolberto Albino Bravo Atayupanqui
sayuri Mayumi Perez Velasquez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 16 de Setiembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"Aplicación del método de minado con circado para mejorar la producción de mineral en el TJ 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023"

Autores:

1. NOLBERTO ALBINO BRAVO ATAYUPANQUI – EAP. Ingeniería de Minas
2. SAYURI MAYUMI PEREZ VELASQUEZ – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas:10 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero y profundo reconocimiento a la Universidad Continental por habernos aceptado ser parte de ella, para poder estudiar y lograr nuestro sueño de ser Ingenieros.

A nuestra Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, a los diferentes docentes de la facultad que nos brindaron sus conocimientos, enseñanzas y el apoyo para seguir adelante día a día; aquellos que fueron ejemplos de inspiración para nuestro conocimiento profesional.

A nuestro asesor de tesis: Ing. Javier Córdova Blancas por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico; así como también habernos tenido paciencia para guiarnos durante el desarrollo de nuestro proyecto.

Por último, agradecemos a todos los que contribuyeron con el apoyo moral y emocional para ir más allá con nuestras metas propuestas y contribuir con el desarrollo del país.

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a Dios por todas las bendiciones, por no desampararme y por permitir terminar mi carrera, por ello doy como ofrenda este trabajo. A mis padres: Saturnino Atayupanqui y Julia Navarro por el apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado, los principios y valores inculcados a lo largo de mi vida y poder ser mejor persona, aunque ya no estén en este mundo siempre los llevo en el corazón.

Nolberto Bravo

La presente tesis la dedico a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar este objetivo. A mi madre: Maribel Velásquez, por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor; de igual manera a mi padre: Carlos Cárdenas, por brindarme los recursos necesarios para poder realizarme profesionalmente. A mis hermanas Selena y Michelle por la confianza y el apoyo incondicional. Me satisface saber que seré el orgullo de mis seres queridos, lo cual se fue sumando de pequeños esfuerzos para conseguir el éxito.

Sayuri Perez

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR -----	iv
AGRADECIMIENTO-----	v
DEDICATORIA-----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	vii
ÍNDICE DE TABLAS-----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	x
RESUMEN -----	xi
ABSTRACT-----	xii
INTRODUCCIÓN -----	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO -----	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	14
1.1.1. Planteamiento del problema -----	14
1.1.2. Formulación del problema -----	15
1.2. Objetivos -----	15
1.2.1. Objetivo general -----	15
1.2.2. Objetivos específicos -----	15
1.3. Justificación e importancia -----	16
1.3.1. Justificación social - práctica-----	16
1.3.2. Justificación académica -----	16
1.4. Hipótesis de la investigación -----	16
1.4.1. Hipótesis general -----	16
1.4.2. Hipótesis específicas -----	16
1.5. identificación de las variables -----	17
1.5.1. Variable independiente -----	17
1.5.2. Variable dependiente -----	17
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO -----	18
2.1 Antecedentes del problema -----	18
2.1.1 Antecedentes internacionales -----	18
2.1.2 Antecedentes nacionales -----	19
2.2 Generalidades de la unidad minera -----	19
2.2.1 Ubicación de la mina -----	19
2.2.2 Acceso a la mina Capitana-----	20
2.3 Geología general-----	21
2.3.1 Geología regional-----	21

2.3.2 Geología local-----	21
2.3.3 Geología estructural-----	22
2.3.4 Geología económica -----	23
2.4 Consideraciones operacionales -----	24
2.5 Bases teóricas -----	26
2.5.1 Consideraciones operacionales -----	27
2.5.2 Consideraciones del grado de fragmentación -----	31
2.5.3 Consideraciones de costos operacionales-----	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN-----	37
3.1 Método y alcances de la investigación -----	37
3.1.1 Método de la investigación -----	37
3.1.2 Alcances de la investigación -----	38
3.2 Diseño de la investigación -----	38
3.3 Población y muestra-----	38
3.3.1 Población-----	38
3.3.2 Muestra-----	38
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	38
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos-----	38
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	39
CAPÍTULO: IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	40
4.1 Consideraciones operacionales de perforación y voladura-----	40
4.2 Análisis de la producción de mineral-----	43
4.3 Análisis de la granulometría: con y sin circado -----	47
4.4 Análisis de costos de minado: con y sin circado -----	52
4.5 Validación de la hipótesis-----	54
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	58
5.1. CONCLUSIONES -----	58
5.2. RECOMENDACIONES-----	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	61
ANEXOS-----	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	17
Tabla 2. Acceso a la mina Capitana.....	20
Tabla 3. Propiedades geomecánicas, veta Escondida	24
Tabla 4. Parámetros de perforación y voladura – sin circado, veta Escondida.....	29
Tabla 5. Parámetros de perforación y voladura – con circado, veta Escondida.....	30
Tabla 6. Parámetros de perforación y voladura – Con Circado, Cajas	30
Tabla 7. Costo de explotación – con circado, veta Escondida.....	35
Tabla 8. Costo de explotación – sin circado, veta Escondida	36
Tabla 9. Variables de perforación y voladura con y sin circado, veta Escondida.....	42
Tabla 10. Resumen variables de perforación y voladura: con y sin circado, veta Escondida.....	42
Tabla 11. Resumen de tonelaje por calidad de mineral: mes enero sin circado.....	44
Tabla 12. Resumen de tonelaje por calidad de mineral: mes febrero sin circado	45
Tabla 13. Resumen de tonelaje por calidad de mineral: mes marzo con circado	46
Tabla 14. Resumen total de tonelaje: con y sin circado.....	46
Tabla 15. Granulometría post voladura Tj 120E sin circado	49
Tabla 16. Granulometría posvoladura Tj 120E con circado	51
Tabla 17. Resumen de la granulometría Tj 120E con y sin circado, veta Escondida	52
Tabla 18. Resumen de costos de minado Tj 120E: con y sin circado.....	53
Tabla 19. Validación de la granulometría.....	54
Tabla 20. Validación del tonelaje de mineral producido	55
Tabla 21. Validación de costos de minado	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Capitana.....	20
Figura 2. Geología regional, mina Capitana	21
Figura 3. Estratigrafía batolito de la costa, unidad Tiabaya.....	22
Figura 4. Comportamiento estructural en la mina Capitana	23
Figura 5. Diagrama del proceso de lixiviación	24
Figura 6. Cut and fill, mina Capitana – etapa 1	25
Figura 7. Cut and fill, mina Capitana – etapa 2	26
Figura 8. Figura 8. Cut and fill, mina Capitana – etapa 3.....	26
Figura 9. Malla de perforación en tajos, sin circado	28
Figura 10. Malla de perforación en tajos, con circado.....	28
Figura 11. Método de minado corte y relleno ascendente sin circado	29
Figura 12. Método de minado corte y relleno ascendente con circado.....	31
Figura 13. Diagrama de mina y planta, considerando la granulometría post voladura.....	32
Figura 14. Mineral posvoladura Tj 120E sin circado, veta Escondida	33
Figura 15. Mineral post voladura Tj 120E con circado, veta Escondida	34
Figura 16. Perfil de la veta Esperanza, Nivel 1860.....	41
Figura 17. Resumen de variables de perforación y voladura con y sin circado. veta Esperanza	43
Figura 18. Resumen de tonelaje por calidad de mineral, sin circado, enero.....	44
Figura 19. Resumen de tonelaje por calidad de mineral sin circado, febrero	45
Figura 20. Resumen de tonelaje por calidad de mineral con circado, marzo.....	46
Figura 21. Resumen total de tonelaje con y sin circado.....	47
Figura 22. Mineral post voladura Tj 120E, sin circado	48
Figura 23. Análisis de granulometría Tj 120E sin circado	48
Figura 24. Perfil de la granulometría Tj 120E sin circado.....	49
Figura 25. Mineral post voladura Tj 120E, con circado	50
Figura 26. Análisis de granulometría Tj 120E con circado	50
Figura 27. Perfil de la granulometría Tj 120E sin circado.....	51
Figura 28. Resumen de análisis de la granulometría, con y sin circado	52
Figura 29. Resumen de costos de minado: con y sin circado.....	53
Figura 30. Validación de la granulometría del Tj 120E, con y sin circado.....	55
Figura 31. Validación del tonelaje de mineral producido	56
Figura 32. Validación de costos de minado	57

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de tesis fue realizar el análisis del método de explotación con circado para la mejora de la producción en el Tj 120 E de la veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana. La mejora de la producción permitió realizar el análisis de la granulometría en los escenarios de explotación con circado y sin circado realizado durante los meses de enero a marzo. La disminución de la granulometría en el escenario con circado (marzo) ayudó al incremento del tonelaje de mineral, producto de la mejora del factor de llenado en carros mineros U35 transportando mayor tonelaje de mineral y disminuyendo los costos de minado. El método general aplicado es el inductivo – deductivo, donde se mejora la producción de mineral, mediante el control y reducción de la granulometría y reducción de costos de minado, realizado en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la unidad minera Capitana. Los resultados obtenidos en el análisis de la granulometría corroboran la mejora del tonelaje producido del mineral posvoladura en los periodos de estudio (enero a marzo), producto de una disminución de la granulometría en 6.94 cm, mejorando el factor de llenado en un 10 % y un incremento del porcentaje pasante en 14.01 % incrementando las toneladas procesadas. El tonelaje producido en los periodos de enero, febrero y marzo fueron de: 1306.88, 1376.00 y 1434.91 toneladas respectivamente, considerando la mejora del tonelaje en el mes de marzo (con circado) y disminuyendo en cero el desmonte asociado. El costo de minado en el escenario sin circado (enero y febrero) fue de 958.33 S/t y en el escenario con circado (marzo) fue de 869.61 S/t. El menor costo en 88.72 S/t en el escenario con circado permitió la disminución de costos operacionales durante el periodo de evaluación en S/. 37,734. La reducción de los costos de minado fue producto del control de la granulometría posvoladura, mejorando la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35) e incrementando el tonelaje en el escenario con circado.

Palabras clave: tonelaje, granulometría, circado, costo de minado, equipos de acarreo, factor de llenado, etc.

ABSTRACT

The objective of this thesis work was to carry out the analysis of the exploitation method with circling to improve production in Tj 120 E of the Escondida vein, Level 1860 of the Capitana Mining Unit. The improvement in production made it possible to carry out the analysis of the granulometry in the exploitation scenarios with ringing and without ringing carried out during the months of January to March. The decrease in granulometry in the circated scenario (March) helped the increase in ore tonnage, because of the improvement in the filling factor in U35 mining cars, transporting greater tonnage of ore and reducing mining costs. The general method applied is the inductive-deductive method, where mineral production is improved, through the control and reduction of granulometry and reduction of mining costs, carried out in the Tj 120E pit, Escondida vein and level 1860 of the Capitana mining unit. The results obtained in the analysis of the granulometry corroborate the improvement in the tonnage produced from the post-blasting mineral in the study periods (January to March), as a result of a decrease in the granulometry by 6.94 cm, improving the filling factor by 10 % and an increase in the passing percentage by 14.01%, improving the tons processed, the tonnage produced in the periods of January, February and March were: 1306.88, 1376.00 and 1434.91 tons respectively, considering the improvement in tonnage in the month of March (with circated) and reducing the associated clearing by zero. The mining cost in the scenario without circa (January and February) was 958.33 S/. /ton and in the scenario with circado (March) it was 869.61 S/. /ton. The lowest cost at 88.72 S/. /ton in the scenario with circling allowed the reduction of operational costs during the evaluation period by S/. 37,734. The reduction in mining costs was a product of the control of post-blasting granulometry, improving the effective capacity of the hauling equipment (U35) and increasing the tonnage in the circa scenario.

Keywords: tonnage, granulometry, circling, mining cost, hauling equipment, filling factor, etc.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes inconvenientes en la explotación de vetas angostas auríferas es poder controlar la dilución y recuperación de mineral, afectando directamente en el tonelaje de mineral producido. La aplicabilidad de métodos de minado con circado es una alternativa que permite controlar y mejorar las variables operacionales y económicas.

La problemática presente en la unidad minera Capitana es similar, ya que se considera una alta dilución producto del ancho de minado asociado a los diferentes tajeos minados, por lo que se plantea evaluar en el presente estudio, el método de minado con circado en el Tj 120E, Nv 1860 de la veta Escondida.

Para poder entender el incremento de tonelaje en métodos de minado con circado es importante conocer la influencia que genera el grado de fragmentación posvoladura en los escenarios de explotación con circado, determinado la influencia en la mejora de la capacidad efectiva de los carros U35 para el incremento del tonelaje acarreado y reducción de costos de minado.

El estudio se realizó considerando el análisis comparativo en los escenarios con y sin circado durante los meses de enero a marzo, considerando los cuatro capítulos. En el Capítulo I se realiza el planteamiento del problema generado en la unidad minera, considerando los objetivos e hipótesis general y específicos, analizando la granulometría posvoladura en escenarios con y sin circado. En el Capítulo II se expone estudios similares que permitan entender el comportamiento de las variables operacionales y económicas en operaciones similares, así mismo, se describe las generalidades y bases teóricas del presente estudio. El Capítulo III describe la metodología de investigación, así como la población y muestra utilizada en el presente trabajo. Finalmente, en el Capítulo IV se analiza e interpreta los resultados en los escenarios de explotación con y sin circado en la mejora de la producción en el Tj 120E, Nv 1860 de la veta Escondida.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Uno de los grandes problemas en la explotación de estructuras auríferas en operaciones subterráneas es el bajo tonelaje de explotación y el bajo control de la dilución, ya que el ancho de veta es relativamente angosto, siendo la aplicación de los métodos de explotación de gran importancia. El presente estudio se realizará en la unidad minera Capitana, donde se explota estructuras de oro mediante el método de minado corte y relleno ascendente reflejando una alta dilución e incrementando sus costos operacionales.

El incremento de la dilución producto de la sobre rotura generada por los diferentes disparos afectan el tonelaje producido en los diferentes tajeos, incrementando los costos de extracción, así como la disminución de las leyes de cabeza programadas, afectando el valor de mineral y disminuyendo la rentabilidad operacional.

El desarrollo del presente estudio busca abordar la problemática planteada considerando la aplicación de una variante del método de minado, siendo este el corte y relleno ascendente con circado, el que ayudará a controlar y disminuir la dilución programada, mejorando el valor de mineral en la unidad minera.

La aplicación del método de minado con circado permitirá una secuencia de explotación en los tajeos, siendo la primera etapa explotar el mineral y luego el desmonte que servirá como relleno, permitiendo mejorar la rentabilidad operacional en la unidad minera.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la aplicación del método de minado con circado para mejorar la producción de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la aplicación del método de minado con circado en la mejora de la fragmentación del mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023?
- b) ¿Cómo influye la aplicación del método de minado con circado en el incremento de tonelaje de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023?
- c) ¿Cómo influye la aplicación del método de minado con circado en la reducción de costos de minado en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación del método de minado con circado para mejorar la producción de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia de la aplicación del método de minado con circado en la mejora de la fragmentación del mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.
- b) Determinar la influencia de la aplicación del método de minado con circado en el incremento del tonelaje de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.
- c) Determinar la influencia de la aplicación del método de minado con circado en la reducción de costos de minado en el Tj 120 E, Veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.

1.3. Justificación e importancia

La aplicación de un nuevo método de minado con circado en la unidad minera ayudará a controlar o reducir la dilución, así como el control o reducción de costos operacionales en mina y planta.

1.3.1. Justificación social - práctica

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método de minado con circado influyó directamente en los parámetros operacionales como control de la dilución, mejora del tonelaje producido, control de la granulometría, mejora del valor de mineral, mejora de la recuperación metalúrgica, etc., incrementando la rentabilidad operacional. Esta mejora ayudará a poder incrementar inversiones sociales, mejorando la calidad de vida de las diferentes comunidades aledañas a la unidad minera.

1.3.2. Justificación académica

El desarrollo de la aplicación del método de minado con circado permitió el uso de diferentes modelos numéricos, considerando variables geológicas, geomecánicas y económicas. Los resultados obtenidos será una fuente importante para estudios similares y será usado por estudiantes de instituciones universitarias, así como de docentes e investigadores relacionados a la industria minera. La base conceptual del control de la dilución mediante la aplicación del método de minado con circado mejorará la calidad del mineral y optimizará los diferentes procesos en la etapa de mina y planta.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al determinar la aplicación del método de minado con circado influye en la mejora de la producción de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al determinar la aplicación del método de minado con circado influye en la mejora de la fragmentación del mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.
- b) Al determinar la aplicación del método de minado con circado influye en el incremento del tonelaje de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.

c) Al determinar la aplicación del método de minado con circado influye en la reducción de costos de minado en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Aplicación del método de minado con circado en la unidad minera Capitana.

1.5.2. Variable dependiente

Análisis de las variables operacionales para la mejora de la producción en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI: Aplicación del método de minado con circado en la Unidad Minera Capitana.	La aplicación del método de minado con circado, genera el control de la dilución y un tonelaje selectivo.	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de geología • Departamento de Geomecánica • Departamento Operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros geológicos Parámetros geomecánicos Parámetros operacionales 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo yacimiento, leyes, alteración, etc. Propiedades del macizo rocoso. Tonelaje, NSR, costos, etc..
VD: Análisis de las variables operacionales para la mejora de la producción en el Tj 120 E, Veta Escondida, Nivel 1860.	La mejora de la calidad del tonelaje producido es aplicar el método de minado con circado, mejorando y cumpliendo la calidad de mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Área de Planeamiento • Área de Costos • Área de Productividad. 	<ul style="list-style-type: none"> Operacionales Rendimiento operacional 	<ul style="list-style-type: none"> Calidad de tonelaje producido, dilución, recuperación, etc. Reducción de costos operacionales, control de la granulometría, reducción de dilución, etc.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Evaluación de proyecto de extracción y procesamiento de mineral remanente de oro y cobre en distrito Guanaco*». El presente trabajo realiza la evaluación de las minas Dumbo, Perseverancia y Defensa, cuya explotación en periodos anteriores generó remanentes de mineral de Au, Ag y Cu. El objetivo permitió la evaluación de las minas desde un punto de vista técnico y económico, para generar una unidad de negocio. Los resultados identificaron reservas de mineral en los tres sectores de 1.18 MTM, con leyes de Au@ 4.5 ppm, Ag@ 19.6 ppm y Cu@ 0.42%, los que permitieron generar una unidad de negocio (1).

- ✓ Tesis titulada: «*Estudio comparativo entre los depósitos Altamira y Las Luces, cordillera de la costa, región de Antofagasta: implicancias para el origen de los depósitos Estratoligados De Cu – (Ag)*». El estudio considera la definición de un modelo geológico asociado a los 2 yacimientos evaluados, considerando la generación de la metalogénesis presente. Los estudios realizados a la mineralogía y alteración presente, así como la geoquímica de elementos y temperaturas de formación, para determinar el modelo genético asociado a los 2 yacimientos evaluados. Los resultados obtenidos, relacionando el análisis de balance de masa, las relaciones agua y roca permitieron definir la no presencia de yacimientos asociados a ambientes metamórficos, lo que se llevó a la conclusión de la formación de los 2 depósitos como yacimientos estrato ligados de Cu, Ag (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad*». El estudio permite determinar la generación de un método de minado selectivo en vetas auríferas de poca potencia. El trabajo se realizó en el SN10, 111-N del sector Chilcas de la mina Marsa. El análisis del método de minado en el NV 5, está asociado a la explotación con métodos de minado con circado, para controlar la sobre rotura y la mejora de la calidad de mineral. El resultado en el estudio, permite la disminución de la dilución de 75% a una dilución del 8%, considerando la mejora de la rentabilidad operacional en la unidad minera (3).

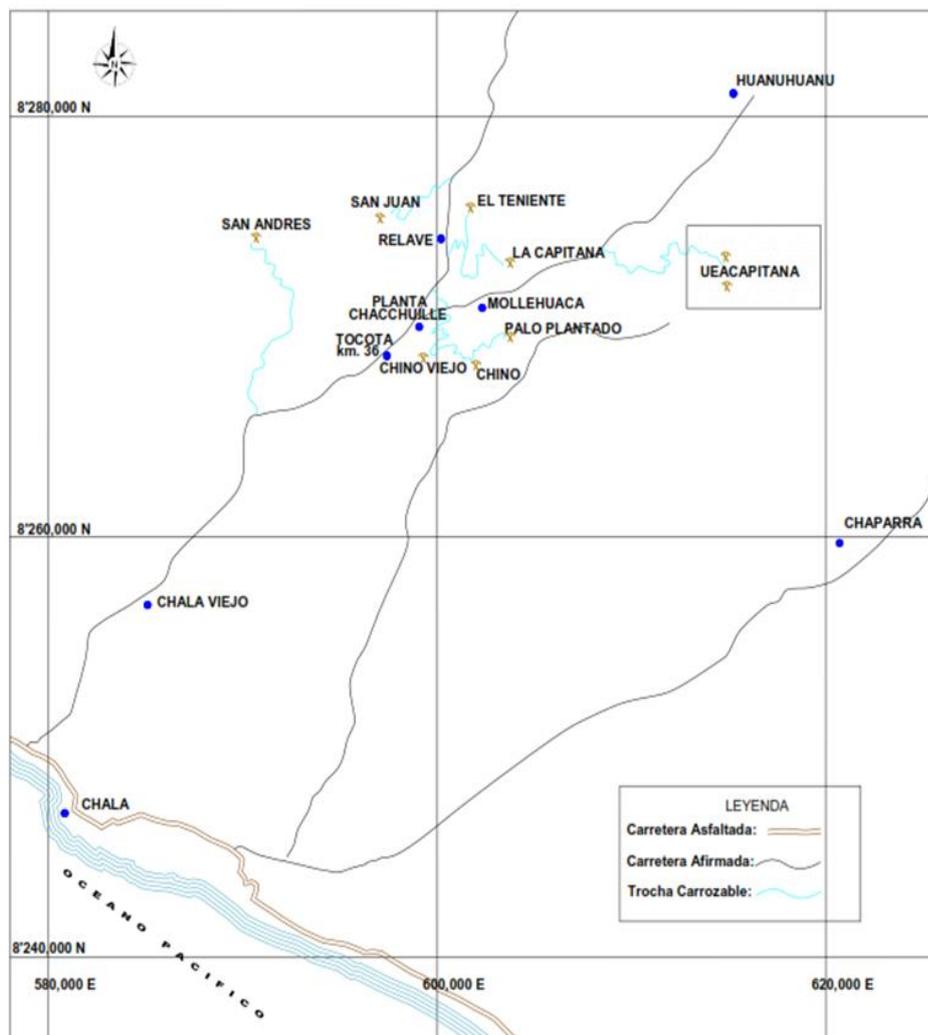
- ✓ Tesis titulada: «*Optimización de costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación del NV 1715 en la Unidad Minera Chalhuane – 2021*». El estudio permitió mejorar la optimización de los costos unitarios de perforación y voladura asociado al desarrollo de labores de preparación en el Nv 1715. El trabajo desarrollado considera el análisis de los parámetros asociados a la etapa de perforación y voladura considerando el diseño de malla, el tipo de explosivo, longitud de perforación, etc. El resultado del estudio considera una reducción de en los costos unitarios en la perforación y voladura del Nv 1715 en un 23% menos a la situación base, considerando un menor costo de 121.75 S/. /m (4).

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Chungar – mina Animón, 2023*». El estudio considera la reducción de costos de acarreo mediante el análisis de parámetros de operación en la unidad minera. Los parámetros analizados fueron: el tonelaje, número de viajes, tiempo del ciclo de acarreo, granulometría, factor de llenado y el costo de acarreo asociado. Los resultados obtenidos consideran una disminución de la granulometría, mejorando el factor de llenado hasta el 85%, incrementando la capacidad efectiva a 36.62 ton/ciclo, mejorando el valor unitario a 224.1 \$/ciclo (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera

2.2.1 Ubicación de la mina

La unidad minera Capitana, pertenece al distrito de Huanuhuanu, provincia de Caravelí y departamento de Arequipa. La unidad minera está emplazada en la cordillera de la costa peruana, ubicada a 30 km de la mina Tambojasa de Compañía Minera Caravelí. Las coordenadas UTM son: 8' 272,500 N y 616,500 E.



*Figura 1. Ubicación de la mina Capitana
Tomada del Área Geología*

2.2.2 Acceso a la mina Capitana

La mina se ubica en el batolito de la costa a 270 km al NE de Chala, con una altura de 2000 m s. n. m.

Tabla 2. Acceso a la mina Capitana

RUTA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (hrs)	CONDICIONES DE VÍA
Lima – Arequipa	937	16.0	Asfaltado
Arequipa -Chala	398	7:0	Asfaltado
Chala – Unidad Minera Capitana	58	3:0	Trocha Carrozable

Tomada del Área Geología

2.3 Geología general

2.3.1 Geología regional

Regionalmente, la unidad minera Capitana se asocia a rocas intrusivas del batolito de la costa compuesta principalmente rocas ígneas de composición andesítica del complejo Bella Unión. También se observa rocas volcánicas andesíticas, areniscas y calizas de la formación Guanero del Jurásico Superior. Se presenta mineralización del tipo hidrotermal, con minerales asociados de oro, pirita y cuarzo.

2.3.2 Geología local

La mina Capitana está emplazada en rocas intrusivas pertenecientes a la unidad Tiabaya del batolito de la Costa del cretácico superior al terciario inferior. Los intrusivos asociados al batolito de la costa son de composición dioritas, granodioritas, gabro dioritas y tonalitas.

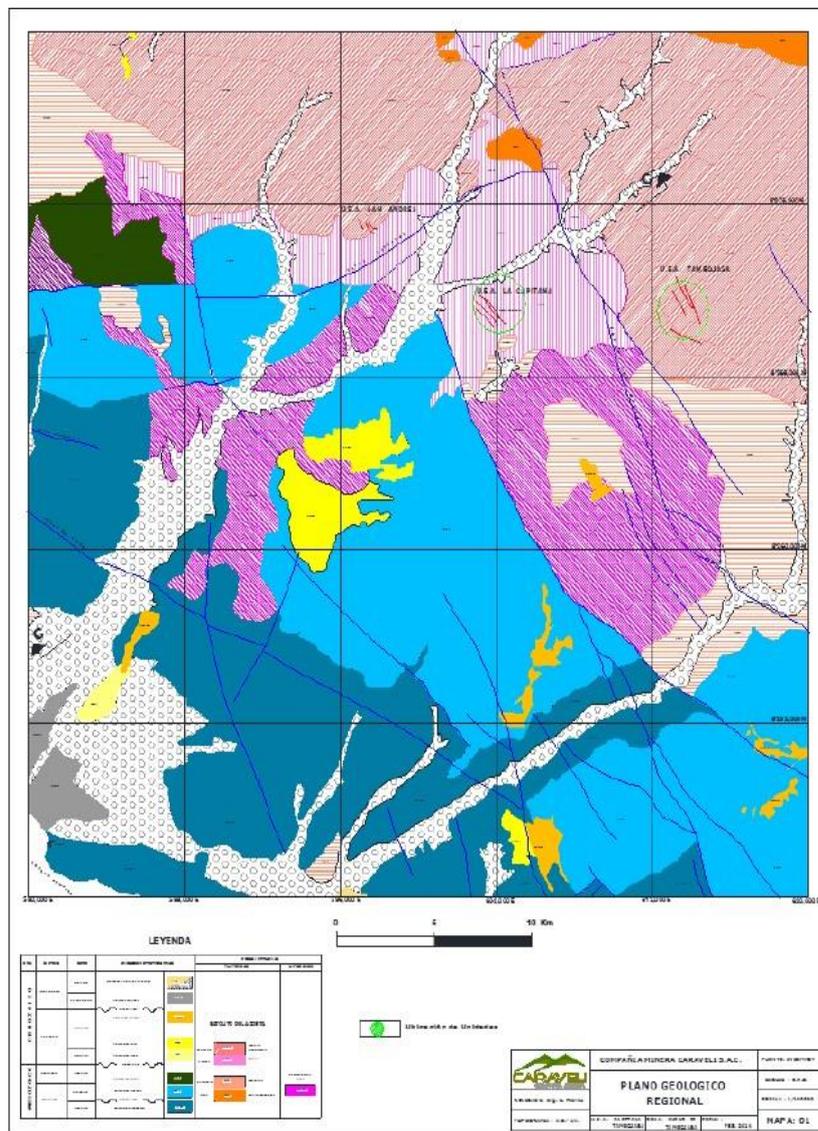


Figura 2. Geología regional, mina Capitana
Tomada del Área Geología

Las fases tardías observadas están compuestas por diques dioríticos y andesíticos, los que cortan al batolito de la costa.

Las vetas mineralizadas cortan los intrusivos presentes, con potencias variadas de 0.20 a 0.50 metros. Localmente, la mineralización está emplazada en rocas ígneas del batolito de la costa en la unidad Tiabaya.

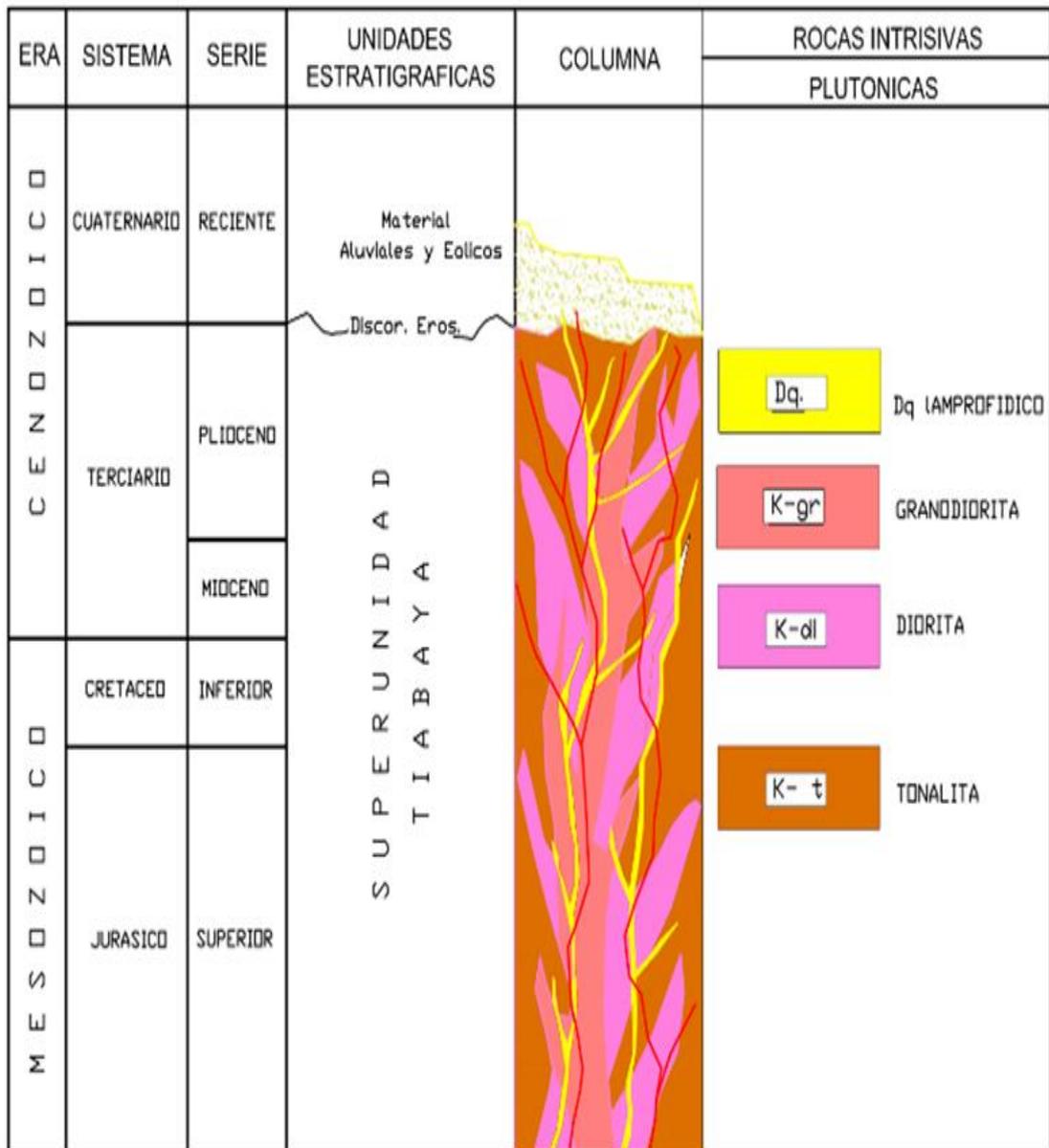
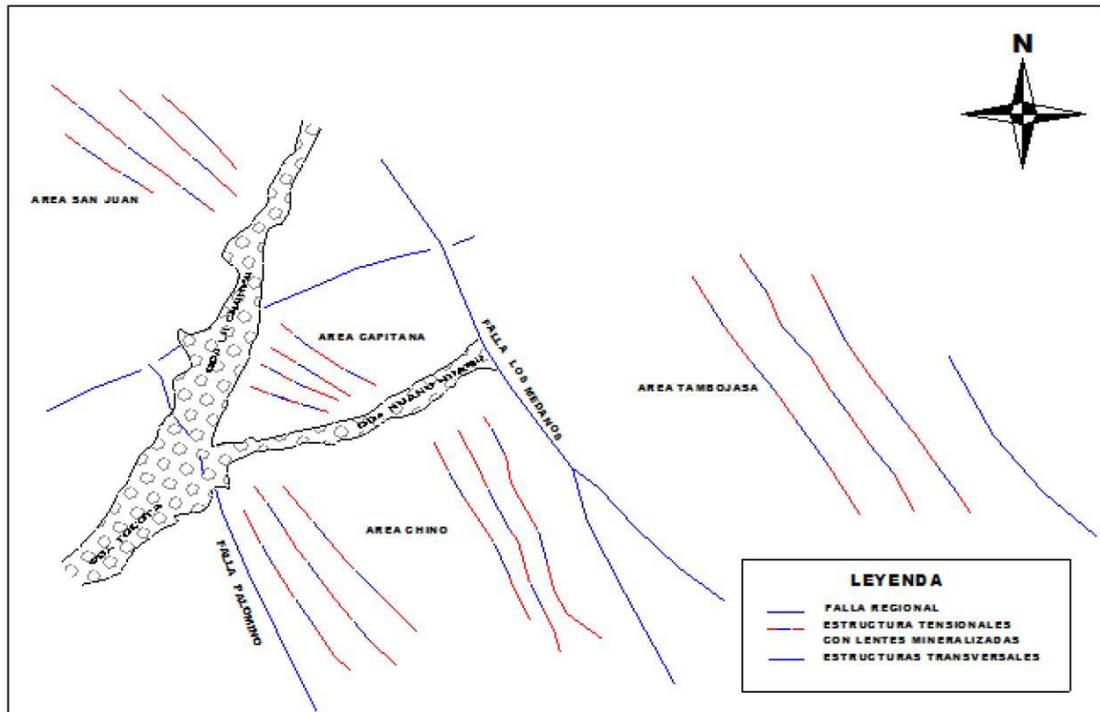


Figura 3. Estratigrafía batolito de la costa, unidad Tiabaya. Tomada del Área Geología

2.3.3 Geología estructural

Los dominios estructurales presentes en el área de estudio están compuestos principalmente por las fallas los Medanos y Palomino con rumbo N 50 – 80° NW y buzamiento 45°NE,

presentes en las áreas: Capitana, San Juan, Tambojasa y Chino. Así mismo, se presentan fallas menores con similar rumbo y otros con rumbo transversales EW y buzamiento 58°NW. El comportamiento estructural permitió la migración de fluidos mineralizantes, donde se formaron las estructuras mineralizadas de la unidad minera.



*Figura 4. Comportamiento estructural en la mina Capitana
Tomada del Área Geología*

2.3.4 Geología económica

La mineralización presente en el área de estudio considera 2 zonas bien definidas. La primera asociada a sectores mineralizados que han sufrido un proceso de lixiviación formando minerales lixiviados de óxidos de hierro como limonita y hematita con contenidos importantes de oro y cuarzo. La segunda zona caracterizada por sulfuros primarios compuesto por pirita, cuarzo, calcopirita (Cu marginal) y contenidos de oro, representado por vetas tipo rosario con mucha variabilidad de presencia de oro de acuerdo al control mineralógico presente.

Las estructuras mineralizadas presentes en el área de estudio, siendo la veta Escondida una de las estructuras principales, que se viene minando actualmente.

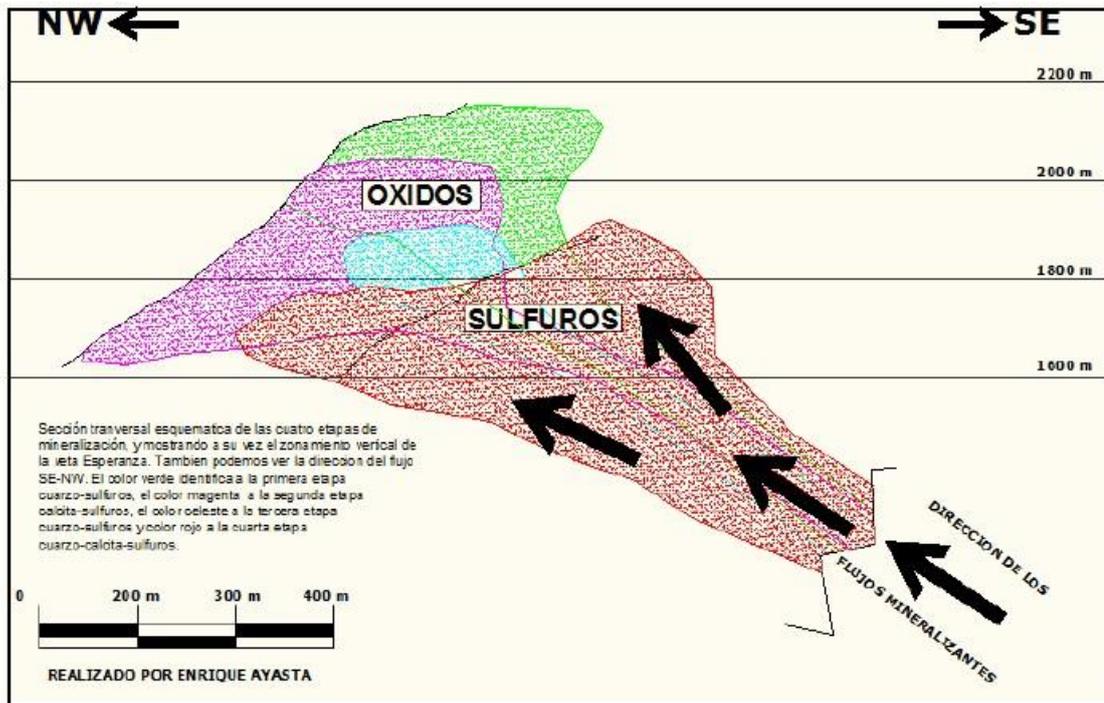


Figura 5. Diagrama del proceso de lixiviación Tomada del Área Geología

2.4 Consideraciones operacionales

Las propiedades del macizo rocoso realizada en la veta Escondida consideran en la caja techo, caja piso y estructura mineralizada, con un RMR de 26 – 53, con una calidad de Regular A - Mala A.

Tabla 3. Propiedades geomecánicas, veta Escondida

	Litología	Tipo de roca	RMR		Calidad
Techo	Brechas y Cuarzo	IIIB	46	41	Regular B
Piso		IIIA	53	48	Regular A
Veta	jarosita, goethita y hematita	IV A	31	26	Mala A

Tomada del Área Geomecánica

La propiedad geomecánica en las cajas asociado a zonas de brecha y cuarzo, tiene un RMR en el techo con un rango de 41 a 46, caracterizado como un tipo de roca IIIB y un RMR en el piso con un rango de 48 a 53, caracterizado como un tipo de roca IIIA.

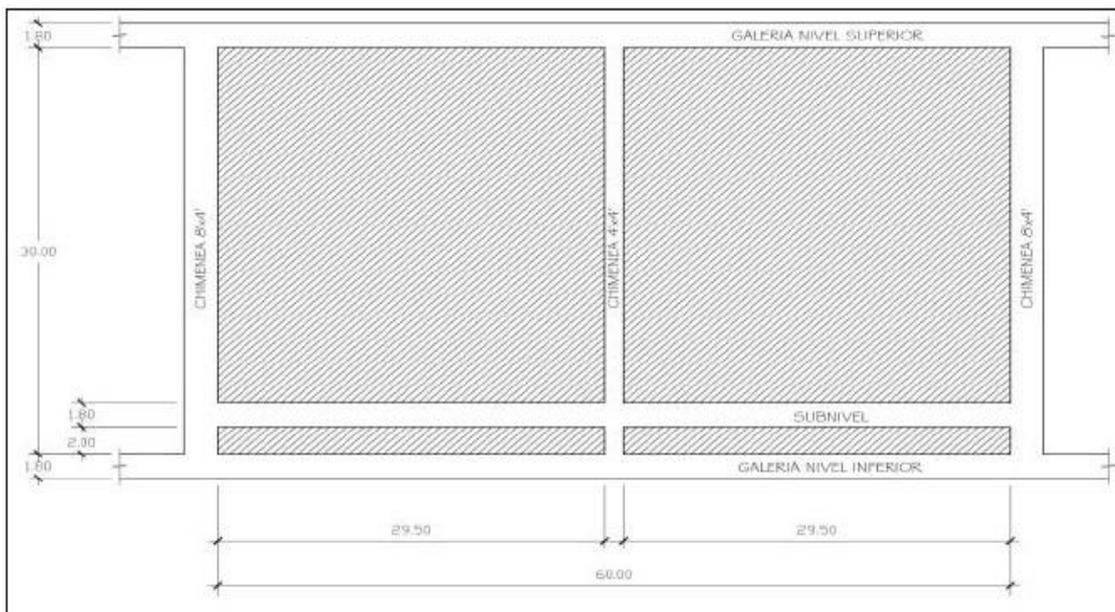
La calidad en la caja techo es del tipo regular B y la calidad en la caja piso es del tipo regular A. El RMR asociado a la estructura mineralizada está entre 31 y 26, considerado un tipo de roca IVA y una calidad de mala A.

a) Método de minado – veta Escondida

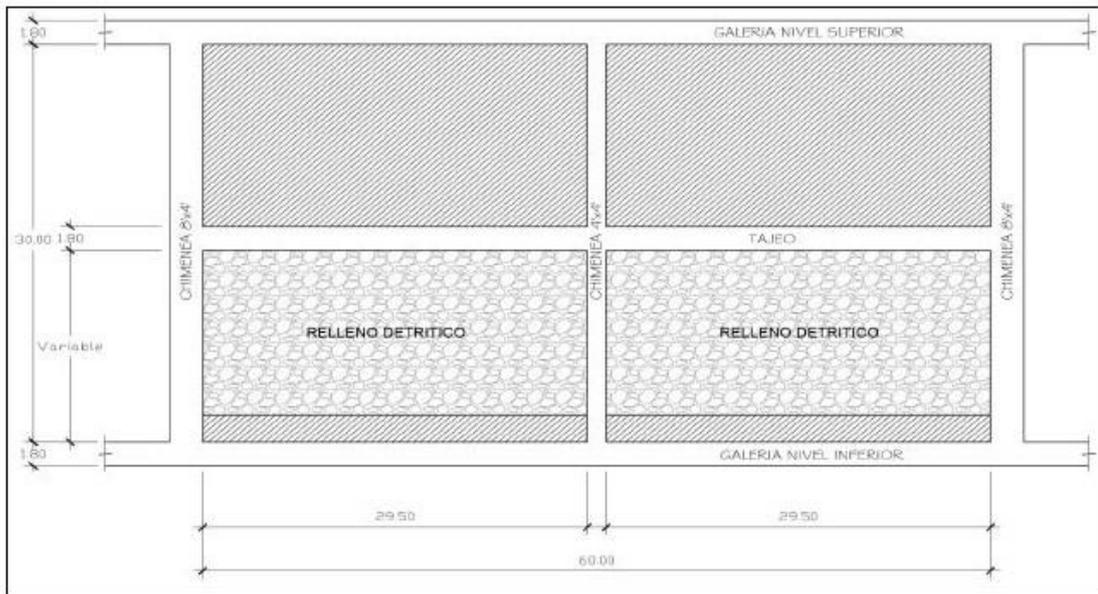
El análisis de las propiedades geológicas, geomecánicas, operacionales y económicas realizadas en la veta Escondida considera el método de minado *cut and fill*.

La secuencia de minado involucra una alta dilución producto de la potencia de la estructura mineralizada y su ancho de minado asociado, por lo que el desarrollo del presente estudio involucra aplicar el mismo método de minado, pero con circado, para poder controlar la dilución y mejorar la calidad del mineral, mejorando la rentabilidad operacional.

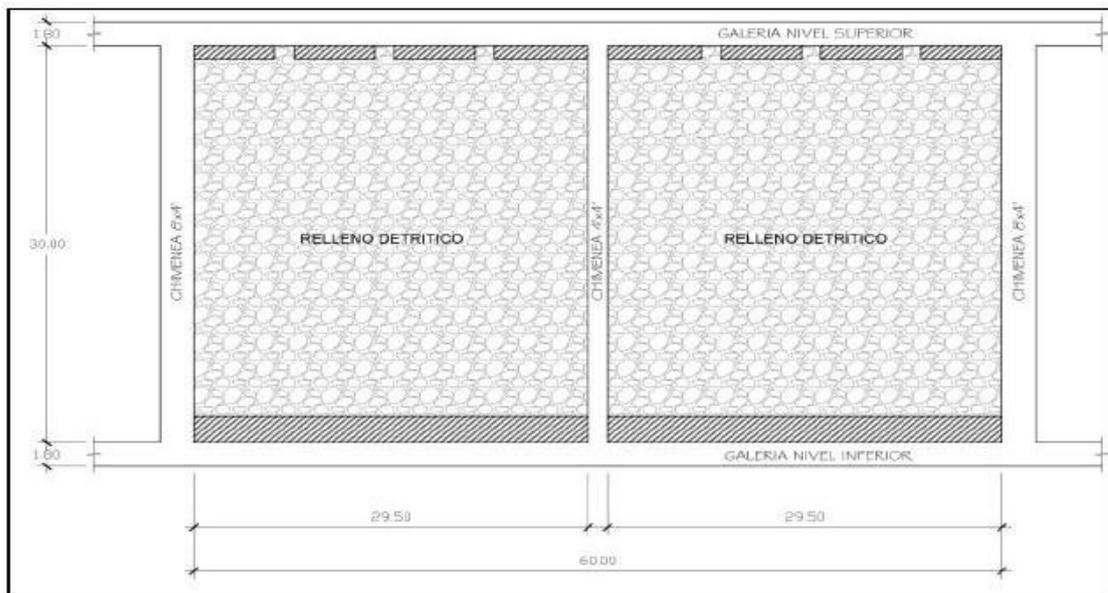
El desarrollo del Tj 120E de la veta Escondida, Nv 1860 de la mina Capitana, considera blocks de dimensiones de 60 m de altura y 20 m de longitud. La secuencia de minado involucra labores de preparación considerando: galerías superior e inferior, chimeneas y subnivel. El minado es realizar la explotación en cortes horizontales y rellenar de acuerdo a su secuencia.



**Figura 6. Cut and fill, mina Capitana – etapa 1
Tomada del Área Planeamiento**



**Figura 7. Cut and fill, mina Capitana – etapa 2
Tomada del Área Planeamiento**



**Figura 8. Figura 8. Cut and fill, mina Capitana – etapa 3
Tomada del Área Planeamiento**

La sección de la galería (superior e inferior) son de 2.4 x 2.7 m, 2 chimenea con secciones de 8' x 4', 1 chimeneas con sección de 4' x 4' y subniveles de 1 x 1.8 m, considerando un puente de 2.5 m a lo largo del tajero.

2.5 Bases teóricas

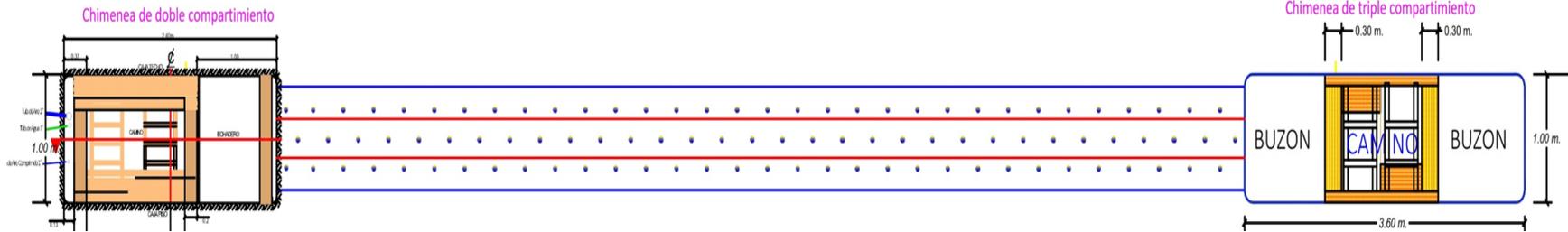
Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se aplicó el método de minado con circado para permitir el control de la dilución, mejorando el tonelaje de mineral a producir, controlando el grado de fragmentación y reduciendo los costos operacionales.

El método de minado aplicado en la unidad minera es el corte y relleno ascendente, para el presente estudio se aplicará el método de minado con circado, minando en 2 etapas los diferentes tajeos, siendo la primera etapa a minar la estructura mineralizada y luego de la limpieza de mineral, proceder con minar el estéril el cual servirá como relleno en el tajeo.

2.5.1 Consideraciones operacionales

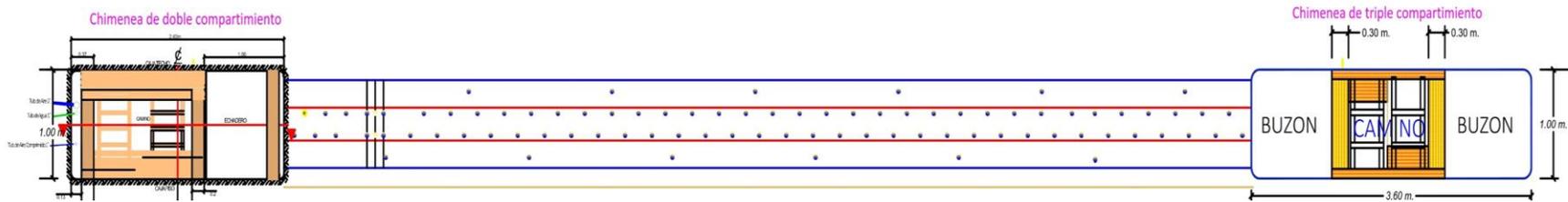
De acuerdo a la aplicación del método de minado con circado, el proceso unitario de perforación y voladura es uno de los parámetros de diseño operacional de mayor incidencia para el control de la dilución.

Malla de Perforación tajos Sección 0.80 x 16.10 m.



*Figura 9. Malla de perforación en tajos, sin circado
Tomada del Área de Planeamiento*

Malla de Perforación tajos Sección 0.80 x 16.10 m.



*Figura 10. Malla de perforación en tajos, con circado
Tomada del Área de Planeamiento*

a) Consideraciones de perforación y voladura sin circado

El minado en tajos sin circado considera un solo disparo, el cual genera dilución y menor valor de mineral.

Tabla 4. Parámetros de perforación y voladura – sin circado, veta Escondida

Parametros de perforacion y voladura

Sin Circado

Veta Escondida - Tj 120, Nv 1860	
Secci. (m)	0.80x16.10
Calidad	IVA
Densidad (ton/m3)	2.80
Long. Perf. (pies)	6.0
Avance efect. (m)	1.414
N° talad.	96.0
N° talad. Alivio	0.0
N° talad. Cargado	96.0
∅ perf. (mm)	38.0
Vol. (m3)	18.216
Ton.	51.0
Fact. Pot. (kg/ton)	0.762
Fact. carga (kg/m3)	2.134
Kilog. explos (kg/tal)	0.405

Veta Escondida - Tj 120, Nv 1860	
Mech. Rap. (m)	20.0
carmex 2.10 m (unid)	96.0
N° cart/tal	5.0
Semexsa 7/8" x 7" 65%: (N° cart.)	480.0
Total Kg explos.	38.880

Tomada del Área de Planeamiento

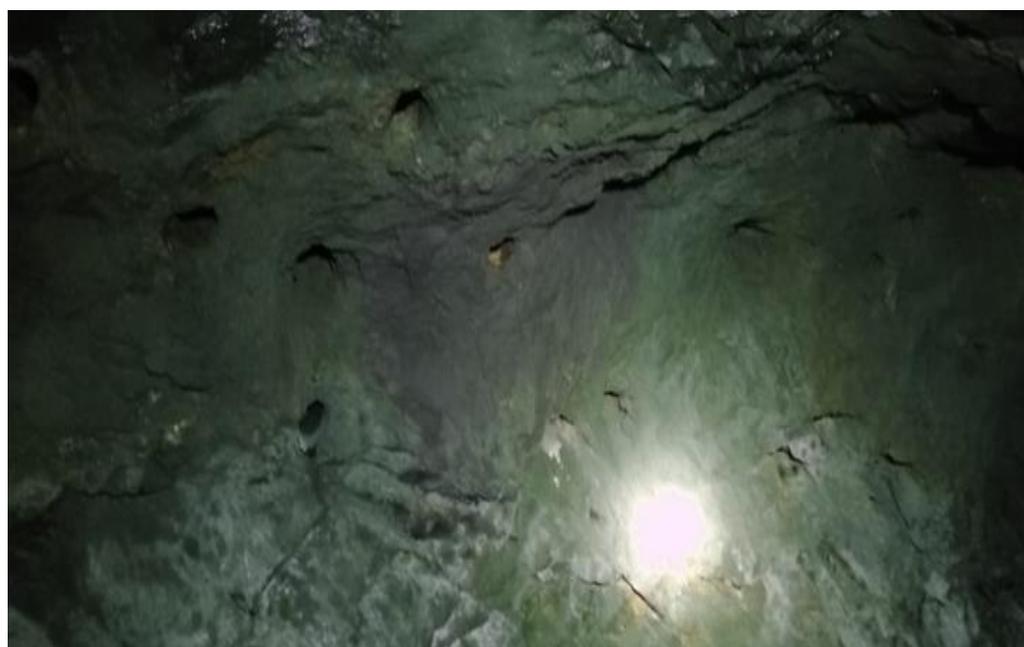


Figura 11. Método de minado corte y relleno ascendente sin circado

Los parámetros de perforación y voladura en el minado de tajos sin circado en el tajeo 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 considera los siguientes parámetros: avance efectivo con 1.414 m, volumen de 18.22 m³, un factor de potencia de 0.76 kg/t y un factor de carga de 2.13 kg/m³.

b) Consideraciones de perforación y voladura con circado

Los parámetros de perforación y voladura en el escenario con circado se realiza teniendo en cuenta la secuencia de minado: primero en mineral y luego en estéril.

Tabla 5. Parámetros de perforación y voladura – con circado, veta Escondida

Disparo en veta

Con Circado

Veta Escondida - Tj 120, Nv 1860	
Secci. (m)	0.30x16.10
Calidad	IVA
Densidad (ton/m3)	2.80
Long. Perf. (pies)	6.0
Avance efect. (m)	1.55
N° talad.	73.0
N° talad. Alivio	2.0
N° talad. Cargado	71.0
∅ perf. (mm)	38.0
Vol. (m3)	7.508
Ton.	21.023
Fact. Pot. (kg/ton)	1.641
Fact. carga (kg/m3)	4.596
Kilog. explos (kg/tal)	0.473

Veta Escondida - Tj 120, Nv 1860	
Mech. Rap. (m)	18.0
carmex 2.10 m (unid)	71.0
N° cart/tal	6.0
Semexsa 7/8" x 7" 65%: (N° cart.)	426.0
Total Kg explos.	34.506

Tomada del Área de Planeamiento

Tabla 6. Parámetros de perforación y voladura – Con Circado, Cajas

Disparo en cajas

Con Circado

Veta Escondida - Tj 120, Nv 1860	
Secci. (m)	0.50x16.10
Calidad	IIIA-IIIB
Densidad (ton/m3)	2.80
Long. Perf. (pies)	6.0
Avance efect. (m)	1.55
N° talad.	12.0
N° talad. Alivio	0.0
N° talad. Cargado	12.0
∅ perf. (mm)	38.0
Vol. (m3)	12.514
Ton.	35.038
Fact. Pot. (kg/ton)	0.166

Veta Escondida - Tj 120, Nv 1860	
Mech. Rap. (m)	5.0
carmex 2.10 m (unid)	12.0
N° cart/tal	6.0
Semexsa 7/8" x 7" 65%: (N° cart.)	72.0
Total Kg explos.	5.832

Tomada del Área de Planeamiento



Figura 12. Método de minado corte y relleno ascendente con circado.

✓ Análisis de disparo en veta

En los tajos de minado con circado desarrollado en el tajeo 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 considera los siguientes parámetros: avance efectivo con 1.55 m, volumen de 7.508 m³, factor de potencia de 1.641 kg/t y el factor de carga de 4.596 kg/m³.

✓ Análisis de disparo en cajas

En las cajas con el minado con circado desarrollado en el tajeo 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 considera los siguientes parámetros: avance efectivo con 1.55 m, volumen de 12.514 m³ y factor de potencia de 0.166 kg/t.

2.5.2 Consideraciones del grado de fragmentación

Los resultados obtenidos posterior a la voladura en los diferentes tajeos afectarán el cumplimiento de los planes de producción programada (Budget). Una mala voladura influirá directamente en la granulometría y esta afectará en la capacidad efectiva de los equipos de carguío y acarreo, disminuyendo el rendimiento de las áreas de mina y planta, afectando la rentabilidad operacional por el incremento de costos operacionales.

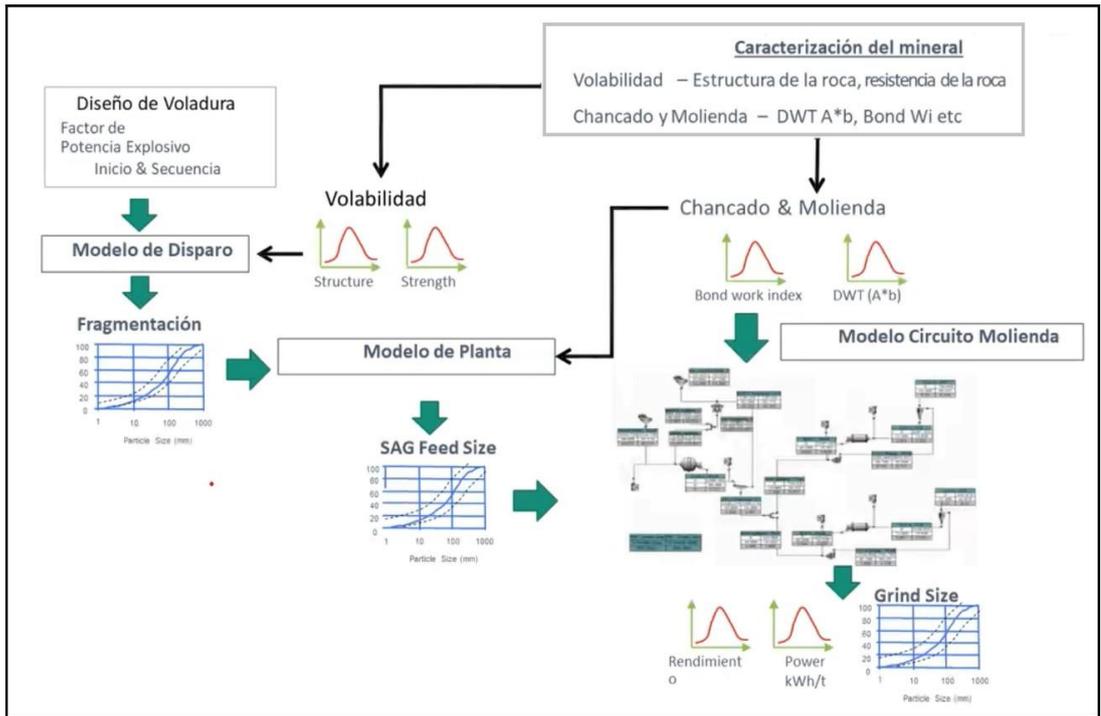


Figura 13. Diagrama de mina y planta, considerando la granulometría post voladura Tomada del Curso perspectiva mine to mill en perforación y voladura



Figura 14. Mineral posvoladura Tj 120E sin circado, veta Escondida

La influencia del disparo posvoladura en tajos sin circado involucra un grado de fragmentación mayor al disparo con circado, esta granulometría afectará el rendimiento de los equipos de acarreo, afectando directamente en el cumplimiento del tonelaje programado. Así mismo, genera una incidencia en mayores costos operacionales y menor valor de mineral (menores leyes de cabeza) producto de la alta dilución generada.



Figura 15. Mineral post voladura Tj 120E con circado, veta Escondida

La influencia del disparo posvoladura en tajos con circado involucra un control del grado de fragmentación menor al disparo sin circado, esta granulometría afectará la mejora del rendimiento de los equipos de acarreo, cumpliendo con el tonelaje programado. Así mismo, genera una disminución de los costos operacionales y mayor valor de mineral (mayores leyes de cabeza), producto del control de la dilución programada.

El análisis de la granulometría en los escenarios con circado y sin circado se realizará mediante el software WipFrag 3.3, el cual determinará el P80, el porcentaje pasante y el factor de llenado.

2.5.3 Consideraciones de costos operacionales

El efecto que genera la dilución en métodos de minado sin circado es de vital importancia dentro de la estructura de costos operacionales, afectando el tonelaje producido, la dilución de leyes de cabeza (gr de Au), rendimiento operacional de las áreas de mina y planta y los costos de minado.

Tabla 7. Costo de explotación – con circado, veta Escondida

COSTO EXPLOTACIÓN - CON CIRCADO

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN: **Corte y relleno convencional**

Tal /Gdia	22.0
PROD. POR TAJEO:	56.1
Fact. carga (Kg/tal) :	1.1
Ancho labor (m)	0.8

Long. Efect.Perf. (mt)	1.65
Ton/ Gdia	14.51
Rend. (ton/tal):	0.66
Ancho minimo (m)	0.80

DESCRIP.	UND	CANTIDAD	INCID.	P.U.	Total	Total
				S/. / Unid	S/.	S/. / ton.
1.1 Mano de Obra						64.73
Capataz	tar	1.3	30%	135.26	52.75	
Bodeguero	tar	1.3	20%	135.26	35.17	
Electricista Mina	tar	1.3	20%	202.00	52.52	
Maestro Perforista (Explotación)	tar	1.3	100%	144.02	187.22	
Ayudante (Explotación)	tar	1.3	100%	135.26	175.84	
Maestro Motorista (Limpieza)	tar	1.3	60%	144.02	112.33	
Ayudante Motorista (Limpieza)	tar	1.3	60%	135.26	105.51	
Maestro enmaderador (Sostenimiento)	tar	1.3	60%	144.02	112.33	
Ayudante enmaderador (Sostenimiento)	tar	1.3	60%	135.26	105.51	
1.2 Aceros de perforación						2.54
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	1.93	0.48	
Barras de Perforación	pp	118.80	100%	0.31	36.36	
Brocas de perforación 38 mm	pp	118.80	100%	0.00	0.00	
1.3 Herramientas						0.80
Lampa	pza	2.00	100%	0.59	1.18	
Pico	pza	2.00	100%	0.21	0.43	
Combo 6 Lbs	pza	1.00	100%	0.46	0.46	
Llave Stilson de 8"	pza	1.00	100%	0.74	0.74	
LLave Francesa 8"	pza	1.00	100%	1.81	1.81	
Barretilla de 4"	pza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 6"	pza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pza	1.00	100%	0.10	0.10	
Taco de Arcilla	pza	22.00	100%	0.20	4.40	
	kgs	0.13	100%	0.65	0.08	
1.4 Implementos de Seguridad						3.91
Tareas sin ropa de agua	tar	0.52	100%	8.59	4.47	
Tareas con ropa de agua	tar	5.72	100%	9.15	52.34	
1.5 Equipos en Operación						471.14
Perforadora	pp	118.80	100%	52.00	6177.60	
Manguera de jebe de 1"	mts	30.00	100%	0.04	1.26	
Manguera de jebe de 1/2"	mts	30.00	100%	21.91	657.30	
(A) Total Costo Directo						543.12
(B) UTILIDAD		8.0%				43.45
(C) Explosivos y Acc. Voladura						12.33
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	kgs	23.82	100%	5.90	140.49	
Carmex	unid	22.00	100%	1.06	23.41	
Mininel	unid	0.00	100%	0.25	0.00	
Mecha rapida	mts	14.00	100%	1.08	15.05	
Cordon detonante	mts	0.00	100%	0.00	0.00	
(D) Costo de servicios auxiliares						270.70
Limpieza - winche y rastrillo N 13 HP 30						22.500
Energía eléctrica	Kw - hr	25.0		0.50	12.50	12.500
Sostenimiento - puntales de madera						235.700
Redondos de 7"x7"x10'	Pie	4.0		19.780	79.120	
Tablas de 6"x2"x10'	Pie	10.0		13.460	134.600	
Escaleras	mts	1.0		21.980	21.980	
COSTO TOTAL - EXPLOTACIÓN(A+B+C+D)						869.61
COSTO TOTAL UNITARIO (S/. / Ton)						15.51

Tomada del Área de Costos y Productividad

El costo de explotación en el escenario sin circado (actual) considera un costo total de 958.33 soles y un costo unitario de 18.79 S/t

Tabla 8. Costo de explotación – sin circado, veta Escondida

COSTO EXPLOTACIÓN - SIN CIRCADO

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN: Corte y relleno convencional

Tal /Gdia	20.0
PROD. POR TAJEO:	51.0
Fact. carga (Kg/tal) :	0.4
Ancho labor (m)	0.8

Long. Efect.Perf. (mt)	1.46
Ton/ Gdia	10.63
Rend. (ton/tal):	0.53
Ancho minimo (m)	0.80

DESCRIPC.	UND	CANTIDAD	INCID.	P.U.	Total	Total
				S/. / Unid	S/.	S/. / ton.
1.1 Mano de Obra						88.39
Capataz	tar	1.3	30%	135.26	52.75	
Bodeguero	tar	1.3	20%	135.26	35.17	
Electricista Mina	tar	1.3	20%	202.00	52.52	
Maestro Perforista (Explotación)	tar	1.3	100%	144.02	187.22	
Ayudante (Explotación)	tar	1.3	100%	135.26	175.84	
Maestro Motorista (Limpieza)	tar	1.3	60%	144.02	112.33	
Ayudante Motorista (Limpieza)	tar	1.3	60%	135.26	105.51	
Maestro enmaderador (Sostenimiento)	tar	1.3	60%	144.02	112.33	
Ayudante enmaderador (Sostenimiento)	tar	1.3	60%	135.26	105.51	
1.2 Aceros de perforación						2.81
Acete de Perforación	Gln	0.25	100%	1.93	0.48	
Barras de Perforación	pp	96.00	100%	0.31	29.38	
Brocas de perforación 38 mm	pp	96.00	100%	0.00	0.00	
1.3 Herramientas						1.06
Lampa	pza	2.00	100%	0.59	1.18	
Pico	pza	2.00	100%	0.21	0.43	
Combo 6 Lbs	pza	1.00	100%	0.46	0.46	
Llave Stilson de 8"	pza	1.00	100%	0.74	0.74	
LLave Francesa 8"	pza	1.00	100%	1.81	1.81	
Barretilla de 4"	pza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 6"	pza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pza	1.00	100%	0.10	0.10	
Taco de Arcilla	pza	20.00	100%	0.20	4.00	
	kgs	0.13	100%	0.65	0.08	
1.4 Implementos de Seguridad						5.35
Tareas sin ropa de agua	tar	0.52	100%	8.59	4.47	
Tareas con ropa de agua	tar	5.72	100%	9.15	52.34	
1.5 Equipos en Operación (perforacion)						531.77
Perforadora	pp	96.00	100%	52.00	4992.00	
Manguera de jebe de 1"	mts	30.00	100%	0.04	1.26	
Manguera de jebe de 1/2"	mts	30.00	100%	21.91	657.30	
(A) Total Costo Directo						629.37
(B) Utilidad 8%						50.35
(C) Explosivos y Accesorios de Voladura						7.90
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	kgs	8.08	100%	5.90	47.64	
Carmex	unid	20.00	100%	1.06	21.28	
Mininel	unid	0.00	100%	0.25	0.00	
Mecha rapida	mts	14.00	100%	1.08	15.05	
Cordon detonante	mts	0.00	100%	0.00	0.00	
(D) Costo de servicios auxiliares						270.70
Limpieza - winche y rastrillo N 13 HP 30						22.50
Energía eléctrica	Kw - hr	25.0		0.50	12.50	12.50
Sostenimiento - puntales de madera						235.70
Redondos de 7"x7"x10'	Pie	4.0		19.780	79.120	
Tablas de 6"x2"x10'	Pie	10.0		13.460	134.600	
Escaleras	mts	1.0		21.980	21.980	
COSTO TOTAL - EXPLOTACIÓN(A+B+C+D)						958.33
COSTO TOTAL UNITARIO (S/. / Ton)						18.79

Tomada del Área de Costos y Productividad

El costo de explotación en el escenario con circado (optimizado) considera un costo total de 869.61 soles y un costo unitario de 15.51 S/t.

La mejora en el escenario optimizado se verá reflejado en el tonelaje producido, mejores leyes de cabeza (gr Au), granulometría post voladura asociada y reducción de costos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

La metodología aplicada es la descriptiva, donde se aplica el método de minado con circado para la mejora de la producción de mineral en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la mina Capitana, con los objetivos de la disminución de dilución, control de la granulometría y costos de minado.

a) Método general

El método general aplicado es el inductivo – deductivo, donde se mejora la producción de mineral mediante el control y reducción de la granulometría y reducción de costos de minado, realizado en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la mina Capitana.

b) Métodos específicos

Para el cumplimiento de la mejora del tonelaje de mineral mediante la aplicación del método de minado corte y relleno ascendente con circado en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la mina Capitana se consideró las siguientes actividades:

- ✓ Recopilación de informes. Se considera el análisis de la información de las áreas de mina, geología, geomecánica y planeamiento de meses anteriores.

- ✓ Trabajo de campo. Considera la obtención de la información presente en la ejecución del presente trabajo analizando los escenarios con y sin circado determinado el análisis de las mallas de perforación y voladura, tonelaje producido, granulometría y el análisis de costos de minado asociado a ambos escenarios en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la mina Capitana.

- ✓ Trabajo de gabinete. Se obtuvo el análisis de los resultados obtenidos determinado el control de la dilución en los escenarios con y sin circado en el método de minado corte y relleno ascendente aplicado en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la mina Capitana, determinando la influencia en los parámetros operacionales y económicos.
- ✓ Resultados. El resultado se obtiene del análisis comparativo de los escenarios de los métodos de minado con y sin circado para poder validar las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación.

3.1.2 Alcances de la investigación

Es del tipo aplicado, el cual busca el control y disminución de la granulometría para la mejora de la producción de mineral, influyendo en la reducción de costos de minado en el Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la mina Capitana.

3.2 Diseño de la investigación

Es descriptivo longitudinal, porque se realiza el análisis de la granulometría posvoladura, el que influirá en la mejora de la producción mediante la comparación del método de minado corte y relleno ascendente con y sin circado durante los meses de enero a marzo para la mejora y control de las variables operacionales y económicas.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a la unidad minera Capitana – Empresa SERMIQOZ.

3.3.2 Muestra

El estudio se desarrolló en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel Nv 1860.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se considera el uso de diversas técnicas e instrumentos de recolección de información que se detallarán más adelante.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Recopilación de información online (internet).
- ✓ Trabajo de campo: controles de las mallas de perforación y voladura, tonelaje producido y granulometría asociada a los escenarios con y sin circado.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Plantillas de recolección de parámetros operacionales: perforación y voladura, tonelaje y granulometría en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la unidad minera Capitana
- ✓ Uso de software para análisis de la granulometría (Wipfrag 3.3).
- ✓ Plantilla de Excel, etc.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la aplicación del método de minado corte y relleno ascendente con y sin circado permitirá el control y disminución de la dilución en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la unidad minera Capitana, donde los objetivos a mejorar es el incremento de la producción de mineral, disminución de la granulometría y reducción de costos de minado.

Para ver la influencia de la aplicación del método de minado con y sin dilución en los periodos de estudio (enero a marzo), se analiza los tonelajes producidos, el análisis de la granulometría post voladura y el análisis de los costos de minado.

4.1 Consideraciones operacionales de perforación y voladura

Para entender el comportamiento de la dilución asociadas en la aplicación del método de minado corte y relleno ascendente considerando los escenarios con y sin circado se considera el comportamiento de los parámetros de perforación y voladura teniendo en cuenta la longitud de perforación, los kilos de explosivos utilizados, el factor de potencia, etc.



*Figura 16. Perfil de la veta Esperanza, Nivel 1860
Tomada del Área de Planeamiento*

a) Análisis de variables de perforación y voladura: con y sin circado

El análisis del resumen de las variables de perforación y voladura considerando los escenarios de métodos de explotación con y sin circado se expone las variables: kilogramos de explosivo (kg), número de taladros perforados, factor de potencia (kg/t), factor de carga (kg/m³) y tipo de roca.

Tabla 9. Variables de perforación y voladura con y sin circado, veta Escondida

VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA						
MÉTODO DE MINADO: CORTE Y RELLENO ASCENDENTE - CON Y SIN CIRCADO						
METODO MINADO	VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA					
	EXPLOSIVO (kg/disp)	EXPLOSIVO (kg/tal)	N° TALADROS	FACT. POT. (kg/ton)	FACT. CARGA (kg/m ³)	TIPO ROCA
Corte y relleno ascendente - Sin circado	38.88	0.41	96	0.76	2.13	IVA
Corte y relleno ascendente - Concircado Veta	34.51	0.47	73	1.64	4.60	IVA
Corte y relleno ascendente - Concircado Estéril	5.83	0.49	12	0.17	0.47	IIIA - IIIB

El resumen de las variables de perforación y voladura en los escenarios sin circado (tipo roca: IVA), con circado en veta (tipo roca: IVA) y con circado en cajas (tipo roca: IIIA - IIIB) fueron de: kilogramos de explosivo por disparo: 38.88 (kg/disp), 34.51 (kg/disp) y 5.83 (kg/disp.) respectivamente, kilogramos de explosivo por taladro: 0.41 (kg/tal), 0.47 (kg/tal) y 0.49 (kg/tal) respectivamente, número de taladros: 96 taladros, 73 taladros y 12 taladros respectivamente, factor de potencia: 0.76 (kg/t), 1.64 (kg/t) y 0.17 (kg/t) respectivamente y el factor de carga con: 2.13 (kg/m³), 4.60 (kg/m³) y 0.47 (kg/m³) respectivamente.

Tabla 10. Resumen variables de perforación y voladura: con y sin circado, veta Escondida

RESUMEN DE VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA						
MÉTODO DE MINADO: CORTE Y RELLENO ASCENDENTE - CON Y SIN CIRCADO						
METODO MINADO	RESUMEN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA					
	EXPLOSIVO (kg/disp)	EXPLOSIVO (kg/tal)	N° TALADROS CARG.	FACT. POT. (kg/ton)	FACT. CARGA (kg/m ³)	TIPO ROCA
Corte y relleno ascendente - Sin circado	38.88	0.41	96	0.76	2.13	IVA
Corte y relleno ascendente - Concircado	40.34	0.47	85	0.72	2.01	IVA

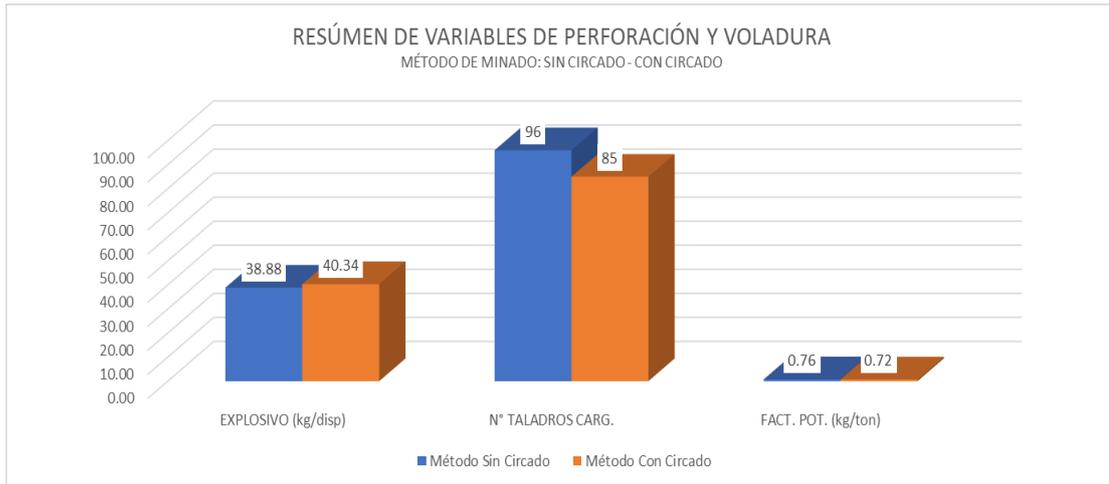


Figura 17. Resumen de variables de perforación y voladura con y sin circado. veta Esperanza

El resumen del análisis de las variables de perforación y voladura considera los escenarios totales del método de minado con y sin circado, teniendo en cuenta un incremento de kilogramos de explosivos sin circado con 38.88 kg/disp. Incrementándose en 40.34 kg/t, así mismo con una disminución de taladros cargados de 96 taladros escenario sin circado y disminuyendo a 85 taladros escenario con circado y finalmente una disminución del factor de potencia de 0.76 kg/t escenario sin circado y con 0.72 kg/t escenario con circado.

La disminución del factor de potencia está referido a menores taladros cargados en las cajas (estéril), ya que el grado de fragmentación se incrementó en la zona de estéril, el que servirá como relleno del tajo.

4.2 Análisis de la producción de mineral

Para el desarrollo del comportamiento de la producción asociada al presente estudio, se realizó el trabajo de campo durante los periodos enero, febrero y marzo. Para realizar el análisis de la mejora de la producción de mineral se comparó los escenarios sin circado (enero y febrero), con circado (marzo) en la veta Escondida.

Los parámetros operacionales consideran la calidad de mineral: leyes altas (10 a 20 gr/t), leyes económicas (5 a 10 gr/t), leyes marginales (3 a 5 gr/t) y desmonte (1 a 3 gr/t) y capacidad de los carros mineros U35 (1.28 t).

a) Periodo de enero: sin circado

Considera el resumen del análisis de calidad de mineral, potencia, cantidad carros (U35) y tonelaje acarreado por guardia y por mes.

Tabla 11. Resumen de tonelaje por calidad de mineral: mes enero sin circado

RESUMEN DE TONELAJE POR CALIDAD DE MINERAL										
MES DE ENERO										
MES	Zona	Ejecutor	Veta	Nivel	Tipo Mineral	Potencia Veta	Cant. Carros (prom)	Ton (prom)	Cant. Carros (total)	Ton (total)
ENERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Ley Alta	0.28	3.21	4.11	167.00	213.76
ENERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	1860 -Todos	Ley económica	0.28	3.23	4.14	711.00	910.08
ENERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Ley Marginal	0.31	3.26	4.18	111.00	142.08
ENERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Desmonte	0.28	5.33	6.83	32.00	40.96
PROMEDIO - TOTAL						0.29	3.76	4.81	1,021.00	1,306.88



Figura 18. Resumen de tonelaje por calidad de mineral, sin circado, enero

El ancho promedio de la veta Esperanza en enero fue de 0.29 m, un promedio de número de carros por guardia de 3.71 con un tonelaje promedio de 4.81 t/gdia y un total de carros mensuales en enero de 1,021 carros y un tonelaje mensual de 1,306.88 t/mes. En este periodo considera un tonelaje de desmonte de 40.96 toneladas.

b) Periodo de febrero: sin circado

Considera el resumen del análisis de calidad de mineral, potencia, cantidad carros (U35) y tonelaje acarreado por guardia y por mes.

Tabla 12. Resumen de tonelaje por calidad de mineral: mes febrero sin circado

RESUMEN DE TONELAJE POR CALIDAD DE MINERAL										
MES DE FEBRERO										
MES	Zona	Ejecutor	Veta	Nivel	Tipo Mineral	Potencia Veta	Cant. Carros (prom)	Ton (prom)	Cant. Carros (total)	Ton (total)
FEBRERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Ley Alta	0.26	3.00	3.84	66.00	84.48
FEBRERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	1860 - Todos	Ley económica	0.26	3.54	4.54	755.00	966.40
FEBRERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	1860 - Todos	Ley Marginal	0.31	3.98	5.10	243.00	311.04
FEBRERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	1860	Desmonte	0.20	3.67	4.69	11.00	14.08
PROMEDIO - TOTAL						0.26	3.55	4.54	1,075.00	1,376.00

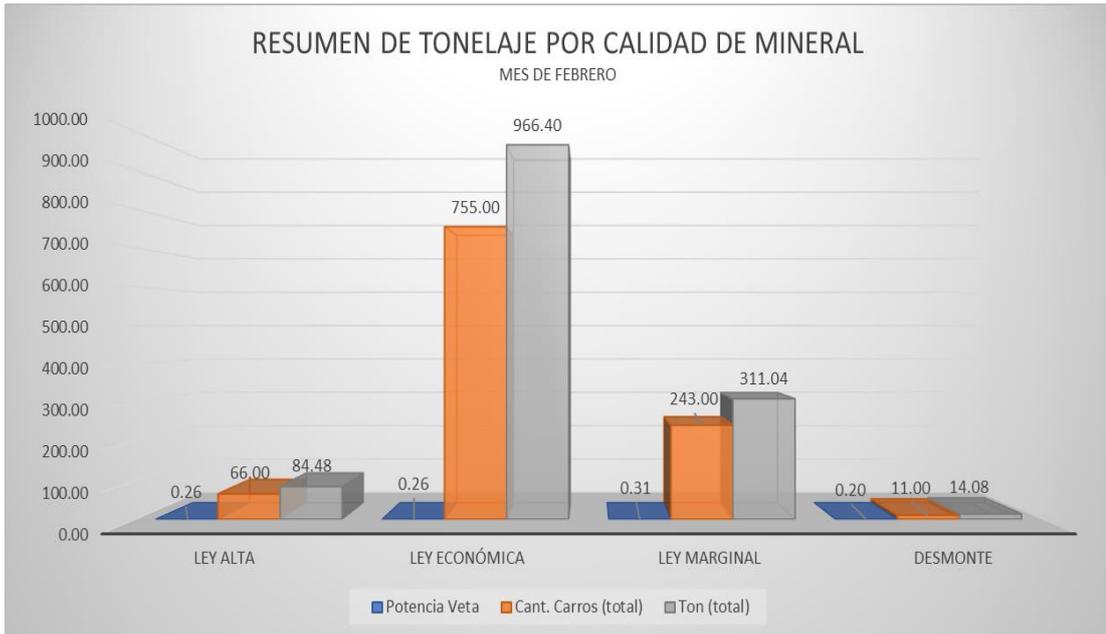


Figura 19. Resumen de tonelaje por calidad de mineral sin circado, febrero

El ancho promedio de la veta Esperanza en febrero fue de 0.26 m, un promedio de número de carros por guardia de 3.55 con un tonelaje promedio de 4.54 t/gdia y un total de carros mensuales en febrero de 1,075 carros y un tonelaje mensual de 1,376.00 t/mes. En este periodo considera un tonelaje de desmonte de 14.08 toneladas.

c) Periodo de marzo: con circado

Considera el resumen del análisis de calidad de mineral, potencia, cantidad carros (U35) y tonelaje acarreado por guardia y por mes.

Tabla 13. Resumen de tonelaje por calidad de mineral: mes marzo con circado

RESUMEN DE TONELAJE POR CALIDAD DE MINERAL										
MES DE MARZO										
MES	Zona	Ejecutor	Veta	Nivel	Tipo Mineral	Potencia Veta	Cant. Carros (prom)	Ton (prom)	Cant. Carros (total)	Ton (total)
MARZO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Ley Alta	0.26	2.97	3.80	309.02	395.55
MARZO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Ley económica	0.29	3.49	4.47	692.00	885.76
MARZO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Ley Marginal	0.23	3.33	4.27	120.00	153.60
PROMEDIO - TOTAL						0.26	3.27	4.18	1,121.02	1,434.91

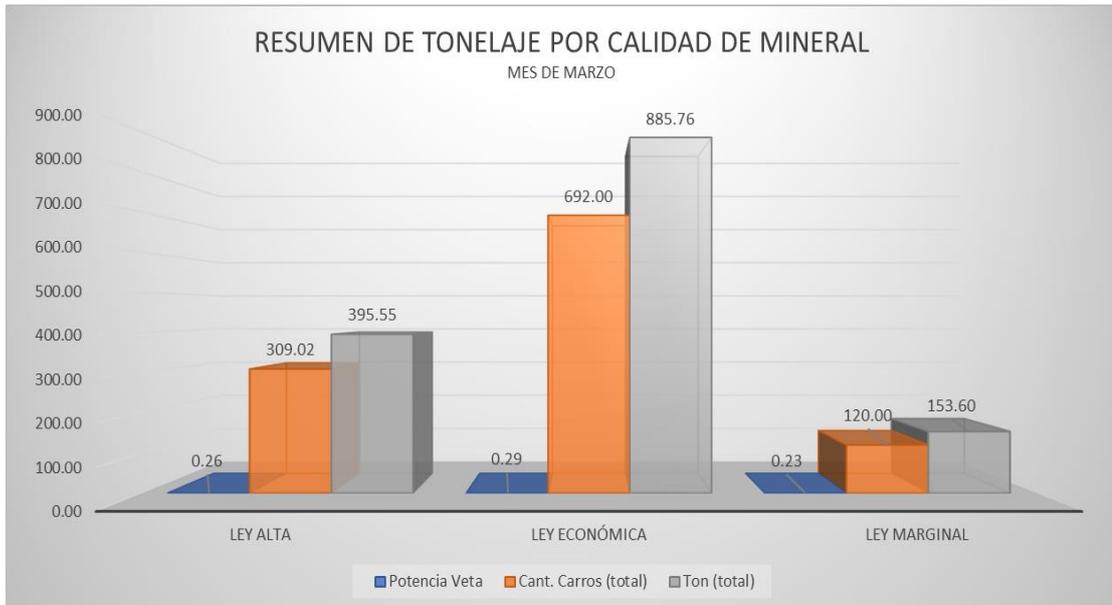


Figura 20. Resumen de tonelaje por calidad de mineral con circado, marzo

El ancho promedio de la veta Esperanza en marzo fue de 0.26 m, un promedio de número de carros por guardia de 3.27 con un tonelaje promedio de 4.18 t/gdia y un total de carros mensuales en marzo de 1,121 carros y un tonelaje mensual de 1,434.91 t/mes. En este periodo no se considera desmonte por ser explotado con circado.

d) Resumen de análisis de producción

Durante el análisis de resumen de producción se considera los escenarios sin circado (enero y febrero) y con circado (marzo).

Tabla 14. Resumen total de tonelaje: con y sin circado

RESUMEN TOTAL DE TONELAJE: CON Y SIN CIRCADO											
PERIODO. ENERO A MARZO											
PERIODO	Zona	Ejecutor	Veta	Nivel	Tipo Mineral	Potencia Veta	Cant. Carros (prom)	Ton (prom)	Cant. Carros (total)	Ton desmonte	Ton mineral
ENERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Todos	0.29	3.76	4.81	1021.00	40.96	1306.88
FERERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Todos	0.26	3.55	4.54	1075.00	14.08	1376.00
MARZO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	Todos	0.26	3.27	4.18	1121.02	0.00	1434.91
PROMEDIO - TOTAL						0.27	3.53	4.51	3,217.02	55.04	4,117.79

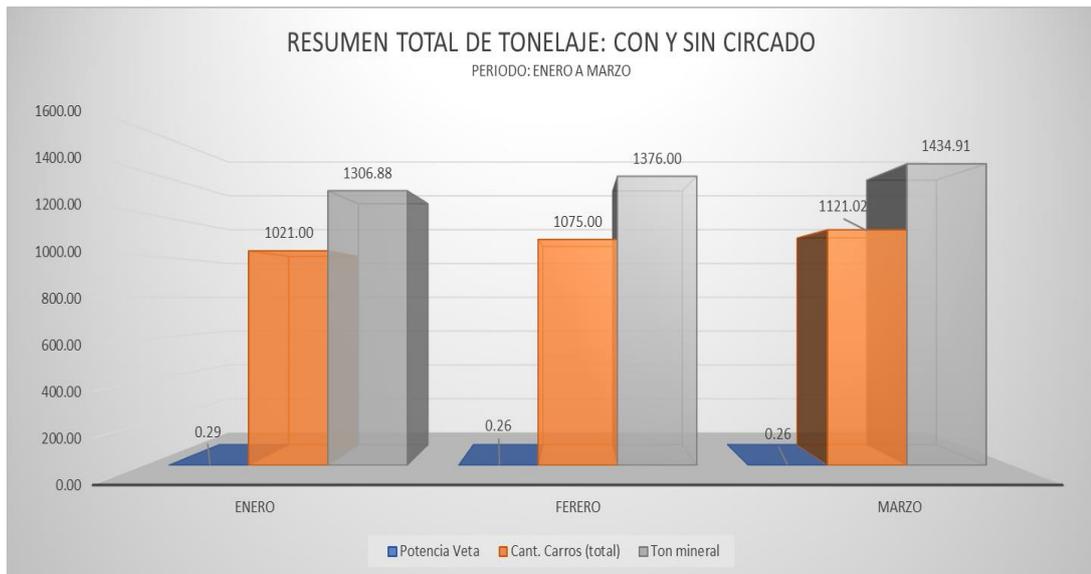


Figura 21. Resumen total de tonelaje con y sin circado

El total de tonelaje de mineral considerado en los periodos de enero, febrero y marzo fue de 1306.88, 1376.00 y 1434.91 toneladas respectivamente, observándose el incremento de la producción de mineral en el mes de marzo, producto de aplicar el método de minado con circado.

Asimismo, el tonelaje de desmonte durante el periodo de enero y febrero aplicando el método de minado sin circado fue de 55.04 toneladas y durante el mes de marzo aplicando el método de minado con circado fue de cero.

4.3 Análisis de la granulometría: con y sin circado

Para poder considerar el incremento de tonelaje de mineral aplicando el método de minado con circado se realizó el análisis de la granulometría en los escenarios evaluados en el tajo Tj 120E, veta Escondida y nivel 1860 de la unidad minera Capitana, durante los meses de enero y febrero (sin circado) y marzo (con circado).

El objetivo es comparar el grado de fragmentación post voladura en tajos con circado y tajos sin circado, al determinar las curvas granulométricas nos ayudará a ver el comportamiento del P80 (granulometría) generado y relacionar con la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35) y validar su mejora en el tonelaje producido.

a) Análisis de la granulometría sin circado: enero - febrero



Figura 22. Mineral post voladura Tj 120E, sin circado



Figura 23. Análisis de granulometría Tj 120E sin circado

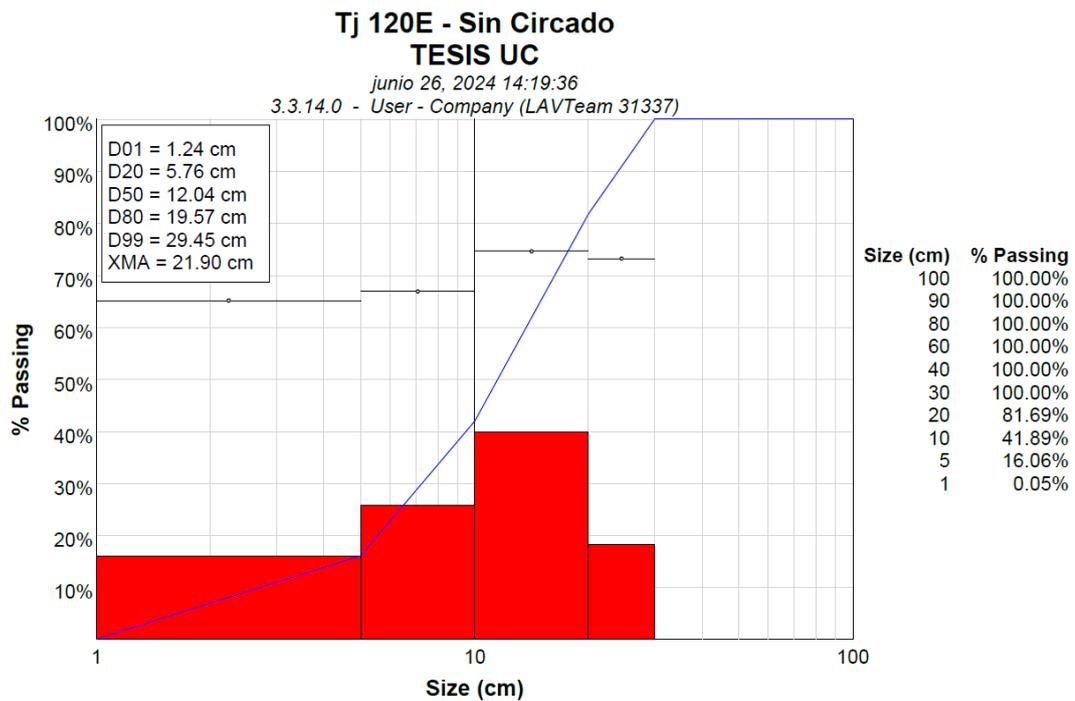


Figura 24. Perfil de la granulometría Tj 120E sin circado

Tabla 15. Granulometría post voladura Tj 120E sin circado

ANÁLISIS DE LA GRANULOMETRÍA: Tj 120E VETA ESCONDIDA, NV 1860

SIN CIRCADO

PERIODO	MÉTODO MIADO	GRANULOMETRÍA - P80 (cm)	FILL FACTOR (%)	PORCENTAJE PASANTE	
				Tamaño (cm)	% PASANTE
Enero - Febrero	Sin Circado	19.57	75	20	81.60

La evaluación de la granulometría realizada en el Tj 120E de la veta Escondida durante el escenario sin circado se observa los siguientes resultados: granulometría (P80) con 19.57 cm y un fill factor (factor de llenado) de 75 % el cual incidirá en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35). El análisis del porcentaje pasante fue del 81.60 %, lo que indica que el 19.40 % tendrá inconvenientes en la etapa de conminución (chancado y molienda), considerando un menor tonelaje procesado, incrementando el mayor consumo de energía y mayores costos operacionales.

b) Análisis de la granulometría con circado: marzo



Figura 25. Mineral post voladura Tj 120E, con circado

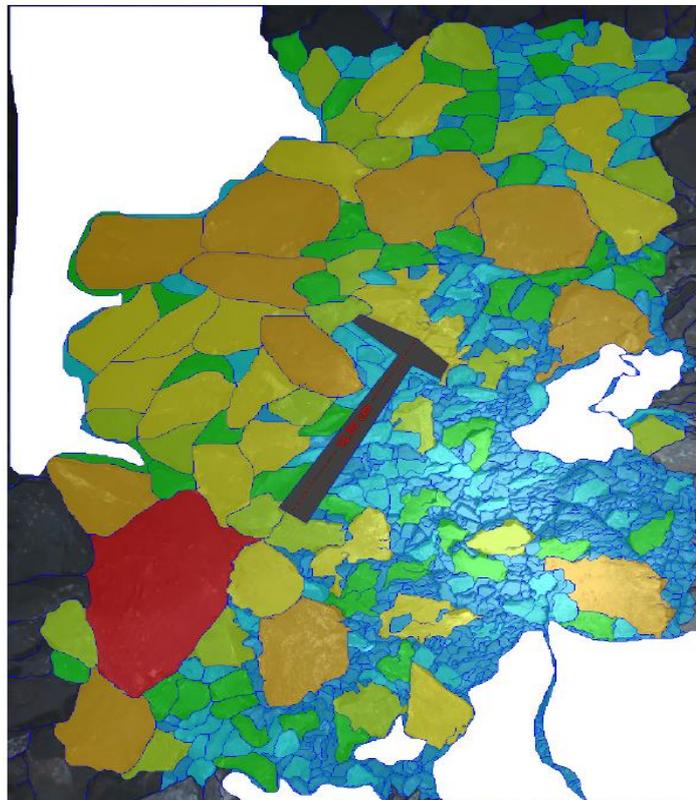


Figura 26. Análisis de granulometría Tj 120E con circado

Tj 120E - Con Circado
TESIS UC

junio 26, 2024 14:20:18

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)

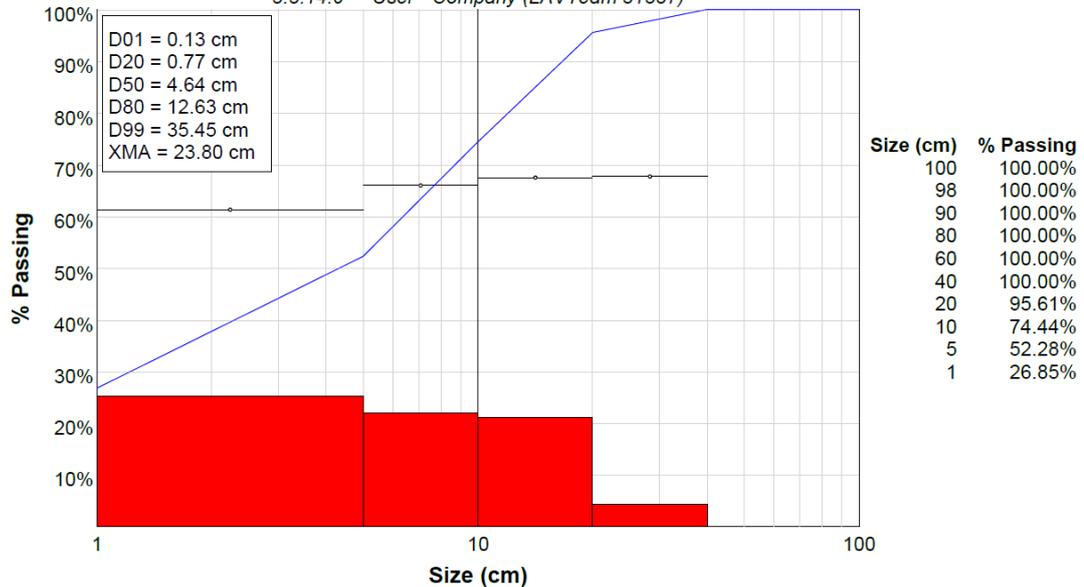


Figura 27. Perfil de la granulometría Tj 120E sin circado

Tabla 16. Granulometría posvoladura Tj 120E con circado

ANÁLISIS DE LA GRANULOMETRÍA: Tj 120E VETA ESCONDIDA, NV 1860

CON CIRCADO

PERIODO	MÉTODO MIADO	GRANULOMETRÍA - P80 (cm)	FILL FACTOR (%)	PORCENTAJE PASANTE	
				Tamaño (cm)	% PASANTE
Marzo	Con Circado	12.63	85	20	95.61

La evaluación de la granulometría realizada en el Tj 120E de la veta Escondida durante el escenario con circado señala los siguientes resultados: granulometría (P80) con 12.63 cm y un fill factor (factor de llenado) de 85 % que incidirá en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35). El análisis del porcentaje pasante fue del 95.60 %, lo que indica que solo el 4.40 % tendrá inconvenientes en la etapa de conminución (chancado y molienda), mejorando el tonelaje procesado, disminuyendo el consumo de energía y reduciendo los costos operacionales comparado con el escenario sin circado.

c) Resumen de la granulometría Tj 120E: escenario con y sin circado

Los resultados obtenidos en el análisis de la granulometría en el Tj 120E durante el escenario sin circado (enero y febrero) y el escenario con circado (marzo) indican un mejor control de los resultados. Se observa una disminución de la granulometría (P80), incremento del factor de llenado y una mejora del porcentaje pasante durante el periodo con circado en el Tj 120E de la veta Escondida.

Tabla 17. Resumen de la granulometría Tj 120E con y sin circado, veta Escondida

RESUMEN DE ANÁLISIS DE LA GRANULOMETRÍA: Tj 120E VETA ESCONDIDA, NV 1860

ESCENARIOS: CON Y SIN CIRCADO

PERIODO	MÉTODO MIADO	GRANULOMETRÍA - P80 (cm)	FILL FACTOR (%)	PORCENTAJE PASANTE	
				Tamaño (cm)	% PASANTE
Enero - Febrero	Sin Circado	19.57	75	20	81.60
Marzo	Con Circado	12.63	85	20	95.61
MEJORA		6.94	10	20	14.01

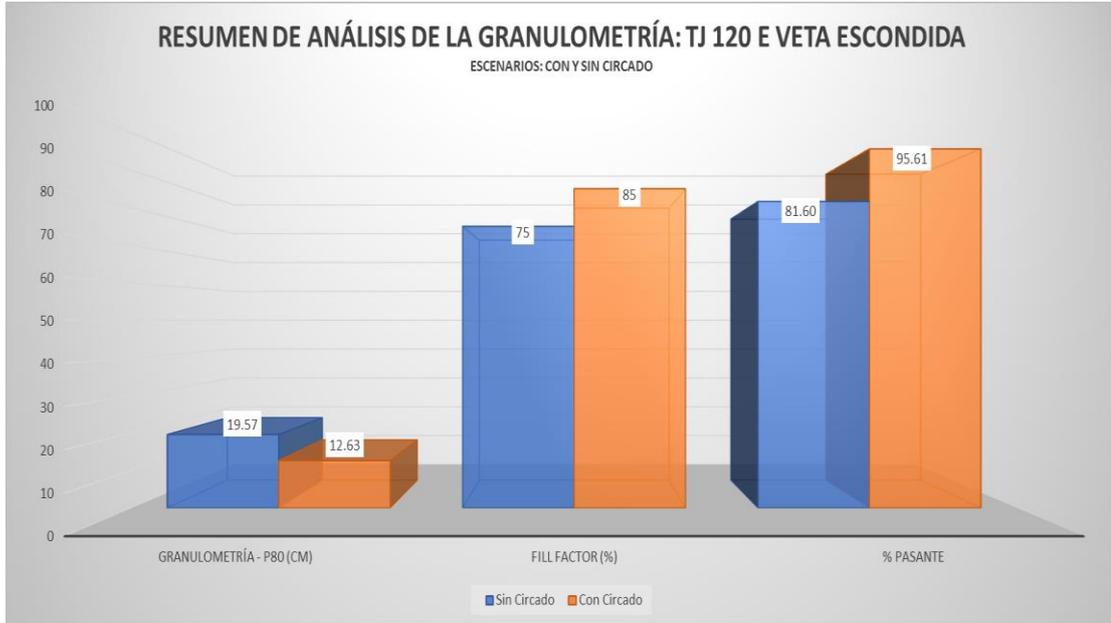


Figura 28. Resumen de análisis de la granulometría, con y sin circado

Los resultados obtenidos durante el presente estudio entre los periodos sin circado (enero y febrero) y el periodo con circado (marzo) considera una disminución de la granulometría (P80) de 19.57 cm a 12.63 cm, un incremento del factor de llenado del 75 % al 85 % y una mejora en el porcentaje pasante de 81.60 % a 95.61 %.

Estos resultados corroboran la mejora del tonelaje producido del mineral posvoladura en los periodos de estudio (enero a marzo), producto de una disminución de la granulometría en 6.94 cm, mejora del factor de llenado en en 10% y un incremento del porcentaje pasante en 14.01% mejorando las toneladas procesadas.

4.4 Análisis de costos de minado: con y sin circado

El análisis de los costos de minado en los escenarios con y sin circado está directamente relacionado a los resultados obtenidos en los análisis realizados en los ítems anteriores (producción y granulometría), para determinar su influencia directa en las variables operacionales analizadas.

Los costos de minado programados en el escenario sin circado es de 958.33 S/t y en el escenario con circado de 869.91 S/t, considerando costos unitarios de 18.79 S/t y 15.51 S/t en los escenarios planteados. Asimismo, la mejora del rendimiento por taladro fue de 0.53 t/tal sin circado y de 0.66 t/tal con circado.

a) Resumen de costos de minado Tj 120E: con y sin circado

En base a los resultados obtenidos en la producción de mineral fueron de 1,306.88 t para el mes de enero, de 1,376.00 t para el mes de febrero y de 1,434.91 t para el mes de marzo.

Tabla 18. Resumen de costos de minado Tj 120E: con y sin circado

RESUMEN COSTOS DE MINADO: CON Y SIN CIRCADO									
PERIODO: ENERO A MARZO									
PERIODO	Zona	Ejecutor	Veta	Tipo Mineral	Potencia Veta	Costo de minado (S/. /ton)	Ton mineral	Costo total (S/. /ton)	Ton desmonte
ENERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	0.29	958.33	1306.88	1,252,417	40.96
FERERO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	0.26	958.33	1376.00	1,318,657	14.08
MARZO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	0.26	869.61	1434.91	1,247,803	0.00
PROMEDIO - TOTAL					0.27	928.75	1,372.60	1,272,959	55.04



Figura 29. Resumen de costos de minado: con y sin circado

De acuerdo al tonelaje producido en los periodos de enero, febrero y marzo, se considera costos de minado mensuales de 1,252,417 S/mes, 1,318,657 S/mes y 1,247,803 S/mes respectivamente.

Se observa que para el escenario sin circado (enero y febrero) los costos de minado son superiores al escenario con circado (marzo). El menor costo asociado al escenario con circado es producto del incremento de la producción por el control de la granulometría post voladura y disminución y/o control de la dilución asociada al escenario sin circado.

4.5 Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación señala: “Al determinar la aplicación del método de minado con circado influye en la producción de mineral en el Tj 120E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, 2023”.

Para validar la hipótesis general se plantea el desarrollo y validación de las hipótesis específicas, donde se consideran el análisis comparativo de los escenarios sin circado (enero y febrero) y con circado (marzo), evaluando variables operacionales y económicas, siendo estas: tonelaje producido, granulometría post voladura y costos de minado asociados a los escenarios planteados.

Los resultados obtenidos influyen directamente en la mejora de los diferentes procesos unitarios operacionales de mina y planta, considerando una mejora en el rendimiento operacional por el mayor tonelaje producido, mejor calidad de mineral, control de la granulometría y reducción de costos de operación.

a) Validación del grado de fragmentación

El resultado obtenido del grado de fragmentación posvoladura en los escenarios comparados sin circado (enero y febrero) y con circado (marzo) permitió observar un mejor control en la fragmentación cuando aplicamos el circado en el Tj 120E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, disminuyendo la granulometría de 19.57 cm a 12.63 cm, mejorando el control y rendimiento del tonelaje producido.

Tabla 19. Validación de la granulometría

VALIDACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA: Tj 120E VETA ESCONDIDA, NV 1860					
ESCENARIOS: CON Y SIN CIRCADO					
PERIODO	MÉTODO MIADO	GRANULOMETRÍA - P80 (cm)	FILL FACTOR (%)	PRODUCCIÓN	
				MINERAL (ton)	DESMONTE (ton)
Enero - Febrero	Sin Circado	19.57	75	1,341.44	27.52
Marzo	Con Circado	12.63	85	1,434.91	0.00
MEJORA		-6.94	10	93.47	-27.52

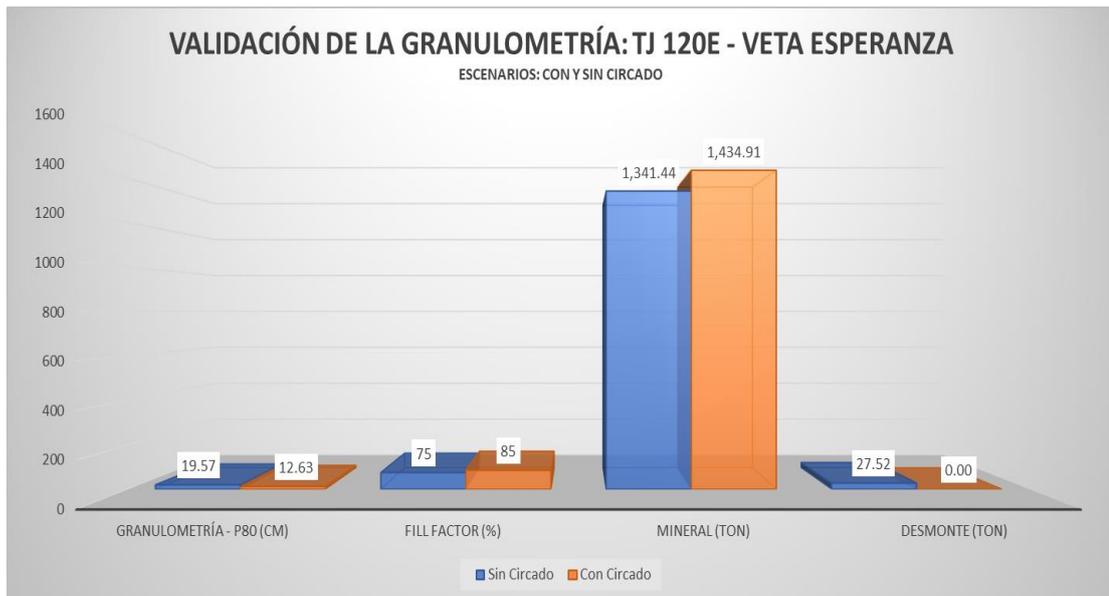


Figura 30. Validación de la granulometría del Tj 120E, con y sin circado

El análisis comparativo en los escenarios con y sin circado permitió la reducción de la granulometría en 6.94 cm, influyendo directamente en el factor de llenado (fill factor) incrementando del 75 % al 85 %. La mejora del factor de llenado en 10 % en el escenario con circado ayudará a la mejora e incremento en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35), incrementando el tonelaje acarreado de mineral. La reducción de la granulometría en 6.94 cm permitió el incremento del tonelaje de 1,341.44 t (escenario sin circado) a 1,434.91 t (escenario con circado), validando la primera hipótesis planteada.

b) Validación del tonelaje de mineral producido

Del análisis del tonelaje producido en los escenarios evaluados con y sin circado, se observa un marcado incremento del tonelaje de mineral producido durante el mes de marzo (con circado), incrementando la cantidad de carros U35 acarreados y disminuyendo el desmonte en 27.52 ton.

Tabla 20. Validación del tonelaje de mineral producido

VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS: TONELAJE DE MINERAL									
ESCENARIOS: EXPLOTACIÓN CON Y SIN CIRCADO									
PERIODO	Zona	Ejecutor	Veta	Potencia Veta	Cant. Carros (prom)	Ton (prom)	Cant. Carros (total)	Ton desmonte	Ton mineral
ENERO - FEBRERO: SIN CIRCADO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	0.27	3.65	4.68	1048.00	27.52	1,341.44
MARZO: CON CIRCADO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	0.26	3.27	4.18	1121.02	0.00	1,434.91
MEJORA				0.27	3.46	4.43	73.02	-27.52	93.47

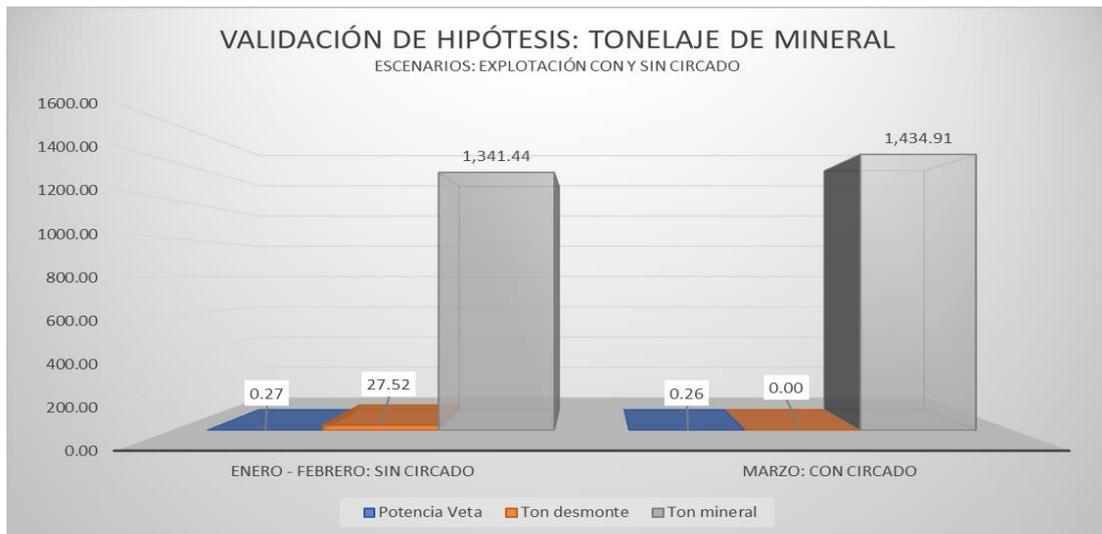


Figura 31. Validación del tonelaje de mineral producido

De acuerdo a la disminución de la granulometría en el escenario con circado, se incrementó la cantidad de carros de acarreo U35 de 1,048 a 1,121 unidades, incrementando el tonelaje acarreado de 1,341.34 t (escenario sin circado) a un tonelaje acarreado de 1,434.91 t (escenario con circado). La mejora en 93.47 ton producidos, durante el mes de marzo fue producto del ciclo de minado realizado, siendo la primera etapa minar la estructura mineralizada para luego ser extraído y luego minar la parte estéril, el cual servirá como base de relleno a utilizar, este proceso ayuda a mejorar en el tiempo de minado, extrayendo mineral con mayor constancia e incrementando su producción.

c) Validación de los costos de minado

El incremento del tonelaje en el escenario con circado permitió el control de costos, producto del incremento del tonelaje producido en el escenario con circado (marzo), comparado con el escenario sin circado (enero y febrero).

Tabla 21. Validación de costos de minado

VALIDACIÓN DE COSTOS DE MINADO: CON Y SIN CIRCADO									
PERIODO: ENERO A MARZO									
ESCENARIO	Zona	Ejecutor	Veta	Tipo Mineral	Potencia Veta	Costo de minado (\$/ton)	Ton mineral	Costo total (\$/ton)	Ton desmonte
SIN CIRCADO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	0.27	958.33	1341.44	1,285,537	26.88
CON CIRCADO	ZONA I	SERMIQOZ	LA ESCONDIDA	Todos	0.26	869.61	1434.91	1,247,803	0.00
MEJORA: REDUCCIÓN COSTOS					0.27	88.72	93.47	37,734	26.88



Figura 32. Validación de costos de minado

El costo de minado en el escenario sin circado (enero y febrero) es de 958.33 S/t y en el escenario con circado (marzo) es de 869.61 S/t. El menor costo en 88.72 S/t en el escenario con circado permitió la disminución de costos operacionales durante el periodo de evaluación en S/. 37,734.

Finalmente, la disminución en costos de minado considera un control de la granulometría posvoladura, siendo el escenario con circado el óptimo realizado en el presente estudio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El objetivo del presente trabajo de investigación es la mejora de la producción de mineral en el Tj 120 E, veta Escondida, Nivel 1860 de la unidad minera Capitana, mediante el análisis de la granulometría posvoladura, tonelaje producido y costos asociados al método de minado en los escenarios: sin circado (enero y febrero) y con circado (marzo).

En relación a la evaluación de la granulometría realizada en el Tj 120E de la veta Escondida durante el escenario sin circado (enero y febrero), se observa los siguientes resultados: granulometría (P80) con 19.57 cm y un fill factor (factor de llenado) de 75 % el que incidirá en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35). El análisis del porcentaje pasante fue del 81.60 %, lo que indica que el 19.40 % tendrá inconvenientes en la etapa de conminución (chancado y molienda), considerando un menor tonelaje procesado, incrementando el mayor consumo de energía y mayores costos operacionales.

En cuanto a la evaluación de la granulometría realizada en el Tj 120E de la veta Escondida durante el escenario con circado (marzo), se observa los siguientes resultados: granulometría (P80) con 12.63 cm y un fill factor (factor de llenado) de 85 % el que incidirá en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35). El análisis del porcentaje pasante fue del 95.60 %, lo que indica que solo el 4.40 % tendrá inconvenientes en la etapa de conminución (chancado y molienda), mejorando el tonelaje procesado, disminuyendo el consumo de energía y reduciendo los costos operacionales comparado con el escenario sin circado.

Los resultados obtenidos en el análisis de la granulometría corroboran la mejora del tonelaje producido del mineral posvoladura en los periodos de estudio (enero a marzo), producto de una disminución de la granulometría en 6.94 cm, mejorando el factor de llenado en un 10 % y un incremento del porcentaje pasante en 14.01 % mejorando las toneladas procesadas.

El análisis del tonelaje producido durante el mes de enero (sin circado) considera un ancho promedio de la veta Esperanza en 0.29 m, un promedio de número de carros por guardia de 3.71 unidades, con un tonelaje promedio de 4.81 t/gdía y un total de carros mineros (U35) de 1,021 carros, generando un tonelaje total de 1,306.88 t/mes. En este periodo se considera un tonelaje de desmonte de 40.96 toneladas.

El análisis del tonelaje producido durante el mes de febrero (sin circado) considera un ancho promedio de la veta Esperanza en 0.26 m, un promedio de número de carros por guardia de 3.55 unidades, con un tonelaje promedio de 4.54 t/gdía y un total de carros mineros (U35) de 1,075 carros, generando un tonelaje total de 1,376.00 t/mes. En este periodo se considera un tonelaje de desmonte de 14.08 toneladas.

El análisis del tonelaje producido durante el mes de marzo (con circado) considera un ancho promedio de la veta Esperanza en 0.26 m, un promedio de número de carros por guardia de 3.27 con un tonelaje promedio de 4.18 t/gdía y un total de carros mineros (U35) de 1,121 carros, generando un tonelaje total de 1,434.91 t/mes. En este periodo no se considera desmonte por ser explotado con circado.

Los resultados obtenidos en el análisis del tonelaje producido para los periodos de enero, febrero y marzo fueron de: 1306.88, 1376.00 y 1434.91 toneladas respectivamente, observándose el incremento de la producción de mineral en el mes de marzo, producto de aplicar el método de minado con circado y disminución de la granulometría en 6.94 cm, mejorando la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35) con mayor tonelaje transportado y una disminución del desmonte en cero.

El incremento del tonelaje en el escenario con circado (marzo) permitió el control de costos, comparado con el escenario sin circado (enero y febrero).

El costo de minado en el escenario sin circado (enero y febrero) fue de 958.33 S/t y en el escenario con circado (marzo) fue de 869.61 S/t. El menor costo en 88.72 S/t en el escenario con circado permitió la disminución de costos operacionales durante el periodo de evaluación en S/. 37,734. La reducción de los costos de minado fue producto del control de la granulometría posvoladura, mejorando la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (U35) e incrementando el tonelaje en el escenario con circado.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda aplicar modelos geometalúrgicos en el desarrollo de trabajos similares, considerando la variabilidad de los componentes mineralógicos de la estructura mineralizada, ejemplo mayor o menor presencia de gangas metálicas (pirita, arsenopirita, etc) y la influencia en la densidad de mineral en los carros mineros (U35).

Se recomienda realizar un análisis de tiempos en las distintas actividades asociadas al ciclo de minado con y sin circado para poder identificar las pérdidas de tiempo operacional y mejorar el rendimiento.

Se recomienda realizar estudios de mezcla de mineral de los diferentes tajeos sin circado y poder incrementar la recuperación de mineral en la etapa de planta.

Se recomienda realizar estudios entre el tonelaje producido (mina) y el tonelaje procesado (planta) para determinar el efecto que genera la mezcla de mineral en el cumplimiento de los planes de producción.

Se recomienda realizar el análisis del valor de mineral considerando el efecto que genera la dilución no programada en el método de minado sin circado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SANCHEZ, Sebastián. Evaluación de proyecto de extracción y procesamiento de mineral remanente de oro y cobre en distrito Guanaco. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2023, 119 pp.
2. MAUREIRA, Ignacio. Estudio comparativo entre los depósitos Altamira y las luces, cordillera de la costa, región de Antofagasta: implicancias para el origen de los depósitos Estratoligados De Cu – (Ag). Memoria (Grado de Magíster en Ciencias, Mención Geología). Santiago: Universidad de Chile, 2018. 106 pp.
3. VARGAS, Víctor. Análisis minado selectivo para explotar vetas angostas de oro en la Minera Marsa S.A. Pataz – Región la Libertad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2021, 82 pp.
4. TUNQUIPA, Edgar y DIAZ, Andy. Optimización de costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación del NV 1715 en la Unidad Minera Chalhuané – 2021. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2021, 84 pp.
5. QUIÑONEZ, Paul y BARRETO, Frank. Análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo para la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Chungar – mina Animón, 2023. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2023, 111 pp.
6. DATA DE OPERACIONES MINA: información geológica, geomecánica y operacional del tajo TJ 120 E, Veta Escondida, Nivel 1860 de la Unidad Minera Capitana, 2023.

ANEXOS

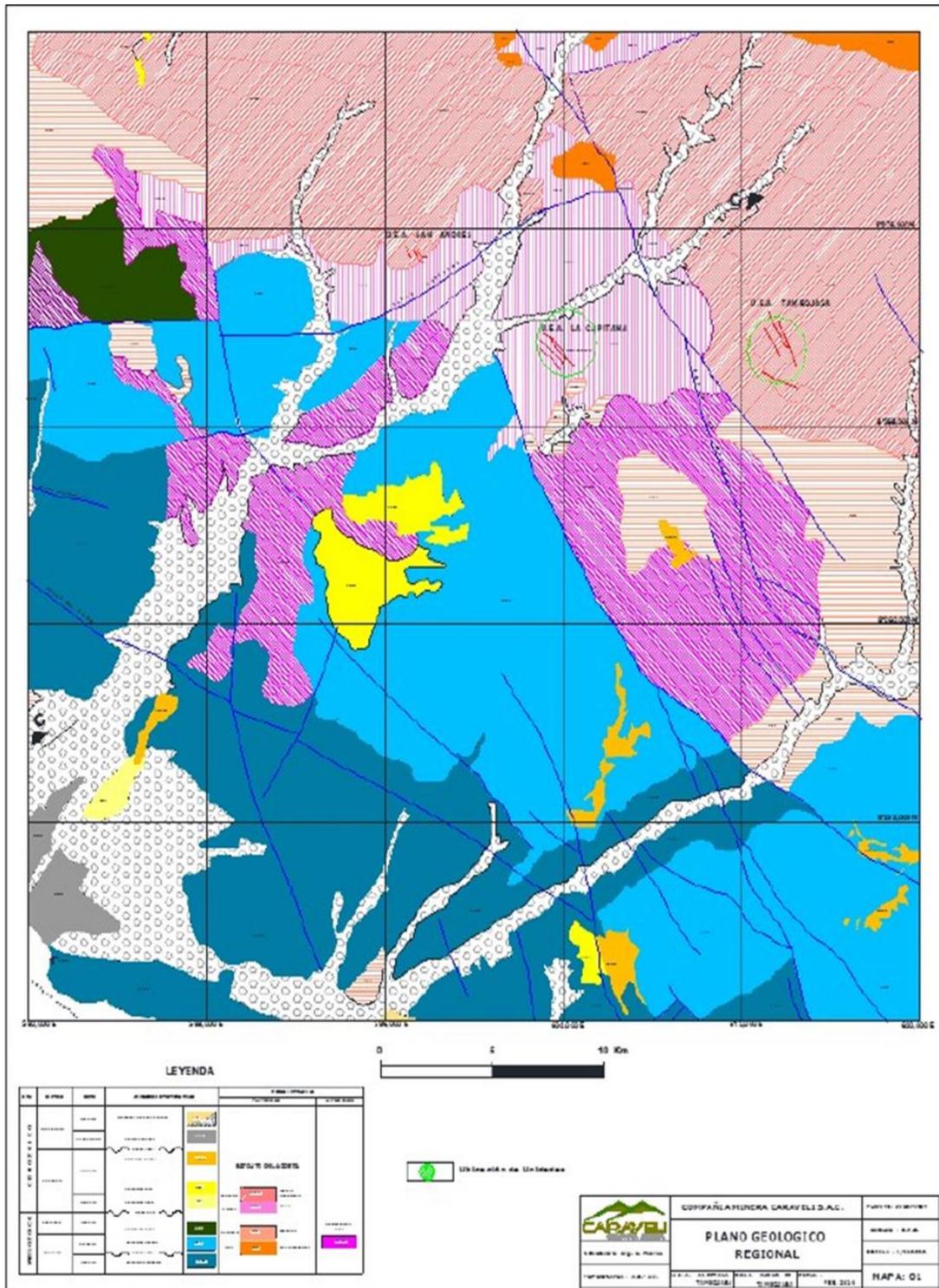
Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				Tipo
Aplicación del método de minado con circado en la Unidad Minera Capitana.	La aplicación del método de minado con circado, genera el control de la dilución y un tonelaje selectivo..	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de geología • Departamento geomecánica. • Departamento operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros geológicos Parámetros geomecánicos Parámetros operacionales 	<ul style="list-style-type: none"> yacimiento, leyes, alteración, etc. Propiedades del macizo rocoso. Tonelaje, NSR, costos, etc..
VD:				
Análisis de las variables operacionales para la mejora de la producción en el Tj 120 E, Veta Escondida, Nivel 1860.	La mejora de la calidad del tonelaje producido es aplicar el método de minado con circado, mejorando y cumpliendo la calidad de mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Área de planeamiento. • Área de Costos productividad. 	<ul style="list-style-type: none"> Operacionales Rendimiento operacional 	<ul style="list-style-type: none"> Calidad de tonelaje producido, dilución, recuperación, etc.. Reducción de costos operacionales, control de la granulometría, reducción de dilución, etc.

Anexo 2
Planos en planta y perfil



*Figura 2. Geología regional, mina Capatana
Tomada de Área de Geología*

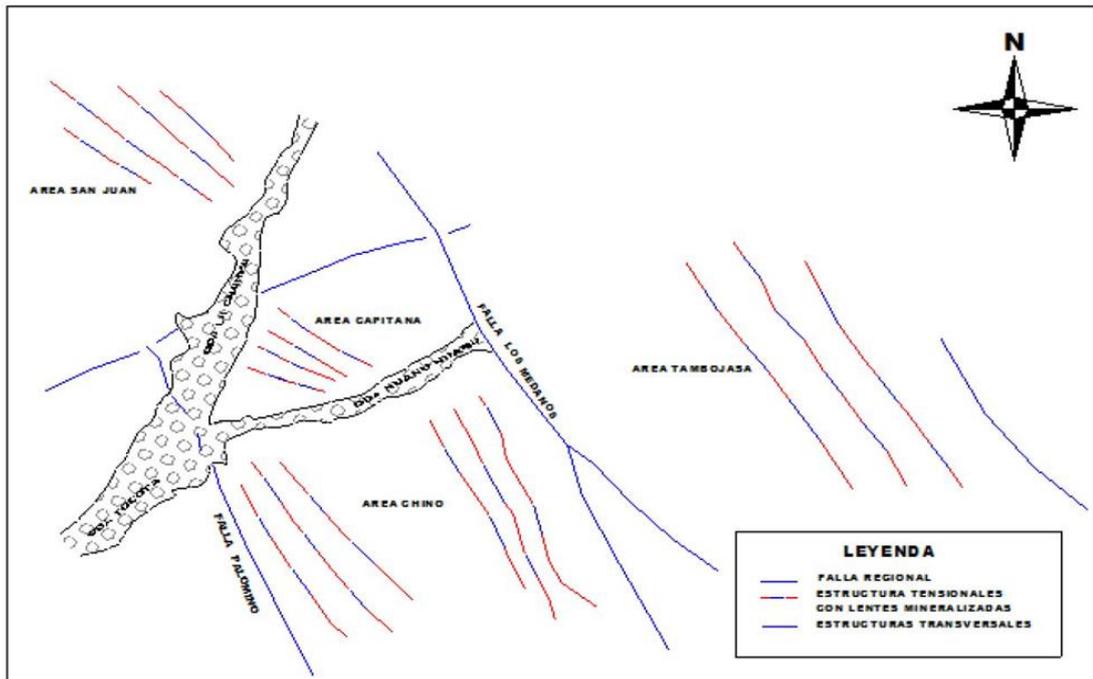


Figura 4. Comportamiento estructural, mina Capitana
Tomada de Área de Geología

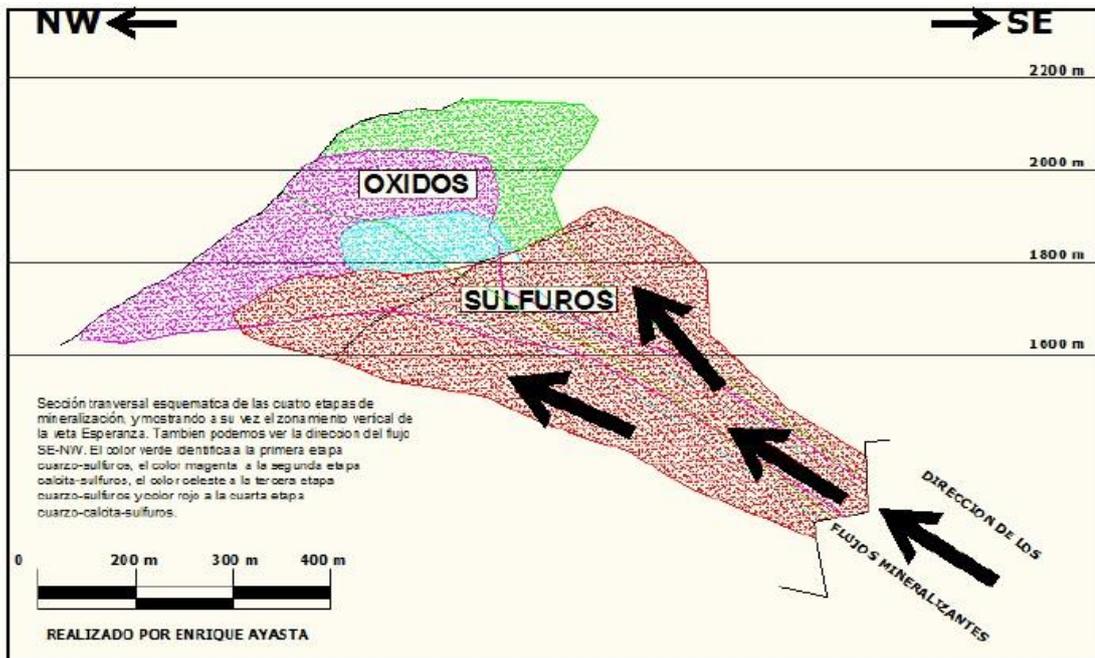
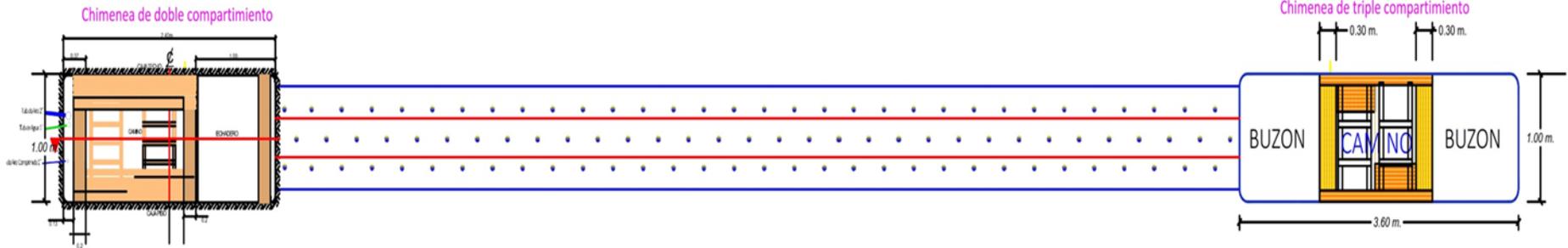


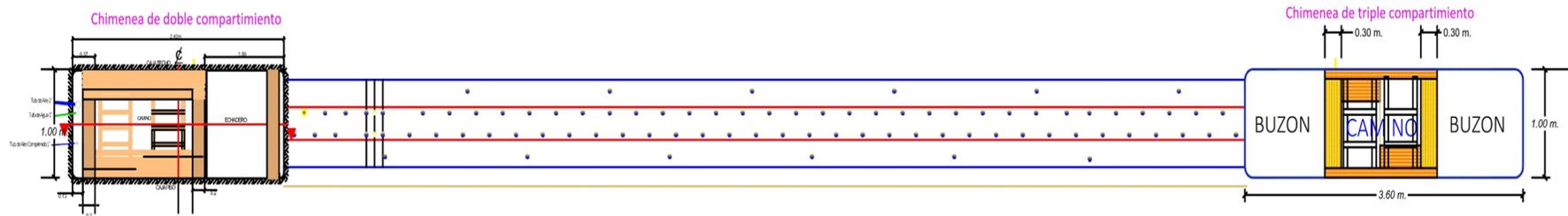
Figura 5. Zoneamiento de la mineralización
Tomada de Área de Geología

Malla de Perforación tajos Sección 0.80 x 16.10 m.



*Figura 9. Malla de perforación en tajos, sin circado.
Tomada del Área Planeamiento*

Malla de Perforación tajos Sección 0.80 x 16.10 m.



*Figura 10. Malla de perforación en tajos, con circado.
Tomada del Área Planeamiento*

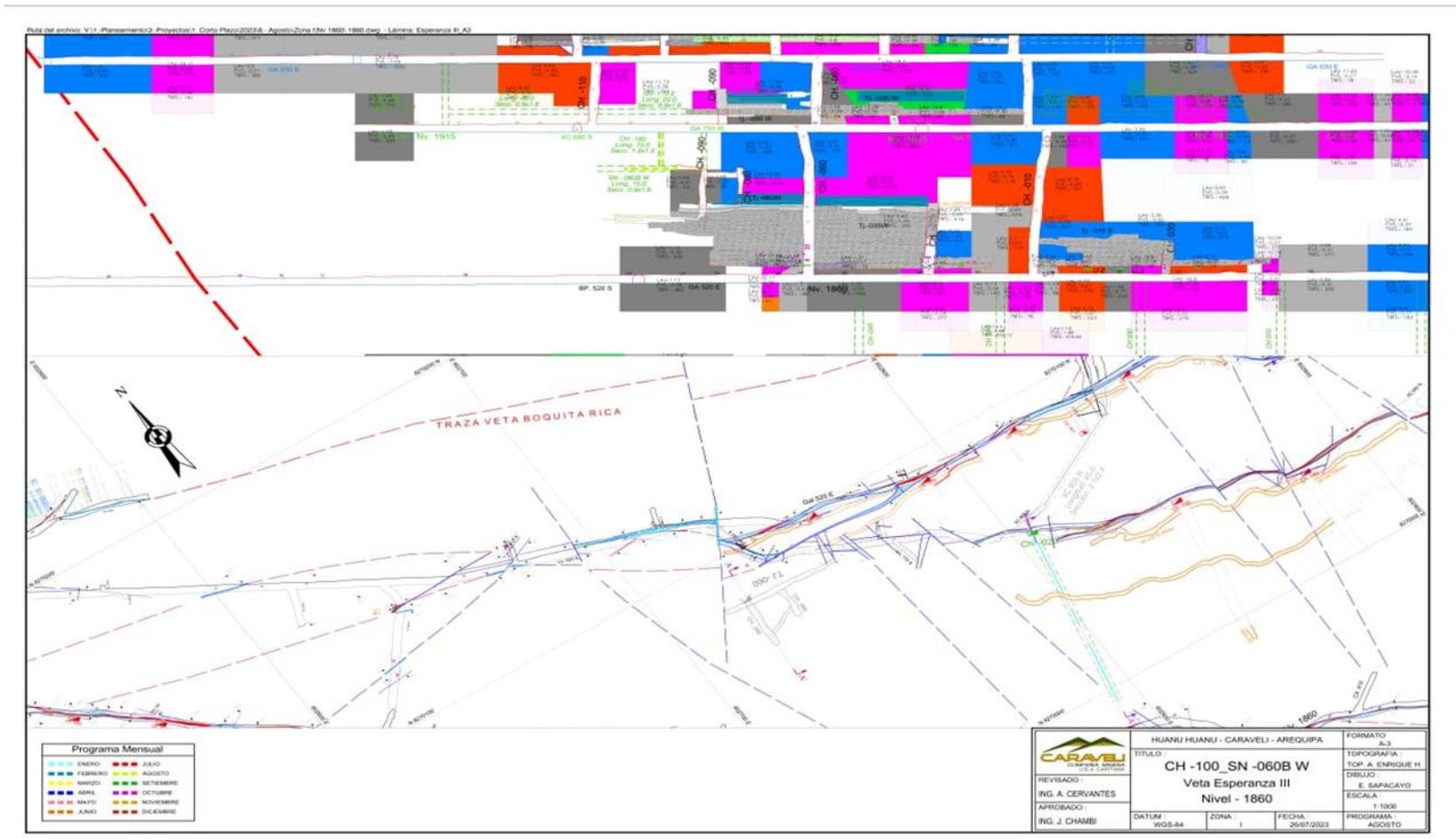


Figura 16. Perfil de la veta Esperanza, Nivel 1860
Tomada del Área Planeamiento

Anexo 3

Fotos – Análisis de granulometría



Figura 22. Mineral post voladura Tj 120E, sin circado



Figura 23. Análisis de granulometría Tj 120E sin circado



Figura 25. Mineral post voladura Tj 120E, con circado

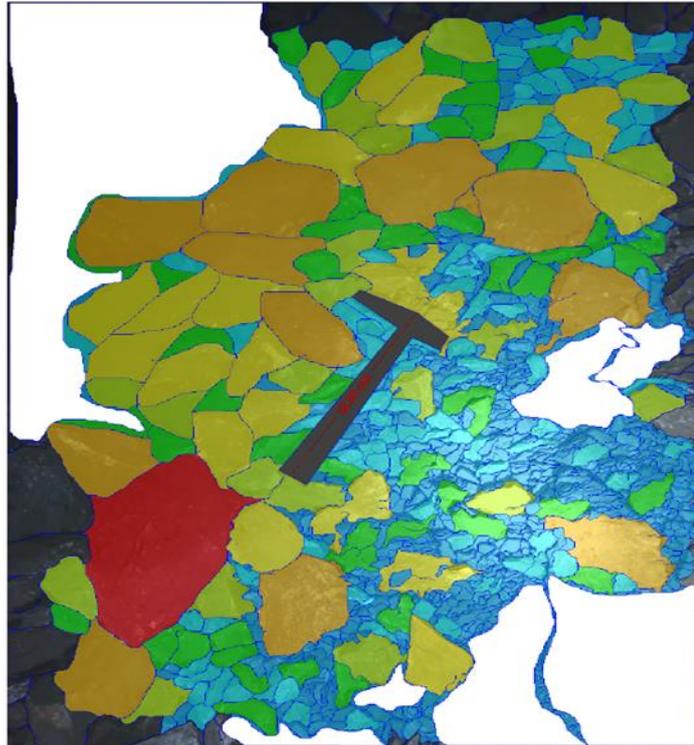


Figura 26. Análisis de granulometría Tj 120E con circado