

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables de perforación y voladura para
el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta split
658 - TJ69 - NV780 en la unidad minera Yauli, mina
San Cristóbal, 2022**

Jhordy Stein Bonifacio Reyes
Biscop Abel Lopez Shicshe

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 TESIS

A : Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 21 de Marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA EL DESARROLLO ÓPTIMO DE LA CHIMENEA SLOT EN LA VETA SPLIT 658 – TJ69 – NV780, EN LA UNIDAD MINERA YAULI, MINA SAN CRISTOBAL, 2022", perteneciente a los estudiantes BISCOP ABEL LOPEZ SHICSHE y JHORDY STEIN BONIFACIO REYES, de la E.A.P. de 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 (informe adjunto) 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 la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,


 **JAVIER CARLOS CORDOVA BLANCAS**
INGENIERO DE MINAS
CIP Nº 138244

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A los ingenieros de la Cía. Minera Volcan, al superintendente por el apoyo y preocupación del presente proyecto.

A nuestro asesor: Ing. Javier Córdova por su importante guía para el desarrollo de la presente tesis.

DEDICATORIA

A mis padres e hijo, que son el soporte emocional en mi vida y por su apoyo constante en mi día a día, en los buenos y malos momentos, infinitamente agradecido con ellos y a toda mi familia.

Jhordy

Dedico el presente trabajo a mi padre por sus sabios consejos y su apoyo incondicional.

Abel

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| ASESOR | IV |
| AGRADECIMIENTO | V |
| DEDICATORIA | VI |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XII |
| RESUMEN | XIV |
| ABSTRACT | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVI |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 17 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 17 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema | 17 |
| 1.1.2. Formulación del problema | 18 |
| 1.2. Objetivos | 18 |
| 1.2.1. Objetivo general | 18 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 18 |
| 1.3. Justificación e importancia | 19 |
| 1.3.1. Justificación social - práctica | 19 |
| 1.3.2. Justificación académica | 19 |
| 1.4. Hipótesis de la investigación | 20 |
| 1.4.1. Hipótesis general | 20 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas | 20 |
| 1.5. identificación de las variables | 20 |
| 1.5.1. Variable independiente | 20 |
| 1.5.2. Variable dependiente | 20 |
| 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables | 20 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1 Antecedentes del problema | 22 |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales | 22 |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales | 23 |

| | |
|--|----|
| <u>2.2 Generalidades de la unidad minera Yauli</u> ----- | 24 |
| <u>2.2.1 Ubicación de la mina San Cristóbal</u> ----- | 24 |
| <u>2.2.2 Accesibilidad a la mina San Cristóbal</u> ----- | 26 |
| <u>2.3 Geología regional</u> ----- | 26 |
| <u>2.3.1 Geología local</u> ----- | 26 |
| <u>2.3.2 Tipo de yacimiento</u> ----- | 30 |
| <u>2.3.3 Consideraciones geomecánicas</u> ----- | 30 |
| <u>2.3.4 Método de minado</u> ----- | 32 |
| <u>2.4 Bases teóricas del estudio</u> ----- | 34 |
| <u>2.4.1 Consideraciones operacionales, taladros largos</u> ----- | 35 |
| <u>2.4.2 Consideraciones operacionales, chimenea Slot en la veta Split 658</u> ----- | 35 |
| <u>2.4.3 Consideraciones de seguridad, chimenea Slot en la veta Split 658</u> ----- | 37 |
| <u>2.4.4 Consideraciones para la construcción de chimenea Slot en la veta Split 658</u> ----- | 40 |
| <u>2.4.5 Consideraciones económicas en la construcción de chimenea Slot en la veta Split 658</u> ----- | 42 |
| <u>2 Numeración oculta – Estilo Titulo 2</u> ----- | 44 |
| <u>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</u> ----- | 44 |
| <u>3.1 Método y alcances de la investigación</u> ----- | 44 |
| <u>3.1.1 Método de la investigación</u> ----- | 44 |
| <u>3.1.2 Alcances de la investigación</u> ----- | 45 |
| <u>3.2 Diseño de la investigación</u> ----- | 45 |
| <u>3.3 Población y muestra</u> ----- | 45 |
| <u>3.3.1 Población</u> ----- | 45 |
| <u>3.3.2 Muestra</u> ----- | 46 |
| <u>3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos</u> ----- | 46 |
| <u>3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos</u> ----- | 46 |
| <u>3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos</u> ----- | 46 |
| <u>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> ----- | 47 |
| <u>4.1 Análisis de parámetros de operación programados de chimenea slot en la veta Split 658</u> ----- | 47 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| <u>4.2</u> | <u>Análisis de parámetros de operación ejecutados de chimenea slot en la veta Split 658</u> | 51 |
| <u>4.3</u> | <u>Análisis de parámetros de operación optimizado de chimenea slot en la veta Split 658</u> | 63 |
| <u>4.4</u> | <u>Resumen de los escenarios ejecutado y optimizado de chimenea slot en la veta Split 658</u> | 72 |
| <u>4.5</u> | <u>Validación de la hipótesis</u> | 75 |
| | <u>CONCLUSIONES</u> | 83 |
| | <u>RECOMENDACIONES</u> | 86 |
| | <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | 87 |
| | <u>ANEXOS</u> | 88 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|---------|
| Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables | 21 |
| Tabla 2. Accesibilidad a la mina San Cristóbal | 26 |
| Tabla 3. Discontinuidades principales | 31 |
| Tabla 4. Clasificación del macizo rocoso | 31 |
| Tabla 5. Calidad del macizo rocoso por vetas | 32 |
| Tabla 6. Características de las labores de desarrollo y preparación en taladros largos | 33 |
| Tabla 7. Parámetros técnicos en chimenea slot | 37 |
| Tabla 8. Precios unitarios en chimenea slot | 43 |
| Tabla 9. Parámetros técnicos en chimenea slot | 48 |
| Tabla 10. Especificaciones de chimenea slot - programado | 48 |
| Tabla 11. Sección slot programado – Veta Split 658 | 49 |
| Tabla 12. Explosivos y accesorios de voladura en slot programado – Veta Split 658 | 50 |
| Tabla 13. Resultados en slot programado – Veta Split 658 | 50 |
| Tabla 14. Especificaciones de chimenea slot – tajo 75 | 51 |
| Tabla 15. Sección slot, tajo 75 – Veta Split 658 | 52 |
| Tabla 16. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 75 – Veta Split 658 | 53 |
| Tabla 17. Resultados en slot, tajo 75 – Veta Split 658 | 53 |
| Tabla 18. Especificaciones de chimenea slot – tajo 82 | 54 |
| Tabla 19. Sección slot, tajo 82 – Veta Split 658 | 55 |
| Tabla 20. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 82 – Veta Split 658 | 56 |
| Tabla 21. Resultados en slot, tajo 82 – Veta Split 658 | 56 |
| Tabla 22. Especificaciones de chimenea slot – tajo 84 | 57 |
| Tabla 23. Sección slot, tajo 84 – Veta Split 658 | 58 |
| Tabla 24. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 84 Veta Split 658 | – 59 |
| Tabla 25. Resultados en slot, tajo 84 – Veta Split 658 | 59 |

| | |
|---|----|
| <u>Tabla 26. Especificaciones de chimenea slot – tajo 85</u> | 60 |
| <u>Tabla 27. Sección slot, tajo 85 – Veta Split 658</u> | 61 |
| <u>Tabla 28. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 85</u> | |
| <u>– Veta Split 658</u> | 62 |
| <u>Tabla 29. Resultados en slot, tajo 85 – Veta Split 658</u> | 62 |
| <u>Tabla 30. Especificaciones de chimenea slot -1, tajo 69</u> | 63 |
| <u>Tabla 31. Sección slot - 1, tajo 69 – Veta Split 658</u> | 64 |
| <u>Tabla 32. Explosivos y accesorios de voladura en slot-1, tajo 69</u> | |
| <u>– Veta Split 658</u> | 65 |
| <u>Tabla 33. Resultados en slot-1, tajo 69 – Veta Split 658</u> | 65 |
| <u>Tabla 34. Especificaciones de chimenea slot -2, tajo 69</u> | 66 |
| <u>Tabla 35. Sección slot - 2, tajo 69 – Veta Split 658</u> | 67 |
| <u>Tabla 36. Explosivos y accesorios de voladura en slot-2, tajo 69</u> | |
| <u>– Veta Split 658</u> | 68 |
| <u>Tabla 37. Resultados en slot-2, tajo 69 – Veta Split 658</u> | 68 |
| <u>Tabla 38. Especificaciones de chimenea slot -3, tajo 69</u> | 69 |
| <u>Tabla 39. Sección slot - 3, tajo 69 – Veta Split 658</u> | 70 |
| <u>Tabla 40. Explosivos y accesorios de voladura en slot-3, tajo 69</u> | |
| <u>– Veta Split 658</u> | 71 |
| <u>Tabla 41. Resultados en slot-3, tajo 69 – Veta Split 658</u> | 71 |
| <u>Tabla 42. Resumen de resultados en chimenea slot – Veta Split 658</u> | 72 |
| <u>Tabla 43. Resultado chimenea slot – escenario ejecutado</u> | 75 |
| <u>Tabla 44. Resultado chimenea slot – escenario optimizado</u> | 78 |
| <u>Tabla 45. Validación de hipótesis chimenea slot – escenario ejecutado y optimizado</u> | 80 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de la mina San Cristobal | 25 |
| Figura 2. Geología regional, mina San Cristóbal | 27 |
| Figura 3. Estratigrafía de la mina San Cristóbal | 28 |
| Figura 4. Estructuras mineralizadas en la mina San Cristóbal | 30 |
| Figura 5. Método de explotación con taladros largos, mina San Cristóbal | 34 |
| Figura 6. Explotación por pisos, con taladros largos (<i>bench and fill</i>), veta Split 658 | 35 |
| Figura 7. Diseño de malla de perforación en chimenea slot, veta Split 658 | 36 |
| Figura 8. Inspección del IPERC de la chimenea slot, veta Split 658 | 37 |
| Figura 9. Control de inspección del IPERC de la chimenea slot, veta Split 658 ... | 38 |
| Figura 10. Control de análisis de sensores en equipos de perforación | 39 |
| Figura 11. Control de análisis de posicionamiento en equipos de perforación | 39 |
| Figura 12. Control de posicionamiento en equipos de perforación, chimenea slot | 40 |
| Figura 13. Programa de desarrollo de chimenea slot | 41 |
| Figura 14. Chimenea slot de 2.1 x 2.1 | 42 |
| Figura 15. Relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje en slot ejecutado y optimizado | 73 |
| Figura 16. Relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo en slot ejecutado y optimizado | 73 |
| Figura 17. Costo parcial asociado al slot ejecutado y optimizado | 74 |
| Figura 18. Relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje en slot ejecutado | 76 |
| Figura 19. Relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo en slot ejecutado | 76 |
| Figura 20. Costo parcial asociado al slot ejecutado | 77 |
| Figura 21. Relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje en slot optimizado | 78 |
| Figura 22. Relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo en slot optimizado | 79 |

| | |
|--|----|
| <u>Figura 23. Costo parcial asociado al slot optimizado</u> | 79 |
| <u>Figura 24. Validación relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje en slot ejecutado y optimizado</u> | 80 |
| <u>Figura 25. Validación relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo en slot ejecutado y optimizado</u> | 81 |
| <u>Figura 26. Validación de costo parcial asociado al slot ejecutado y optimizado</u> | 82 |

RESUMEN

El presente trabajo permitió realizar el análisis de las variables de perforación y voladura para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658, Tj 69 y Nv 780 en la unidad minera Yauli, mina San Cristóbal. El estudio se comparó en los escenarios ejecutado y optimizado considerando el ángulo de perforación, longitud de perforación, longitud de carga, kilogramos de explosivo, tonelaje asociado y costo parcial de desarrollo de la chimenea slot que fueron las variables a ser analizadas.

El desarrollo del trabajo aplica el método inductivo – deductivo, donde se analiza los parámetros de perforación y voladura para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en los escenarios ejecutados y optimizados, considerando el control de los ángulos de perforación durante el periodo de estudio.

Los resultados obtenidos indican la disminución del ángulo de perforación de 2° a 0.7° entre el escenario ejecutado y el escenario optimizado, generando la disminución de longitudes de perforación de 79.2 m y 5.0 m respectivamente, disminuyendo en 74.2 metros en el escenario optimizado en las chimeneas slot evaluadas.

Asimismo, el incremento de tonelaje roto, escenario ejecutado y optimizado considera valores de 41.2 toneladas y 2.6 toneladas respectivamente, disminuyendo en 38.5 toneladas en el escenario optimizado. Generando el consumo de kilogramos de explosivo de 45.5 kg y 2.9 kg respectivamente, disminuyendo en 42.6 kg en el escenario optimizado. El control de la desviación de taladros de perforación de 2° a 0.7° escenario optimizado, considera los costos parciales en los escenarios ejecutados y optimizados en 15,713.7 \$ y 1,000 \$ respectivamente, generando una disminución de 14,713.7 \$.

Palabras clave: perforación y voladura, ángulo de perforación, kg de explosivos, costos parciales, metros perforados, factor de carga, etc.

ABSTRACT

The present work allowed us to carry out the analysis of the drilling and blasting variables, for the optimal development of the slot chimney in the Split 658, Tj 69 and Nv 780 vein in the Yauli Mining Unit, San Cristobal mine. The study was compared in the executed and optimized scenarios, considering the drilling angle, drilling length, charge length, kilograms of explosive, associated tonnage and partial development cost of the slot chimney, the variables to be analyzed.

The development of the work applies the inductive-deductive method, where the drilling and blasting parameters are analyzed, for the optimal development of the slot chimney in the executed and optimized scenarios, considering the control of the drilling angles, during the study period. .

The results obtained consider the decrease in the drilling angle from 2° to 0.7° between the executed scenario and the optimized scenario, generating a decrease in drilling lengths of 79.2 m and 5.0 m respectively, decreasing by 74.2 meters in the optimized scenario. in the evaluated slot chimneys.

Likewise, the increase in broken tonnage, executed and optimized scenario, considers values of 41.2 tons and 2.6 tons respectively, decreasing by 38.5 tons in the optimized scenario. Generating the consumption of kilograms of explosive of 45.5 kg and 2.9 kg respectively, decreasing by 42.6 kg in the optimized scenario. The control of the deviation of drilling holes from 2° to 0.7° optimized scenario, considers the partial costs in the executed and optimized scenarios at 15,713.7 US\$ and 1,000 US\$ respectively, generating a decrease of 14,713.7 US\$.

Keywords: drilling and blasting, drilling angle, kg of explosives, partial costs, meters drilled, load factor, etc.

INTRODUCCIÓN

El constante desarrollo de la minería en sus diferentes actividades ha permitido la generación de nuevas tecnologías sobre todo asociado y orientado a la optimización de los planes de minado.

Por tal motivo, la aplicación de métodos de minado masivos ayudará a este objetivo, por lo que el adecuado cumplimiento en el diseño del método de minado como el desarrollo de rampas, cruceros, *by pass*, ventanas, subniveles y chimeneas slot es de vital importancia con su cumplimiento en tiempo y costos.

El presente trabajo de investigación analizará las variables de perforación y voladura para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 para generar el óptimo de la cara libre en la explotación del método de minado con taladros largos en la unidad minera Yauli, Mina San Cristóbal.

Uno de los objetivos del desarrollo de la chimenea slot es mantener la sección programada, el tonelaje asociado a su desarrollo, su granulometría, el ángulo de perforación programada, etc.

El desarrollo del presente trabajo considera diferentes etapas que son las siguientes: en el Capítulo I se detalla el planteamiento problema, objetivo e hipótesis, general y específicos a ser planteado en el presente trabajo. Para el Capítulo II se describe antecedentes nacionales e internacionales orientados al tema de investigación, así como las bases teóricas que plantean la validación de las hipótesis planteadas. Para el Capítulo III se explica la metodología de investigación y su aplicación en el presente trabajo, así como el área a ser estudiado en la tesis. Finalmente, en el Capítulo IV se analiza e interpreta los resultados obtenidos, para luego ser planteados y explicados en la validación de la hipótesis planteada, considerando la optimización de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780, en la explotación del método de minado con taladros largos en la unidad minera Yauli, mina San Cristóbal.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Planteamiento y formulación del problema

Planteamiento del problema

La unidad minera Yauli está compuesta por las minas San Cristóbal, Andaychagua, Ticlio y Carahuacra, con una producción total de 11,400 t/d que son tratadas en tres plantas concentradoras, la mineralización polimetálica de Pb, Zn, Cu y Ag está relacionada a estructuras, cuerpos de reemplazamiento asociados a yacimientos tipo *skarn* y pórfidos.

La planta concentradora de Marh Tunel procesa a una capacidad de 2750 t/d, siendo el aporte de tonelaje de la mina San Cristóbal de 1300 t/d.

El cumplimiento de los planes de producción en la unidad minera depende directamente del programa de avance, desarrollo y preparación de los métodos de minado con taladros largos. El cumplimiento de la chimenea slot es considerado como base principal en la generación de la cara libre y empezar con el minado de taladros largos ayuda al cumplimiento adecuado del ciclo de minado.

El presente estudio contribuye a entender el comportamiento de los parámetros de perforación y voladura de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780,

considerando los metros perforados, kilogramos de explosivo, tonelaje asociado, etc.

Formulación del problema

Problema general

¿Cómo influye el análisis de los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye el tonelaje roto con los metros perforados para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022?

- b) ¿Cuál es la relación de los metros perforados con los kilogramos de explosivos para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022?

- c) ¿Cómo influye los metros perforados, kilogramos de explosivos y tonelaje con los costos unitarios de desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022?

Objetivos

Objetivo general

Determinar la influencia del análisis de los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia del tonelaje roto con los metros perforados para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

- b) Determinar la relación de los metros perforados con los kilogramos de explosivos para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

- c) Determinar la influencia de los metros perforados, kilogramos de explosivos y tonelaje con los costos unitarios de desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

Justificación e importancia

La importancia del análisis de los parámetros de perforación y voladura para el desarrollo óptimo de la chimenea slot de la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal ayudará a entender el cumplimiento de los planes de minado considerando los resultados asociados al tonelaje producido, metros perforados, factor de potencia y costos asociados.

Justificación social - práctica

Los resultados que se obtendrán en el presente trabajo de investigación consideran el cumplimiento de los planes de minado en el corto plazo y validando en el mediano y largo plazo en términos de tonelaje, leyes, metros perforados, etc. Optimizar cada una de estas variables ayudará a la mejora de la rentabilidad operacional en la unidad minera, permitiendo el incremento de la generación de programas de gestión social y una mejor interrelación con las comunidades aledañas a la operación minera.

Justificación académica

El estudio desarrollado permitirá ser una herramienta para estudiantes y docentes investigadores para comparar con estudios similares. En la actualidad, hay pocos estudios asociados al análisis de los parámetros de perforación y voladura de chimeneas slot con taladros largos, por lo que, el desarrollo del presente trabajo es de vital importancia para su conocimiento.

Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

Al determinar el análisis de los parámetros de perforación y voladura ayudará en el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

Hipótesis específicas

- a) Al determinar la influencia del tonelaje roto con los metros perforados influye en el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

- b) Al determinar la relación de los metros perforados con los kilogramos de explosivos influye en el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

- c) Al determinar la influencia de los metros perforados, kilogramos de explosivos y tonelaje con los costos unitarios influye en el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal, 2022.

Identificación de las variables

Variable independiente

Desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal.

Variable dependiente

Análisis de las variables de perforación y voladura: tonelaje roto, metros perforados, kilogramos de explosivo, costos asociados, etc.

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

| Variables | Definición | | Definición operacional | |
|--|--|---|--|---|
| | Conceptual | | Dimensiones | Sub-Dimensiones Indicadores |
| VI: Desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristóbal. | El cumplimiento del desarrollo de chimenea slot en métodos de minado con taladros largos, es de vital importancia por la generación de la cara libre y cumplimiento de los planes de minado. | <ul style="list-style-type: none"> • Indicador Geológico • Indicador geomecánico • Indicador Operacional | <ul style="list-style-type: none"> Dominios Geológicos Dominios Geomecánicos Parámetros PyV | <ul style="list-style-type: none"> Litología, tipo yacimiento, alteraciones, lineamientos, etc. RMR, RQD, dureza, densidad, etc. Metros perforados, tonelaje, kg explosivo, etc. |
| VD: Análisis de las variables de perforación y voladura: tonelaje roto, metros perforados, kilogramos de explosivo, costos asociados, etc. | El análisis de las variables de perforación y voladura ayudará al cumplimiento de los programas de avance, desarrollo, preparación y explotación en las unidades mineras. | <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de perforación y voladura • Parámetros económicos | <ul style="list-style-type: none"> Indicadores técnicos Indicadores económicos | <ul style="list-style-type: none"> Metros de perforación, ángulo de perforación, kg de explosivos, etc. Costo unitario y parcial del desarrollo de la chimenea slot ejecutado y optimizado. |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Método de explotación bench & fill y su aplicación en minera Michilla*». El objetivo de la investigación fue determinar la aplicación del método de minado *bench and fill* en zonas profundas de la unidad minera. Los altos costos y baja productividad generada por los métodos de minado *cut and fill* y *room and pillar* es de principal importancia la modificación del método de minado buscando una variante de acuerdo a las características geológicas, geomecánicas y económicas, aplicando el *bench and fill* como alternativa viable. Los resultados, al aplicar dicho método considera los costos de mina en 34.3 US\$/ton mejorando los costos a comparación del método de minado *cut and fill* en 46.5 \$/t (1).

- ✓ Tesis titulada: «*Evaluación secuenciamiento multicriterio para minería subterránea selectiva*». El objetivo del trabajo es establecer una metodología que permita desarrollar en forma secuencial de extracción óptima. Por tal motivo, el desarrollar y relacionar la secuencia del plan de producción con y su adecuada secuencia de extracción. Por tal motivo se analiza los diferentes factores asociados al plan de minado, tonelaje a extraer, metros perforados, m³ de relleno, etc.

Finalmente, los resultados demuestran que se puede realizar una metodología integrando las diferentes variables operacionales, económicas y numéricas, que indique el cumplimiento de los planes de minado en la unidad minera (2).

2.1.2 Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Optimización y control de la voladura aplicando tubos concéntricos en tajos de taladros largos CIA. Volcán - UE San Cristóbal - Junín*». Cuyo objetivo fue evaluar la estabilidad de la caja techo, considerando la mejora del factor de seguridad para la reducción de la dilución mediante la aplicación de taladros largos. Por tal motivo, se utilizó tubos concéntricos para el carguío de taladros, el cual permitió el control de la estabilidad de las cajas y el control de la dilución, así como la optimización de sus costos asociados, mejorando el factor de seguridad en los tajos minados. El control de la cantidad de explosivos reflejó una mejora con el uso y sin el uso de tubos concéntricos reduciendo la cantidad de cartuchos por taladro de 56 a 45 en alturas de banco de 15 metros, y generando una optimización de 51 \$/tajo (3).

- ✓ Tesis titulada: «*Planeamiento de minado a corto plazo en la optimización de la producción nivel 780 zona II, unidad minera San Cristóbal-Junín 2022*». El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia del plan de minado de corto plazo, considerando el cumplimiento de los programas de avance en labores de desarrollo y preparación para un adecuado plan de minado. Este cumplimiento involucra diferentes actividades a desarrollar en los frentes de minado considerando un óptimo uso de los recursos humanos, equipos, materiales e infraestructura en general. Para el periodo 2022 se considera un avance promedio de 598 m/mes y una producción promedio de 597 ton/mes, como resultado de cumplimiento del plan de producción durante el estudio se llegó a un nivel de cumplimiento del 99.6 % (4).

- ✓ Tesis titulada: «*Mejoramiento del proceso de sostenimiento con shotcrete para la reducción de los costos operativos en la unidad minera San Cristóbal*». El objetivo de la investigación es analizar las deficiencias generadas en el

sostenimiento mediante shotcrete, en términos técnicos y económicos. El uso adecuado de los diferentes componentes que se utilizan para formar el shotcrete ayudará en forma directa controlar los parámetros técnicos como tiempo de fraguado, resistencia mínima requerida, aditivos a usar, etc., los cuales influirán en el cumplimiento del ciclo de minado. El cambio o mejora de aditivos que permitan una mejor característica al shotcrete y determinar un menor tiempo de fraguado, con una resistencia óptima será evaluada mediante el uso del uso de la fibra Barchic R50 y determinar su influencia. Los resultados obtenidos por el cambio de la Fibra Enduro 600 por la fibra Barchic R50 en la generación del shotcrete, con un menor consumo y un ahorro en costo de transporte que considera en 11,873 \$/mes (5).

2.2 Generalidades de la unidad minera Yauli

2.2.1 Ubicación de la mina San Cristóbal

La unidad minera Yauli se ubica en el flanco este de la cordillera occidental, pertenece al distrito y provincia de Yauli, región de Junín. Se ubica a 40 kilómetros de la Oroya y 170 kilómetros de la ciudad de Lima, a una altura entre 4000 a 4900 m s. n. m.

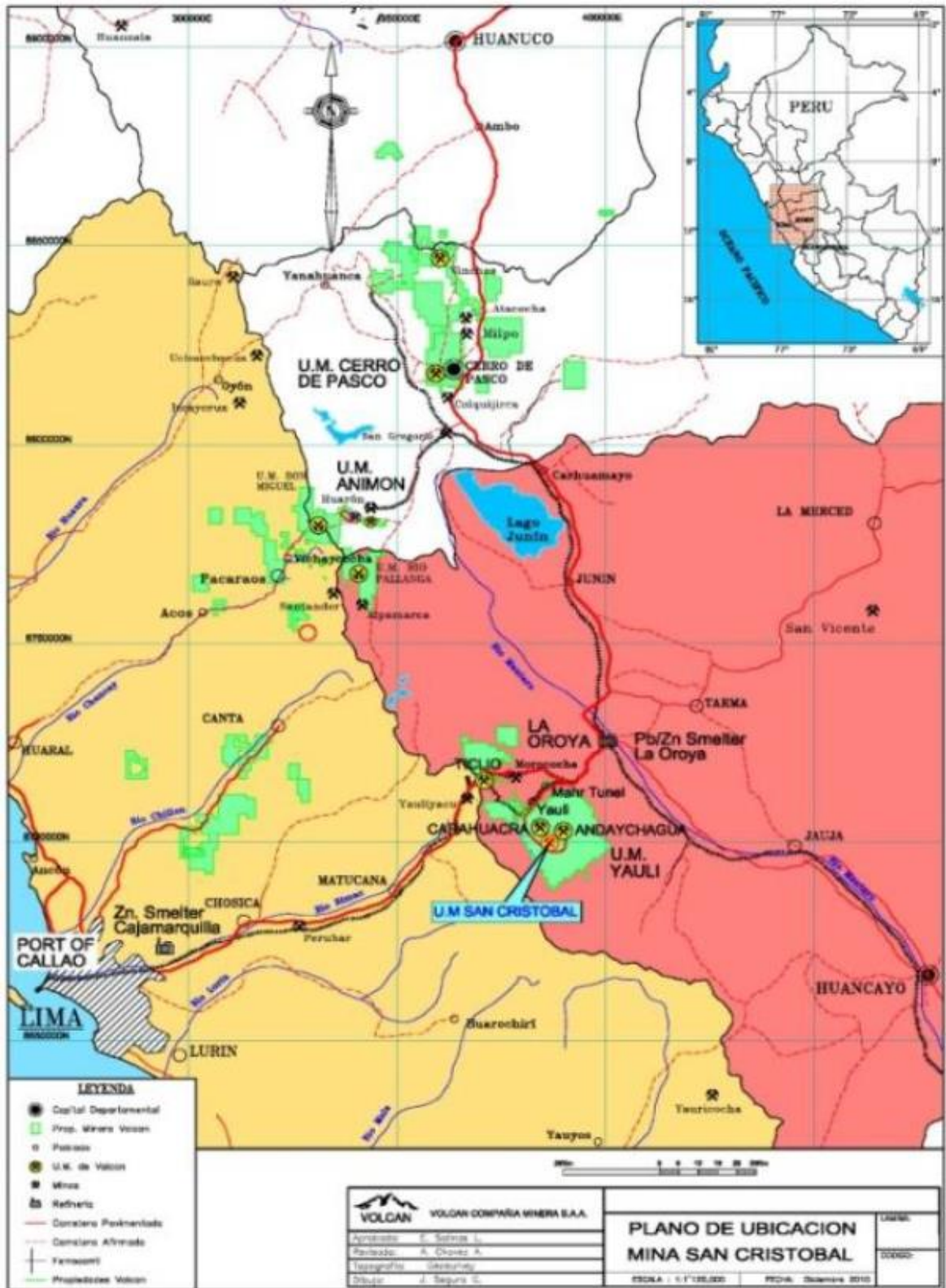


Figura 1. Ubicación de la mina San Cristobal

Tomada del área de Geología, UM Yauli

2.2.2 Accesibilidad a la mina San Cristóbal

Para arribar a la mina San Cristóbal se considera la siguiente ruta:

- ✓ Lima a Pachachaca, de allí a la mina San Cristóbal con una distancia de 170 kilómetros aproximadamente

Tabla 2. Accesibilidad a la mina San Cristóbal

| TRAMO | DISTANCIA | TIEMPO | CONDICIONES DE VÍA |
|--|----------------------|------------|-----------------------------|
| Lima – Oroya – Pachacayo – Mina San Cristóbal | 170.00 kilómetros | 4.58 horas | Vía asfaltada - afirmada |

Tomada del área de Geología

2.3 Geología regional

La mina San Cristóbal se emplaza en rocas paleozoicas compuestas por el grupo Excelsior y Mitu y las formaciones mesozoicas compuestas por la formación Goyllarisquizga, Pucará y Jumasha. Las rocas del Paleozoico principalmente metamórficas del grupo Excelsior compuesta por filitas y pizarras así como areniscas, conglomerados y volcánicos del grupo Mitu. La litología asociada al mesozoico compuesta principalmente por calizas de diferentes composiciones, y areniscas. Se observa la presencia de intrusivos, los cuales han intuido los ambientes paleozoicos y mesozoicos del área de estudio.

2.3.1 Geología local

Localmente, la mina San Cristóbal está asociada al domo de Yauli, donde se ubican estructuras polimetálicas, así como zonas con metasomatismo de contacto y zonas de pórfido. La mineralización presente en este sector es de gran importancia por la presencia de importantes operaciones asociadas a estos ambientes.

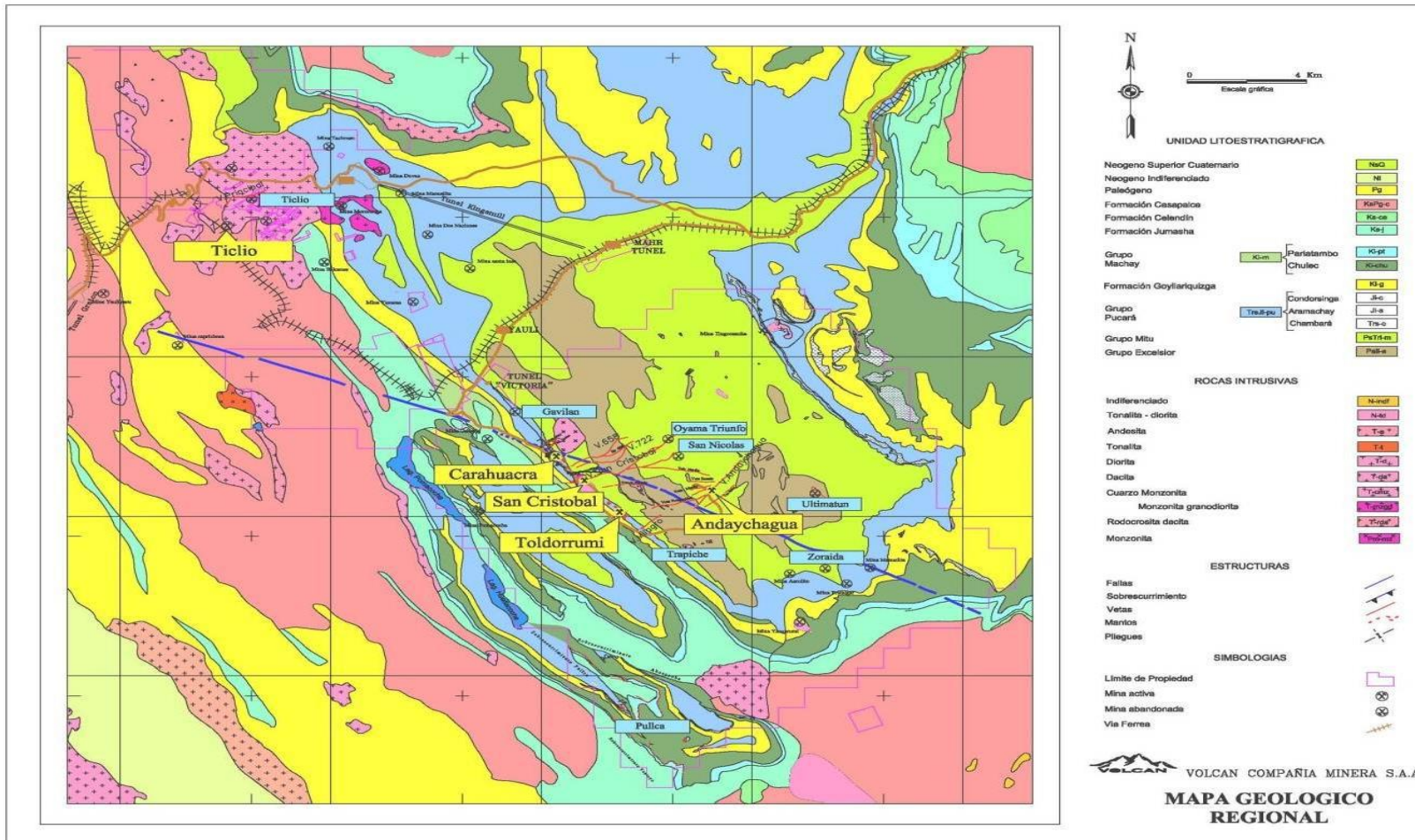


Figura 2. Geología regional, mina San Cristóbal
Tomada del área de Planeamiento y Geología, UM Yauli

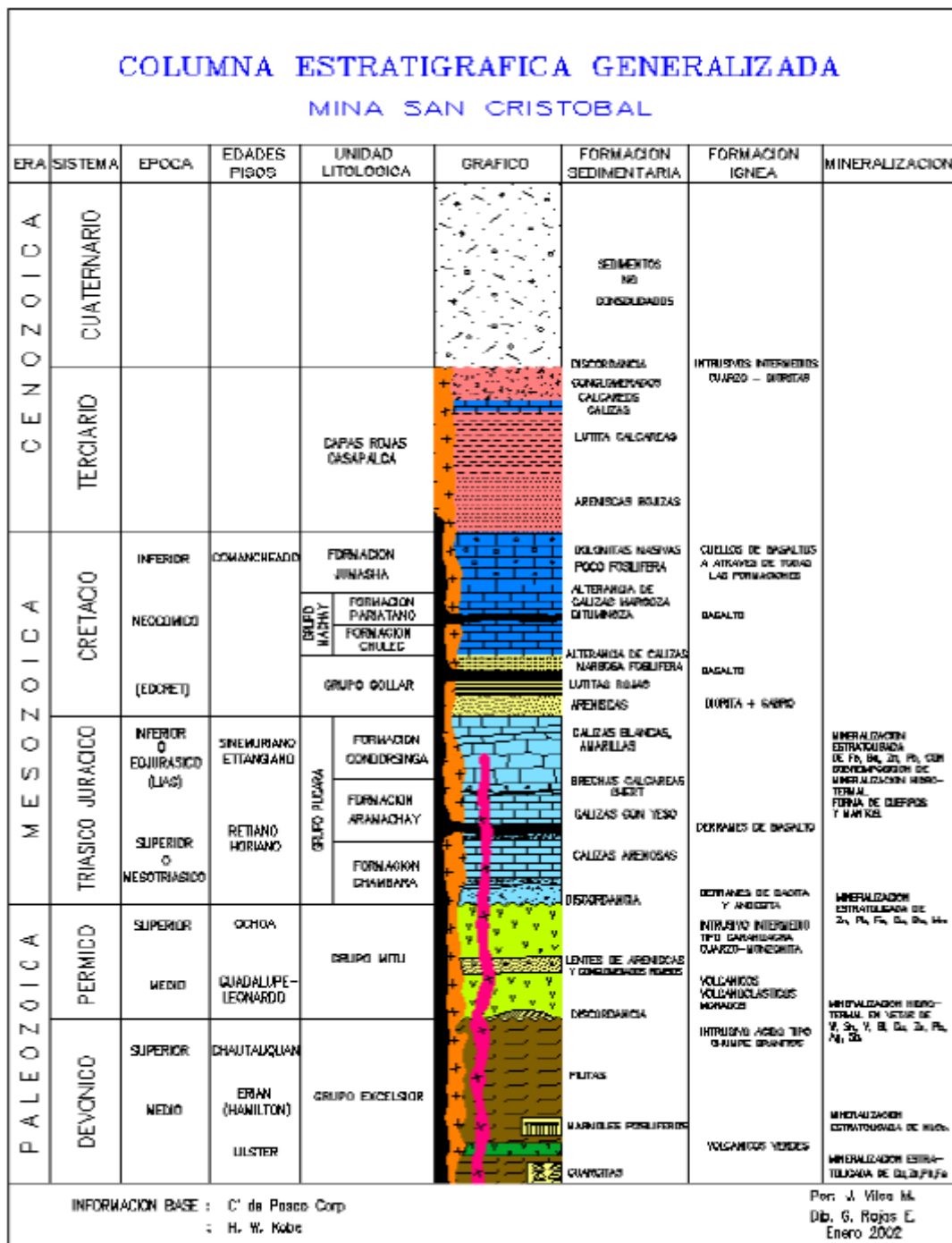


Figura 3. Estratigrafía de la mina San Cristóbal
Tomada del área de Planeamiento y Geología, UM Yauli

El área de estudio, compuesta principalmente por rocas sedimentarias y volcánicas, asociadas a la estructura principal presente en el sector como es el anticlinal de Chumpe cuyo eje principal es de rumbo andino NS, la edad de los estratos van desde el paleozoico hasta el cretácico superior.

- a) Grupo excelsior: asociado al anticlinal Chumbe, compuesto por lutitas y filitas, los cuales han sido metamorfisadas, asociadas a las edades del silúrico y devónico, con potencias que pueden llegar hasta 1800 metros. La presencia de estructuras mineralizadas han sido referenciadas a los mantos de Zn, Pb, Ag y Fe de la mina Ultimatum.
- b) Grupo mitu: compuesto por rocas volcánicas sedimentarias tales como andesitas, dacitas, brechas, areniscas y conglomerados, asociados al Pérmico al Carbonífero, con potencias que pueden llegar hasta 800 metros.
- c) Grupo Pucará: compuesto por rocas sedimentarias, principalmente calizas está asociada a 3 grupos como son: chambará, aramachay y condorsinga, asociados a edades del Jurásico, con potencias variables de pocos centímetros a decenas de metros, considerado como un metalotecto de estructuras polimetálicas.
- d) Grupo Goyllarisquizga: compuesto por rocas sedimentarias tipo areniscas muy finas y algunos niveles conglomerádicos, relacionados a edades del Cretácico inferior, con potencias de 100 metros aproximadamente.
- e) Grupo Goyllarisquizga: compuesto por rocas sedimentarias tipo areniscas muy finas y algunos niveles conglomerádicos, relacionados a edades del Cretácico inferior, con potencias de 100 metros aproximadamente.
- f) Grupo Goyllarisquizga: compuesto por rocas sedimentarias tipo areniscas muy finas y algunos niveles conglomerádicos, relacionados a edades del Cretácico inferior, con potencias de 100 metros aproximadamente.
- g) Intrusivos: de composición ácida, compuesta por diorita cuarcífera, monzonita y diques ubicadas en la zona axial del anticlinal Chumpe. Los stocks principales están asociados a los intrusivos Carahuacra y Chumpe, con extensiones de 1.5 km de largo y de 1.0 km de ancho.

2.3.2 Tipo de yacimiento

El yacimiento está asociado a estructuras polimetálicas de relleno de fracturas polimetálicas de Pb, Zn, Ag (Cu). Las estructuras principales de la mina son:

- ✓ Veta 658 (1 MM t), Nv 1320, con potencias de 30 m y leyes de Zn@ 10 %.
- ✓ Veta Split 658 (0.5 MM t), lateralización de la mineralización al lado oeste en el Nv 1320.
- ✓ Veta Ramal Piso 722, clavo mineralizado abierto, Nv 1020, potencia de 0.70 m con Zn@10.20 %, Pb@ 2.1 %, Cu@0.2 % y Ag@13.7 Oz.
- ✓ Veta K, mineral continuo, contacto volcánico y filita, abierto al este y profundidad, con 0.80 m de potencia y leyes de Zn@8 %, Pb@1.0, Cu@0.03 % y Ag@3.5 Oz.



**Figura 4. Estructuras mineralizadas en la mina San Cristóbal
Tomada del área de Geología, UM Yauli**

2.3.3 Consideraciones geomecánicas

Las principales sistemas de discontinuidades presentes en la mina San Cristóbal consideran hasta 4 discontinuidades principales en la veta Split 658, veta 658 y veta 722, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Discontinuidades principales

| DESCRIPCIÓN | SISTEMA 1 | SISTEMA 2 | SISTEMA 3 | SISTEMA 4 |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Veta Split 658 | N46°W/56°SW 244°/56° | N63°E/73°NW 333°/73° | N63°E/77°SE 153°/77° | N17°W/58°NE 073°/58° |
| Veta 658 | N53°W/57°SW 217°/57° | N65°E/76°NW 335°/76° | N65°E/77°SE 155°/77° | N27°E/65°SE 117°/65° |
| Veta 722 | N52°W/54°SW 218°/54° | N69°E/75°NW 339°/75° | N64°E/79°SE 154°/79° | |

Tomada del área de Geomecánica, UM Yauli

La veta Split 658 está asociado a 4 sistemas, el sistema 1 está asociado a un rumbo N46°a 53°W y buzán de 54° a 57° SW; el sistema 2 está asociado a un rumbo N63°a 69°E y buzán 73°a 76° NW; el sistema 3 está asociado a un rumbo N63°a 64°E y buzán 77°a 79° SE y el 4 sistemas está asociado a la veta Split 658 y veta 658 está asociado a un rumbo N17°a 27°W y buzán 58°NE y 65°SE respectivamente.

De acuerdo a los criterios de clasificación del macizo rocoso en la mina San Cristóbal, se tiene una roca de calidad mala B a IVB hasta regular A a IIIA.

Tabla 4. Clasificación del macizo rocoso

| TIPO DE ROCA | RANGO RMR | RANGO Q | CALIDAD SEGÚN RMR |
|--------------|-----------|-------------|-------------------|
| II | > 60 | > 5.92 | Buena |
| III A | 51 - 60 | 2.18 - 5.92 | Regular A |
| III B | 41 - 50 | 0.72 - 1.95 | Regular B |
| IV A | 31 - 40 | 0.24 - 0.64 | Mala A |
| IV B | 21 - 30 | 0.08 - 0.21 | Mala B |
| V | < 21 | < 0.08 | Muy Mala |

Tomada del área de Geomecánica, UM Yauli

La zonificación del macizo rocoso, asociado a las principales estructuras mineralizadas: veta Split 658, veta 658 y veta 722, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Calidad del macizo rocoso por vetas

| SECTOR | RANGO RMR | CALIDAD DE LA MASA ROCOSA |
|-----------------------|-----------|---------------------------|
| VETA SPLIT 658 | | |
| Caja piso alejada | 45 - 55 | III B y III A |
| Caja piso | 28 | IV B |
| Mineral | 28 - 54 | IV B, IV A, III B y III A |
| Caja Techo | 25 - 43 | IV B, IV A y III B |
| Caja techo alejada | 35 - 58 | IV A, III B y III A |
| VETA 658 | | |
| Caja piso alejada | 45 - 56 | III B y III A |
| Caja piso | 32 - 50 | IV A y III B |
| Mineral | 31 - 45 | IV A y III B |
| Caja Techo | 28 - 54 | IV B, IV A, III B y III A |
| Caja techo alejada | 47 - 60 | |
| VETA 722 | | |
| Caja piso alejada | 47 - 60 | III B y III A |
| Caja piso | 38 - 60 | IV A, III B y III A |
| Mineral | 36 - 45 | IV A y III B |
| Caja Techo | 45 - 59 | III B y III A |
| Caja techo alejada | 55 - 60 | III A |

Tomada del área de Geomecánica, UM Yauli

El área de estudio considera el análisis de la veta Split 658, cuyo RMR en la caja techo es de 25 a 43 y en la caja piso es de 28 a 42, y el RMR en la estructura mineralizada varía de 28 a 54.

2.3.4 Método de minado

Los métodos de explotación aplicados en la mina San Cristóbal son el de *cut and fill* y su variante con taladros largos *bench and fill* en vetas angostas considerando anchos de tajeo de 4 m y alturas diferentes de 14, 18, 20 y 23 m. Los desarrollos asociados al método con taladros largos en el nivel Nv 780 considera labores de profundización como rampas de 4.5 x 4.5 m, considerando cruceros principales de 4.0 x 4.0 m, y by pass de 4.0 x 4.0 m, ventanas de 4.0 x 4.0, subniveles superiores e inferiores de 3.8 x 4 y el desarrollo de chimeneas slot de 2.0 x 2.0 para la generación de la cara libre e inicio de la explotación de los diferentes tajos a ser minados.

Tabla 6. Características de las labores de desarrollo y preparación en taladros largos

| ETAPA | NIVEL | LABOR | REFERENCIA | Sección | Estatus | Prog. | D/M | 14-Oct | 15-Oct | 16-Oct | 17-Oct | 18-Oct | 19-Oct | 20-Oct | PROG. SEM 42 | NECESIDADES |
|-------------|-------|----------------|----------------|---------|---------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--|
| DESARROLLO | 780 | XC_144W | RP_314 | 4.5 | 4.5 | | D | LIMP | LIMP | LIMP | LIMP | LIMP | LIMP | LIMP | - | Deficiencia en la evacuación de desmonte |
| DESARROLLO | 780 | CA_144_1 | XC_144_W | 4 | 4 | | D | | | | | | | | - | Pendiente culminar el realce |
| DESARROLLO | 780 | XC_144 | RP_314 | 4 | 4 | | D | | | DSQ | | DSQ | | DSQ | - | Pendiente culminar el realce |
| DESARROLLO | 780 | CA_01_CX_314 | XC_144E | 4 | 4 | | D | | | | | | | | - | |
| DESARROLLO | 780 | SN_314_1AW | TJ_314_1W | 3.8 | 4 | | D | 6.40 | 6.40 | 6.40 | 6.40 | | | | 25.60 | |
| EXPLOTACION | 820 | TJ_81_5WA | AC_81-4EA | 3.8 | 4 | | M | | | | | | | | - | |
| PREPARACION | 820 | AC_79_1WC | AC_79_2E | 3.8 | 4 | | M | CB | CB | 2.00 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | | 12.50 | |
| EXPLOTACION | 820 | RP_315(+) | BP_314_2E | 4.5 | 4.5 | | M | | | | | | | | - | |
| DESARROLLO | 820 | CA_02_BP314-2E | BP_314_2E | 4 | 4 | | D | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | | | | 14.00 | Deficiencia de evacuación de desmonte |
| DESARROLLO | 820 | CA_05_BP314-2E | CA_02_BP314-2E | 4 | 4 | | D | | | | | CB | 3.50 | 3.50 | 7.00 | Deficiencia de evacuación de desmonte |
| EXPLOTACION | 870 | RP_314E(-) | XC_622 | 4.5 | 4.5 | | M | | | | | LIMP | 3.50 | 3.50 | 7.00 | Deficiencia de caída de tensión y ventilación deficiente |
| EXPLOTACION | 870 | CA_13_314E | RP_314E(-) | 4 | 4 | | M | 3.50 | 3.50 | | | | | | 7.00 | Avance culminado |
| EXPLOTACION | 870 | CA_13A_314E | CA_13_314E | 4 | 4 | | M | | | | CB | 2.00 | 3.50 | 3.50 | 9.00 | Deficiencia de caída de tensión y ventilación deficiente |
| DESARROLLO | 870 | CA_14_314E | RP_314E(-) | 4.5 | 4.5 | | D | | | 3.50 | | | | | 3.50 | Deficiencia de caída de tensión y ventilación deficiente |
| DESARROLLO | 870 | RP_314W(-) | AC_80_OW | 4.5 | 4.5 | | D | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 24.50 | Deficiencia de ventilación y caída de tensión |
| DESARROLLO | 870 | SN_80_1W | AC_80_1W | 3.8 | 4 | | D | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 6.40 | 6.40 | 6.40 | 6.40 | 35.20 | Deficiencia de ventilación y caída de tensión |
| DESARROLLO | 870 | SN_80_1E | AC_80_1W | 3.8 | 4 | | D | | | | | | | | - | Deficiencia de ventilación y caída de tensión |
| DESARROLLO | 870 | RP_314_2E(-) | RP_314W(-) | 4.5 | 4.5 | | D | | | 3.50 | | 3.50 | | 3.50 | 10.50 | Deficiencia de ventilación y caída de tensión |
| EXPLOTACION | 870 | AC_80_1E | RP_314_2E | 3.8 | 4 | | D | | | | | | | 3.50 | 3.50 | |
| DESARROLLO | 870 | CA_01_80_1E | RP_314_2E | 4 | 4 | | D | 3.50 | | | | | | | 3.50 | Problema de caída de tensión |
| EXPLOTACION | 870 | CA_02_80_1E | RP_314_2E | 4 | 4 | | M | CB | CB | 2.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | | 13.00 | |
| DESARROLLO | 870 | CA_09_314_2E | RP_314_2E | 4 | 4 | | D | | | | | | | | - | Problema de caída de tensión |
| | | | | | | | 0 | 23.60 | 20.10 | 20.10 | 26.80 | 22.40 | 27.40 | 27.40 | 175.80 | |

Tomada del área de Planeamiento, UM Yauli

2.4.1 Consideraciones operacionales, taladros largos

La explotación mediante taladros largos en la veta Split 658, Nv 780 se realiza mediante la explotación por pisos considerando los taladros largos de 10 m. de longitud.

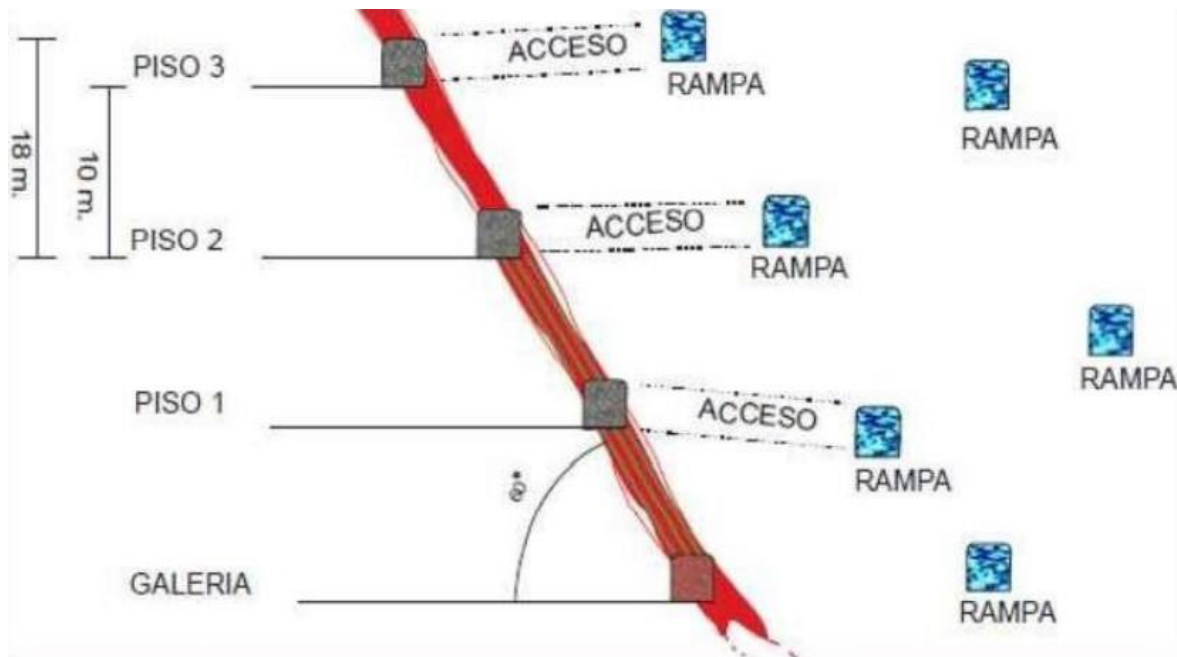


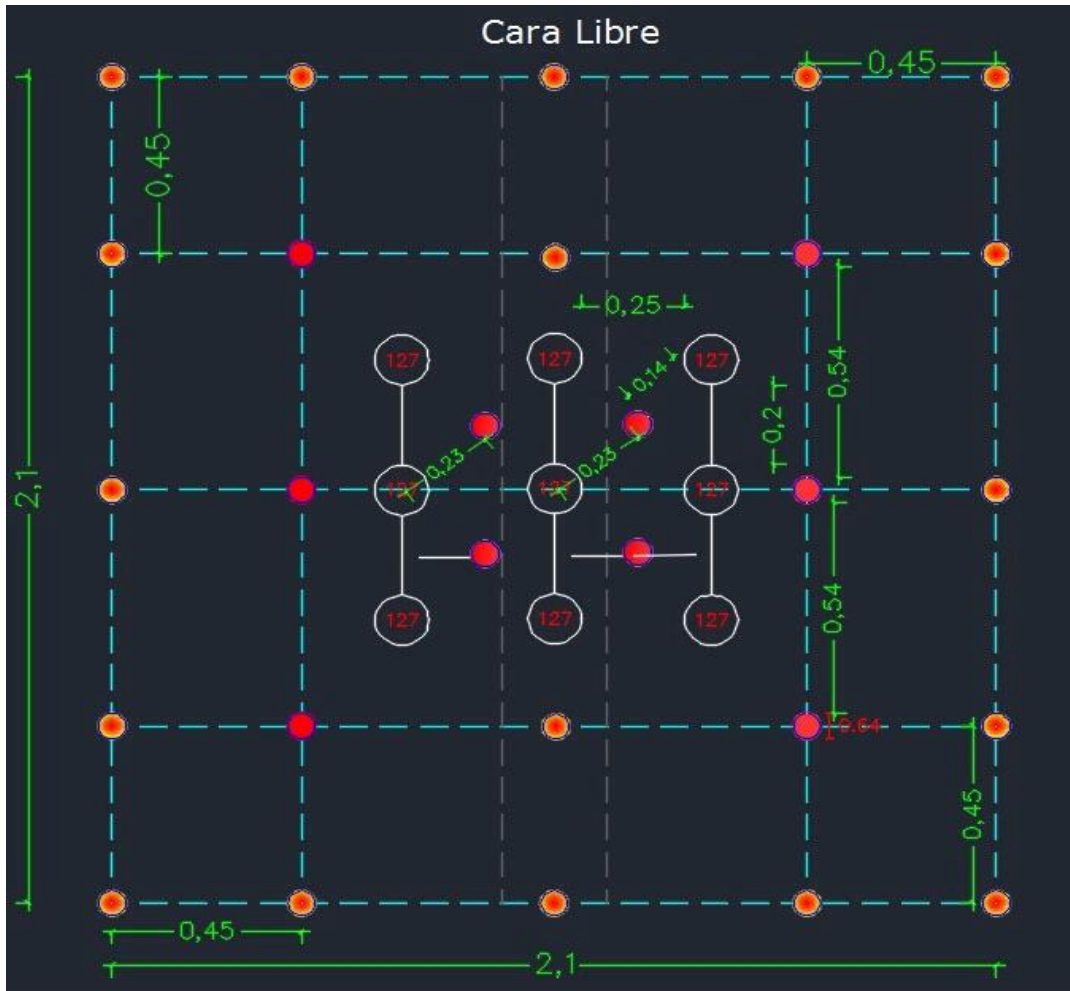
Figura 6. Explotación por pisos, con taladros largos (bench and fill), veta Split 658 Tomada del área de Planeamiento

El ingreso se realiza por *by pass* y ventanas de 4.0 x 4.0 m hasta generar los subniveles superior e inferior (pisos) de 3.8 x 4.0 m para luego ser minados con taladros largos de 10 - 15 m.

2.4.2 Consideraciones operacionales, chimenea Slot en la veta Split 658

El desarrollo de la chimenea slot de sección de 2.0 x 2.0 o 2.10 x 2.10 m es la base fundamental en la secuencia de minado con taladros largos, considerado como base inicial de la cara libre. Los parámetros asociados al desarrollo de la chimenea slot son:

La chimenea slot utiliza una perforadora Simba EH, modelo 1252, utiliza columnas de 5' y 11 barras con roscas T45, con diámetro de broca de 64 mm y alivio de 5 pulgadas.



**Figura 7. Diseño de malla de perforación en chimenea slot, veta Split 658
Tomada del área de Planeamiento**

Los parámetros de perforación tienen en cuenta un total de 33 taladros perforados, con 28 taladros cargados con de 64 mm de diámetro y 5 taladros de alivio con 5" de diámetro. La velocidad de perforación, de acuerdo a las características planteadas son de 22 m/h.

Las consideraciones técnicas asociadas al desarrollo de la chimenea slot permitirán los siguientes rendimientos:

Tabla 7. Parámetros técnicos en chimenea slot

PARÁMETROS - CHIMENEA SLOT 2.1 X 2.1

| <u>Perforacion de Chimena</u> | | | <u>Volumen de Chimenea</u> | | |
|-------------------------------|-------|----------|-----------------------------|--------|---------|
| Taladros cargados | 24.00 | taladros | Longitud | 370.44 | ton |
| Profundidad por taladro | 19 | taladros | Ancho | 2.10 | m |
| Taladros Rimados | 16 | m/tal | Alto | 16.00 | m |
| | 5 | taladros | Densidad | 3.50 | ton/m3 |
| | | | Factor de carga | 2.33 | kg/m |
| <u>Equipos de Perforacion</u> | | | <u>Equipos de Limpieza</u> | | |
| Rendimiento de Simba | 11 | tal/gdia | Rendimeinto Scooptram 6 Yd3 | 70 | ton/hr |
| Horas Trabajadas SIMBA | 7 | hr/gdia | Horas Trabajadas SCOOP | 7 | hr/gdia |
| Consumo de Petroleo | 1.50 | Gal/hr | Consumo de Petroleo | 5.5 | Gal/hr |
| Dias trabajados | 30 | dias | Horas por dia | 10.28 | Horas |

2.4.3 Consideraciones de seguridad, chimenea Slot en la veta Split 658

El desarrollo de la chimenea slot de sección de 2.0 x 2.0m, se realiza el seguimiento del IPERC con la finalidad de la mejora de la performance en cuanto al carguío y voladura de estas labores. La capacitación del personal en sistemas de iniciación no eléctricos es constante.



**Figura 8. Inspección del IPERC de la chimenea slot, veta Split 658
Tomada del área de Planeamiento**

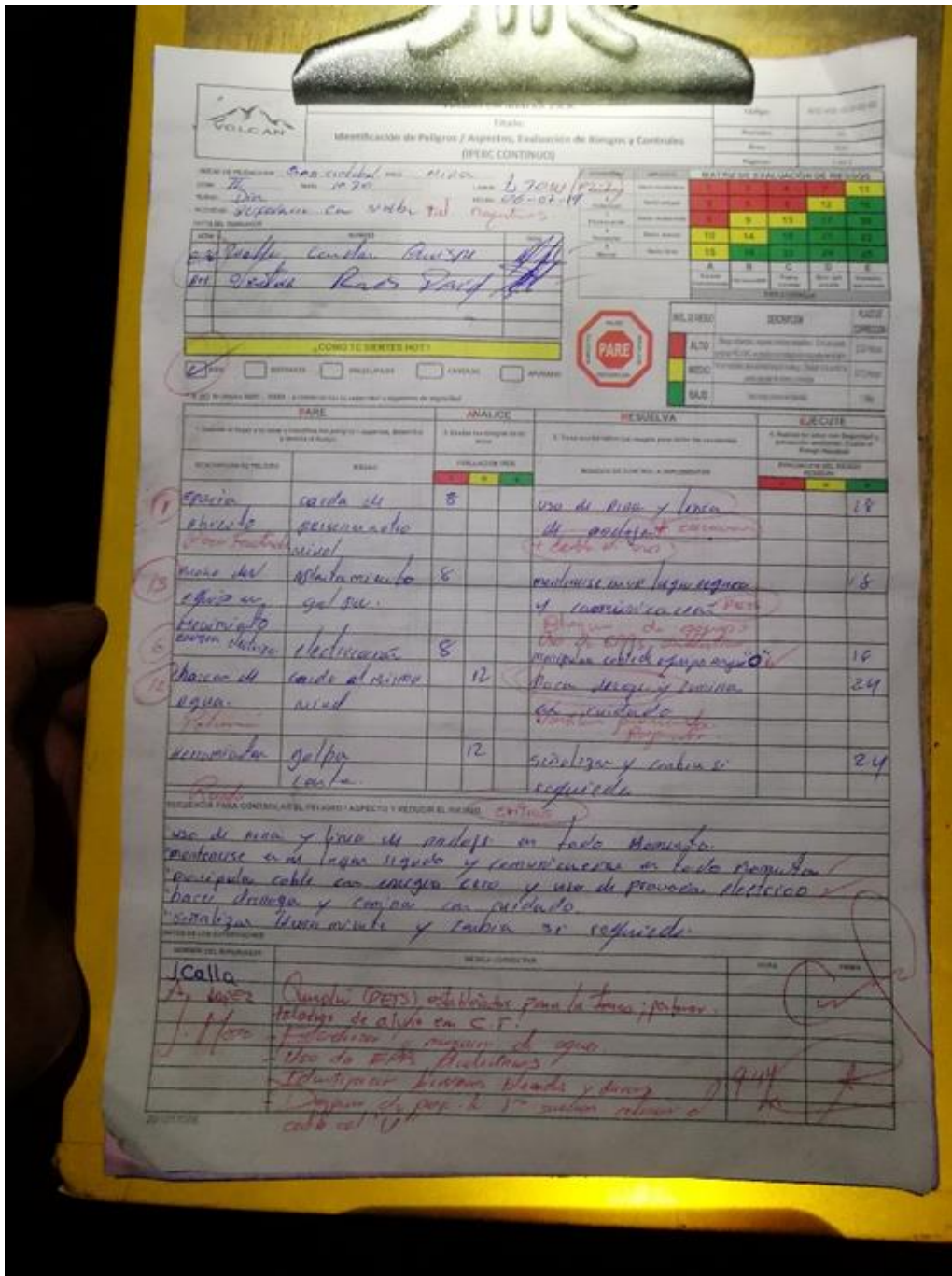


Figura 9. Control de inspección del IPERC de la chimenea slot, veta Split 658 Tomada del área de Planeamiento

Las consideraciones de seguridad en operaciones de perforación están asociadas a los equipos SIMBA – 305, considerando el análisis de los sensores de ángulos de posicionamiento, así como los rangos de trabajo.



Figura 10. Control de análisis de sensores en equipos de perforación



Figura 11. Control de análisis de posicionamiento en equipos de perforación

El posicionamiento de los equipos de perforación en chimeneas slot es de vital importancia para controlar la desviación de taladros y así controlar el tonelaje programado.



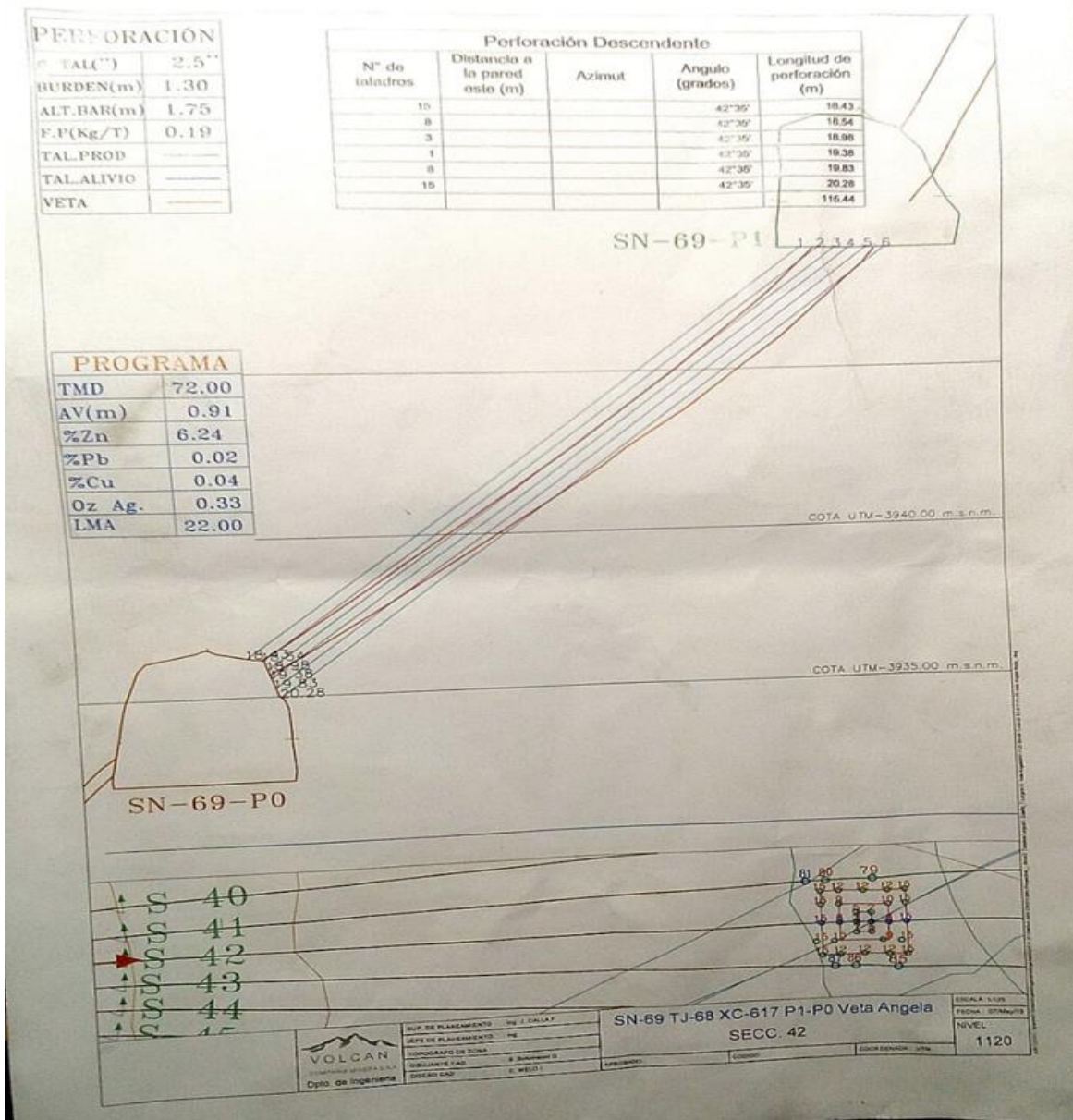
Figura 12. Control de posicionamiento en equipos de perforación, chimenea slot

2.4.4 Consideraciones para la construcción de chimenea Slot en la veta Split 658

Para iniciar la perforación de la chimenea slot se cuenta con los planos emitidos por el área de planeamiento donde indican la inclinación de los taladros.

Antes de iniciar la perforación se raspa el área a perforar con un equipo de bajo perfil (scoop), posteriormente con el uso de la plomada se prolonga los puntos hacia el área a perforar.

Una vez marcados los taladros se ubica el brazo del equipo para inicialmente realizar el rimado de todos los taladros con la broca de (102 mm), esto con el fin de reducir la desviación de los taladros a perforar.



**Figura 13. Programa de desarrollo de chimenea slot
Tomada del área de Planeamiento**

Muchas veces las sensibilidades de los equipos juegan en contra al realizar la perforación, al iniciar el emboquillado sin perforar primero con la rimadora se tiene un riesgo muy alto de emboquillado deficiente por ende desviación de taladros por que la broca sobre roca disconforme no siempre hace bien su trabajo por la resistencia y tenacidad de la roca a esto se suma las partes dentadas que tiene un macizo rocoso disconforme ya que la roca el piso de las galerías casi siempre están dentadas y desniveladas por acción de la voladura es por eso que este método de rimar primero todos los taladros antes de perforarlos crea un área nivelada y pareja

donde ya se puede emboquillar con mayor eficiencia y reduciendo el riesgo de desviación de taladros.

Otro punto importante que debemos tomar en cuenta es la selección de aceros ya que una broca guía de botones de faldón largo y las barras tipo MF en buen estado son las más apropiadas para este tipo de trabajos (construcción de chimeneas slot).



Figura 14. Chimenea slot de 2.1 x 2.1.

2.4.5 Consideraciones económicas en la construcción de chimenea Slot en la veta Split 658

Los parámetros económicos en chimenea slot de 2.10 x 2.10 m tiene en cuenta las partidas de perforación, voladura y extracción, considerando un costo por tonelada de 381.88 \$/t y/o de 540.28 \$/m.

Tabla 8. Precios unitarios en chimenea slot

PRECIOS UNITARIOS - CHIMENEA SLOT 2.1 X 2.1

| Item | Descripción | Unidad | Cantidad | Cantidad | Costo Unitario | Vida Util | Costo Parcial | Costo Total |
|---|--|--------|------------|----------|----------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| | | | (Personas) | | US\$/Unidad | | US\$/gdia | Sin Explosivo US\$/ton |
| 1.00 PERFORACION | | | | | | | 5,355.33 | 331.15 |
| 1.01 Mano de Obra | | | | | | | 304.24 | |
| | Operador de Simba | Gdia | 1.29 | 2.56 | 58.02 | | 190.86 | |
| | Ayudante Operador de Simba | Gdia | 1.29 | 2.56 | 34.47 | | 113.38 | |
| 1.02 Aceros de Perforacion | | | | | | | 2,424.88 | |
| | Barra SP T38-RD38-T38 x 4" | p.p | | 1,259.52 | 0.78 | | 978.72 | |
| | Broca Retractiva FP T38 x 64MM | p.p | | 1,259.52 | 0.34 | | 425.34 | |
| | Domo SR 35 x 102 MM | p.p | | 262.40 | 0.34 | | 88.61 | |
| | Shank COP 1838/1638 T38 x 435 MM | p.p | | 1,259.52 | 0.07 | | 89.57 | |
| | Broca B T38 x 5" | p.p | | 209.92 | 0.84 | | 176.10 | |
| | Copas de Afilado | Jgo | | 1,259.52 | 0.23 | | 287.75 | |
| | Aguzadora de copas | Pza | | 1,259.52 | 0.21 | | 267.29 | |
| | Tubo de PVC | Pza | | 9.00 | 3.12 | | 28.08 | |
| | Bolsa de Polipropileno | Kg. | | 0.96 | 0.59 | | 0.56 | |
| | Cancamos de anclaje | Pza | | 2.00 | 2.00 | | 4.00 | |
| | conos de plastico naranja para SLS | Pza | | 19.00 | 3.99 | | 75.74 | |
| | Manguera de 1" (50 m) | m. | | 1.00 | 3.11 | | 3.11 | |
| 1.03 Equipos | | | | | | | 2,603.94 | |
| | Simba | hr. | | 15.36 | 165.82 | | 2,547.03 | |
| | Combustible | Gal | | 23.04 | 2.47 | | 56.91 | |
| 1.04 Herramientas y EPP | | | | | | | 22.26 | |
| | Implementos de seguridad | Gdia | 2.00 | 2.56 | 1.82 | | 9.34 | |
| | Herramientas | Gdia | 1.00 | 2.56 | 4.04 | | 10.35 | |
| | Lamparas Mineras | Gdia | 2.00 | 2.56 | 0.50 | | 2.57 | |
| 2.00 VOLADURA | | | | | | | 624.67 | 15.74 |
| 2.01 Mano de Obra | | | | | | | 171.02 | |
| | Maestro cargador de explosivos | Gdia | 1.29 | 1.28 | 40.79 | | 67.08 | |
| | Ayudante cargador de explosivos | Gdia | 2.57 | 1.28 | 31.59 | | 103.93 | |
| 2.02 Explosivos y accesorios de voladura | | | | | | | 372.88 | |
| | Emulex 80 1 1/4 x 12 | Pza. | | 57.00 | 0.53 | | 30.32 | |
| | Examon "P" (bls. x 25kg.) | Kg. | | 505.01 | 0.61 | | 308.06 | |
| | Guias Ensabladas Carmex de 7" | Pza. | | 4.00 | 0.55 | | 2.20 | |
| | Exanel periodo largo 15 m (Nº 1 al Nº 400) | Pza. | | 24.00 | 0.95 | | 22.80 | |
| | Cordón Detonante Pentacord 5P | m. | | 50.00 | 0.19 | | 9.50 | |
| 2.03 Equipos | | | | | | | 66.67 | |
| | Jetanol | hr. | | 24.00 | 2.78 | | 66.67 | |
| 2.04 Herramientas y EPP | | | | | | | 14.11 | |
| | Implementos de seguridad | Gdia | 3.00 | 1.28 | 1.82 | | 7.01 | |
| | Herramientas | Gdia | 1.00 | 1.28 | 4.04 | | 5.17 | |
| | Lamparas Mineras | Gdia | 3.00 | 1.28 | 0.50 | | 1.93 | |
| 3.00 EXTRACCION | | | | | | | 631.84 | 35.00 |
| 3.01 Mano de Obra | | | | | | | 50.78 | |
| | Operador de Scooptram | Gdia | 1.29 | 0.76 | 52.27 | | 50.78 | |
| 3.02 Insumos | | | | | | | 20.11 | |
| | Mangas de Ventilacion 36" | m. | | 5.00 | 4.02 | | 20.11 | |
| 3.03 Equipos | | | | | | | 556.13 | |
| | Scooptram Byd | hr. | | 4.92 | 91.99 | | 452.43 | |
| | Combustible | Gal | | 29.11 | 2.47 | | 71.89 | |
| | Ventilador de 40,000 CFM | hr. | | 5.29 | 6.01 | | 31.80 | |
| 3.04 Herramientas y EPP | | | | | | | 4.82 | |
| | Implementos de seguridad | Gdia | 1.00 | 0.76 | 1.82 | | 1.38 | |
| | Herramientas | Gdia | 1.00 | 0.76 | 4.04 | | 3.06 | |
| | Lamparas Mineras | Gdia | 1.00 | 0.76 | 0.50 | | 0.38 | |
| TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/tn) | | | | | | | 6,611.84 | 381.88 |
| Utilidad Costo Directo | | | | | 10% | | | 38.19 |
| Gastos Generales | | | | | 23.4% | | | 88.85 |
| COSTO TOTAL (US\$/m) | | | | | | | | 540.28 |

Tomada del área de Planeamiento

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

La metodología de investigación desarrollada en el presente trabajo de estudio es descriptiva, ya que se describen los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo de la chimenea slot en la veta Split 658, Tj 69 y nivel Nv 780 de la mina San Cristóbal.

a) Método general

Se aplica el método del presente trabajo como inductivo – deductivo, porque se analiza e interpreta los parámetros de perforación y voladura, considerando el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658, Tj 69 y nivel Nv 780 de la mina San Cristóbal.

b) Métodos específicos

Para el cumplimiento de los objetivos programados en el presente trabajo de investigación, se describirá las diferentes etapas a desarrollar, considerando la mejora del desarrollo óptimo de la chimenea Slot en la veta Split 658, Tj 69 y nivel Nv 780 de la mina San Cristóbal, considerando lo siguiente:

- ✓ Recopilación de informes. Considera la obtención de los informes asociados al presente estudio, de las áreas de mina, geomecánica, geología y planeamiento,

con el objetivo de realizar un análisis del desarrollo de la chimenea slot veta Split 658.

- ✓ Trabajo de campo. Consiste en el trabajo a desarrollar observando los parámetros asociados al desarrollo de la veta Split 658, Tj 69 y nivel Nv 780 de la mina San Cristóbal.
- ✓ Trabajo de gabinete. Una vez observado y descrito los datos obtenidos en campo, se procederá a realizar el análisis de la información obtenida, considerando el tonelaje a los metros perforados, así como el factor de potencia y su costo asociado al desarrollo de la chimenea Slot, veta Split 658.
- ✓ Resultados. Finalmente, los resultados obtenidos se relacionarán con las variables de perforación y voladura para poder plantear y validar las hipótesis propuestas en el desarrollo de la veta Split 658, Tj 69 y nivel Nv 780 de la mina San Cristóbal.

3.1.2 Alcances de la investigación

El alcance de la investigación es de carácter aplicada, ya que se busca determinar el desarrollo óptimo de la chimenea Slot en la veta Split 658, Tj 69 y nivel Nv 780 de la mina San Cristóbal.

3.2 Diseño de la investigación

La investigación tiene un diseño del tipo descriptivo longitudinal, puesto que se relacionarán el tonelaje a los metros perforados, así como el factor de potencia y su costo asociado al desarrollo de la chimenea Slot, veta Split 658, considerando el escenario propuesto por el área de planeamiento, el ejecutado y el optimizado.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a la unidad minera Yauli de Volcan Compañía Minera S.A.A.

3.3.2 Muestra

Se relacionará al desarrollo de la chimenea Slot de la veta Split 658, Tj 69 y Nv 780, de la mina San Cristóbal.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de información están relacionadas al método y tipo de investigación a desarrollar.

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Búsqueda de información: referencias bibliográficas (web site).
- ✓ Observación de campo: análisis de variables de perforación y voladura.
- ✓ Desarrollo de plantillas asociadas a la PyV de chimenea slot.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Plantilla de perforación.
- ✓ Plantilla de voladura.
- ✓ Procesamiento en Excel.
- ✓ Otros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación con orientación operativa y económica permite realizar el desarrollo óptimo de la chimenea slot de la veta Split 658, Tj 69, Nv780 mediante el análisis de las variables de perforación y voladura, considerando los escenarios programados, ejecutados y optimizados de la mina San Cristóbal, unidad minera Yauli de Volcan Compañía Minera S. A. A.

4.1 Análisis de parámetros de operación programados de Chimenea slot en la veta Split 658

El desarrollo de la chimenea slot de sección de 2.10 x 2.10 m es la base fundamental en la secuencia de minado con taladros largos, considerado como base inicial de la cara libre.

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros perforados, con 19 taladros cargados con de 64 mm de diámetro y 5 taladros de alivio con 5" de diámetro. La velocidad de perforación de acuerdo a las características planteadas es de 22 m/h.

La chimenea slot utiliza una perforadora Simba EH, modelo 1252, columnas de 5' y 11 barras con roscas T45, con diámetro de broca de 64 mm y alivio de 5 pulgadas.

Los aspectos técnicos asociados al desarrollo de la chimenea Slot se van a considerar con los siguientes rendimientos:

Tabla 9. Parámetros técnicos en chimenea slot

| PARÁMETROS TÉCNICOS | | | | | |
|-------------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|---------------|------------|
| CHIMENEA SLOT 2.1 X 2.1 | | | | | |
| Perforación de Chimena | 24.00 | taladros | Volumen de Chimenea | 199.50 | ton |
| Taladros cargados | 24 | taladros | Longitud | 2.10 | m |
| Profundidad por taladro | 16 | m/tal | Ancho | 2.10 | m |
| Taladros Rimados | 5 | taladros | Alto | 16.00 | m |
| | | | Densidad | 3.50 | ton/m3 |
| | | | Factor de carga | 2.33 | kg/m |
| Equipos de Perforacion | | | Equipos de Limpieza | | |
| Rendimiento de Simba | 11 | tal/gdia | Rendimeinto Scooptram 6 Yd3 | 70 | ton/hr |
| Horas Trabajadas SIMBA | 7 | hr/gdia | Horas Trabajadas SCOOP | 7 | hr/gdia |
| Consumo de Petroleo | 1.50 | Gal/hr | Consumo de Petroleo | 5.5 | Gal/hr |
| Dias trabajados | 30 | dias | Horas por dia | 10.28 | Horas |

Las variables para analizar serán el tonelaje generado en la chimenea slot con los metros perforados, así como el factor de potencia y sus costos asociados al desarrollo óptimo de la chimenea slot (VCR).

Para nuestro primer escenario, los parámetros programados en el desarrollo de la chimenea slot serán:

a) Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 10. Especificaciones de chimenea slot - programado

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|------|-------|-----|
| Fecha | 13-Ago | Tajo | 69 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |
| N° taladros | | | 24 | | 9 |
| Ø taladro | mm | | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | | 1.14 | | |

Tabla 11. Sección slot programado – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - PROGRAMADO | | | | | |
|--|------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 2 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 3 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 4 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 5 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 6 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 7 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 8 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 9 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 10 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 11 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 12 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 13 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 14 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 15 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 16 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 17 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 18 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 19 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 20 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 21 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 22 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 23 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 24 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| | 384 | | 24.00 | 360.00 | 206.69 |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura, se considera 24 taladros cargados de 16 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 384 metros, con una altura de taco de 1 metro y 15 metros de altura de carga se programa un total 8.61 kg de explosivo por taladro y un total de 206.69 kg.

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot programado considera ángulos de perforación de 90°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot es poder controlar la desviación de taladros por un deficiente emboquillado.

b) Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot considera el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje a romper de 199.50 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 12. Explosivos y accesorios de voladura en slot programado – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 206.69 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 16.00 |

c) Resultados programados:

Tabla 13. Resultados en slot programado – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 212.69 |
| Explosivo Total | kg | 212.69 |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 206.69 |
| Explosivo Total | kg | 206.69 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 199.50 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 212.69 kg, , teniendo en cuenta un total de material a romper de 199.50 toneladas y un factor

de potencia de 1.07 kg/t, considerando 384 metros perforados, con 360 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot programado, , teniendo en cuenta un costo unitario por tonelada rota de 381.88 \$/t, considera un total de 76,187.62 \$ por el desarrollo de la chimenea slot programada.

4.2 Análisis de parámetros de operación ejecutados de Chimenea slot en la veta Split 658

Durante el presente estudio se consideró el análisis de las chimeneas slot en el escenario ejecutado, teniendo en cuenta los tajos 75, 82, 84 y 85 realizados durante el mes de setiembre.

Los parámetros de perforación consideran 24 taladros cargados de 64 mm de diámetro. Los resultados obtenidos en el escenario ejecutado se describen por chimenea slot desarrollado.

a) Chimenea slot – Tajo 75

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16.2 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 14. Especificaciones de chimenea slot – tajo 75

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|------|-------|-----|
| Fecha | 15-Set | Tajo | 75 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |
| N° taladros | | | 24 | | 9 |
| ∅ taladro | mm | | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | | 1.14 | | |

Tabla 15. Sección slot, tajo 75 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - Tajo 75 | | | | | |
|------------------------------------|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 2 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 3 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 4 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 5 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 6 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 7 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 8 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 9 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 10 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 11 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 12 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 13 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 14 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 15 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 16 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 17 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 18 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 19 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 20 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 21 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 22 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 23 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| 24 | 16.2 | 89 | 1.00 | 15.20 | 8.73 |
| | 388.8 | | 24.00 | 364.80 | 209.45 |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 16.2 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 388.8 metros, con una altura de taco de 1 metro y 15.20 metros de altura de carga, con un total de 8.73 kg de explosivo por taladro y un total de 209.45 kg.

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – tajo 75 se desarrollaron con ángulos de perforación de 89°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot, tajo 75 considera el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 202.0 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/ton y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 16. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 75 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|--------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 209.45 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 16.20 |

✓ Resultados Slot, tajo 75:

Tabla 17. Resultados en slot, tajo 75 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|--------|
| Cantidad de explosivo | kg | 215.45 |
| Explosivo Total | kg | 215.45 |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 209.45 |
| Explosivo Total | kg | 209.45 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 202.00 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 215.45 kg, teniendo en cuenta un total de material roto de 202.0 toneladas y un factor de

potencia de 1.07 kg/ton, considerando 388.8 metros perforados, con 364.80 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot, tajo 75 considerando un costo unitario por tonelada rota de 381.88 \$/t, considera un total de 77,139.96 \$ por el desarrollo de la chimenea slot, tajo 75.

b) Chimenea slot – Tajo 82

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación, considera un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 17.1 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 18. Especificaciones de chimenea slot – tajo 82

| | | | | | |
|-------------|--------|------|----|-------|-----|
| Fecha | 21-Set | Tajo | 82 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|----|-----|
| N° taladros | | 24 | | 9 |
| ∅ taladro | mm | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | 1.14 | | |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 17.1 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 410.4 metros, con una altura de taco de 1 metro y 16.10 metros de altura de carga, con un total de 9.24 kg de explosivo por taladro y un total de 221.85 kg.

Tabla 19. Sección slot, tajo 82 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - Tajo 82 | | | | | |
|------------------------------------|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 2 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 3 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 4 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 5 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 6 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 7 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 8 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 9 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 10 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 11 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 12 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 13 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 14 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 15 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 16 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 17 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 18 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 19 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 20 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 21 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 22 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 23 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| 24 | 17.1 | 88 | 1.00 | 16.10 | 9.24 |
| | 410.4 | | 24.00 | 386.40 | 221.85 |

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – tajo 82 se desarrollaron con ángulos de perforación de 88°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot, es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot, tajo 82 considera el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 202.0 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 20. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 82 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| | | |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 221.85 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 17.10 |

✓ Resultados Slot, tajo 82:

Tabla 21. Resultados en slot, tajo 82 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 227.85 |
| Explosivo Total | kg | 227.85 |
| | | |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 221.85 |
| Explosivo Total | kg | 221.85 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| | | |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 213.22 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 227.85 kg, teniendo en cuenta un total de material roto de 213.22 toneladas y un factor de

potencia de 1.07 kg/t, considerando 410.4 metros perforados, con 386.40 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot, tajo 82 teniendo en cuenta un costo unitario por tonelada rota de 381.88 \$/t, considera un total de 81,425.52 \$ por el desarrollo de la chimenea slot, tajo 82.

c) Chimenea slot – tajo 84

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16.8 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 22. Especificaciones de chimenea slot – tajo 84

| | | | | | |
|-------------|--------|------|----|-------|-----|
| Fecha | 27-Set | Tajo | 84 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|----|-----|
| N° taladros | | 24 | | 9 |
| Ø taladro | mm | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | 1.14 | | |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 16.8 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 403.2 metros, con una altura de taco de 1 metro y 16.8 metros de altura de carga, con un total de 9.07 kg de explosivo por taladro y un total de 217.72 kg.

Tabla 23. Sección slot, tajo 84 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - Tajo 84 | | | | | |
|---|------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 2 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 3 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 4 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 5 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 6 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 7 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 8 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 9 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 10 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 11 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 12 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 13 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 14 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 15 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 16 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 17 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 18 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 19 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 20 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 21 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 22 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 23 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| 24 | 16.8 | 88 | 1.00 | 15.80 | 9.07 |
| | 403.2 | | 24.00 | 379.20 | 217.72 |

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – tajo 84 se desarrollaron con ángulos de perforación de 88°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot, es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot, tajo 84 considera el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 209.48 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 24. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 84 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 217.72 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 16.80 |

✓ Resultados Slot, tajo 84:

Tabla 25. Resultados en slot, tajo 84 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 223.72 |
| Explosivo Total | kg | 223.72 |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 217.72 |
| Explosivo Total | kg | 217.72 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 209.48 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 223.72 kg, teniendo en cuenta un total de material a romper de 209.48 toneladas y un factor

de potencia de 1.07 kg/t, considerando 403.2 metros perforados, con 379.20 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot, tajo 84 teniendo en cuenta un costo unitario por tonelada rota de 381.88 US\$/t, considera un total de 79,997.00 \$ por el desarrollo de la chimenea slot, tajo 84.

d) Chimenea slot – Tajo 85

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16.8 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 26. Especificaciones de chimenea slot – tajo 85

| | | | | | |
|-------------|--------|------|----|-------|-----|
| Fecha | 30-Set | Tajo | 85 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|----|-----|
| N° taladros | | 24 | | 9 |
| ∅ taladro | mm | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | 1.14 | | |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 17.2 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 412.8 metros, con una altura de taco de 1 metro y 16.20 metros de altura de carga, con un total de 9.30 kg de explosivo por taladro y un total de 223.23 kg.

Tabla 27. Sección slot, tajo 85 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - Tajo 85 | | | | | |
|------------------------------------|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 2 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 3 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 4 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 5 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 6 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 7 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 8 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 9 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 10 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 11 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 12 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 13 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 14 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 15 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 16 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 17 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 18 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 19 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 20 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 21 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 22 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 23 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| 24 | 17.2 | 87 | 1.00 | 16.20 | 9.30 |
| | 412.8 | | 24.00 | 388.80 | 223.23 |

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – tajo 85 se desarrollaron con ángulos de perforación de 87°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot, tajo 85 considera el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 214.47 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 28. Explosivos y accesorios de voladura en slot, tajo 85 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| | | |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 223.23 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 17.20 |

✓ Resultados Slot, tajo 85:

Tabla 29. Resultados en slot, tajo 85 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 229.23 |
| Explosivo Total | kg | 229.23 |
| | | |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 223.23 |
| Explosivo Total | kg | 223.23 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| | | |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 214.47 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 229.23 kg, teniendo en cuenta un total de material a romper de 214.47 toneladas y un factor

de potencia de 1.07 kg/t, considerando 412.8 metros perforados, con 388.80 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot, tajo 85 tienen en cuenta un costo unitario por tonelada rota de 381.88 \$/t, considera un total de 81,901.69 \$ por el desarrollo de la chimenea slot, tajo 85.

4.3 Análisis de parámetros de operación optimizado de Chimenea slot en la veta Split 658

Durante el presente estudio se consideró el análisis de las chimeneas slot 1,2 y 3 en el escenario optimizado, tiene en cuenta el tajo 69, realizados durante el mes de octubre.

Los parámetros de perforación consideran 24 taladros cargados de 64 mm de diámetro. Los resultados obtenidos en el escenario optimizado permiten controlar y mejorar la desviación de taladros.

a) Chimenea slot – 2, Tajo 69

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16.2 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 30. Especificaciones de chimenea slot -1, tajo 69

| | | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|------|-------|-----|
| Fecha | 10-Oct | Tajo | 69 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |
| N° taladros | | | 24 | | 9 |
| ∅ taladro | mm | | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | | 1.14 | | |

Tabla 31. Sección slot - 1, tajo 69 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - OPTIMIZADO TJ 69-1 | | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 2 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 3 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 4 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 5 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 6 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 7 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 8 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 9 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 10 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 11 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 12 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 13 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 14 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 15 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 16 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 17 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 18 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 19 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 20 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 21 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 22 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 23 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| 24 | 16.10 | 89 | 1.00 | 15.10 | 8.67 |
| | 386.4 | | 24.00 | 362.40 | 208.07 |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 16.1 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 386.4 metros, con una altura de taco de 1 metro y 15.10 metros de altura de carga, con un total de 8.67 kg de explosivo por taladro y un total de 208.07 kg.

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – 1, tajo 69 se desarrollaron con ángulos de perforación de 89°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot - 1, tajo 69 considera el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 200.75 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 32. Explosivos y accesorios de voladura en slot-1, tajo 69 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 208.07 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 16.10 |

✓ Resultados Slot-1, tajo 69:

Tabla 33. Resultados en slot-1, tajo 69 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 214.07 |
| Explosivo Total | kg | 214.07 |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 208.07 |
| Explosivo Total | kg | 208.07 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 200.75 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 214.07 kg, teniendo en cuenta un total de material roto de 200.75 toneladas y un factor de potencia de 1.07 kg/t, considerando 386.4 metros perforados, con 362.40 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot-1, tajo 69 considerando un costo unitario por tonelada rota de 381.88 US\$/t, tiene en cuenta un total de 76,663.79 \$ por el desarrollo de la chimenea slot.

b) Chimenea slot-2, Tajo 69

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16.0 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 34. Especificaciones de chimenea slot -2, tajo 69

| | | | | | |
|-------------|--------|------|----|-------|-----|
| Fecha | 20-Oct | Tajo | 69 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|----|-----|
| N° taladros | | 24 | | 9 |
| ∅ taladro | mm | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | 1.14 | | |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 16.0 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 384.0 metros, con una altura de taco de 1 metro y 16.0 metros de altura de carga, con un total de 8.61 kg de explosivo por taladro y un total de 206.69 kg.

Tabla 35. Sección slot - 2, tajo 69 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - OPTIMIZADO TJ 69-2 | | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 2 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 3 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 4 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 5 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 6 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 7 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 8 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 9 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 10 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 11 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 12 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 13 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 14 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 15 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 16 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 17 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 18 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 19 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 20 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 21 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 22 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 23 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| 24 | 16 | 90 | 1.00 | 15.00 | 8.61 |
| | 384 | | 24.00 | 360.00 | 206.69 |

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – 2, tajo 69 se desarrollaron con ángulos de perforación de 90°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot - 2, tajo 69 consideran el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 199.50 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 36. Explosivos y accesorios de voladura en slot-2, tajo 69 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 206.69 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 16.00 |

✓ Resultados Slot-2, tajo 69:

Tabla 37. Resultados en slot-2, tajo 69 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 212.69 |
| Explosivo Total | kg | 212.69 |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 206.69 |
| Explosivo Total | kg | 206.69 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 199.50 |
| Factor de Potencia teór | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 212.69 kg, teniendo en cuenta un total de material roto de 199.50 toneladas y un factor de

potencia de 1.07 kg/ton, considerando 384.0 metros perforados, con 360.0 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot-2, tajo 69 considerando un costo unitario por tonelada rota de 381.88 US\$/t, tienen un total de 76,187.62 \$ por el desarrollo de la chimenea slot.

c) Chimenea slot-3, Tajo 69

✓ Parámetros de perforación:

Los parámetros de perforación consideran un total de 24 taladros, con longitudes de perforación de 16.11 metros, diámetro de taladro de 64 mm y 102 mm.

Tabla 38. Especificaciones de chimenea slot -3, tajo 69

| | | | | | |
|-------------|--------|------|----|-------|-----|
| Fecha | 27-Oct | Tajo | 69 | Nivel | 780 |
| Supervisor: | | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------|------|----|-----|
| N° taladros | | 24 | | 9 |
| ∅ taladro | mm | 64 | mm | 102 |
| Densidad de explosivo | gr/cm ³ | 1.14 | | |

De acuerdo al diseño de malla de perforación y voladura se considera 24 taladros cargados de 16.11 metros de longitud de perforación, teniendo en cuenta un total de 386.64 metros, con una altura de taco de 1 metro y 15.11 metros de altura de carga, con un total de 8.68 kg de explosivo por taladro y un total de 208.21 kg.

Tabla 39. Sección slot - 3, tajo 69 – Veta Split 658

| CHIMENA SLOT 2.1 x 2.1 m - OPTIMIZADO TJ 69 - 3 | | | | | |
|---|-----------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N° tal. | Long. (m) | Angulo perf. (°) | Long. Taco (m) | Long. Carga (m) | Explosivos (kg) |
| 1 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 2 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 3 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 4 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 5 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 6 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 7 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 8 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 9 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 10 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 11 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 12 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 13 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 14 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 15 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 16 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 17 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 18 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 19 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 20 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 21 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 22 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 23 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| 24 | 16.11 | 89 | 1.00 | 15.11 | 8.68 |
| | 386.64 | | 24.00 | 362.64 | 208.21 |

Las condiciones de operación de los taladros en la chimenea slot – 3, tajo 69 se desarrollaron con ángulos de perforación de 89°.

Uno de los grandes inconvenientes en el desarrollo de chimeneas slot es poder controlar la desviación de taladros, por un deficiente emboquillado.

✓ Parámetros voladura:

Los explosivos utilizados en el desarrollo de la chimenea slot - 3, tajo 69 consideran el uso de la emulsión 3000 y 5000, teniendo en cuenta un total de explosivos de 210.88 kg y 14.70 kg respectivamente con un tonelaje roto de 200.88 toneladas, se define un factor de potencia teórico de 1.07 kg/t y un factor de potencia de software de 1.04 kg/t.

Tabla 40. Explosivos y accesorios de voladura en slot-3, tajo 69 – Veta Split 658

| ACCESORIOS | | |
|--------------------|-------|---------------|
| Fanel ms 18m | pzas | 24 |
| Carmex | und | 2 |
| Mecha Rápida | m | 0.3 |
| | | |
| EXPLOSIVOS | | |
| Emulsion | kg | 208.21 |
| Superfam Dos | sacos | |
| E 5000 1 1/2 x 12" | und | 84.00 |
| E 5000 1 1/2 x 12" | kg | 14.70 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | und | 1,205 |
| E 3000 1 1/2 x 12" | kg | 210.88 |
| Pentacord 3P (m) | m | 16.11 |

✓ Resultados Slot-3, tajo 69:

Tabla 41. Resultados en slot-3, tajo 69 – Veta Split 658

| CARGA TEÓRICO | | |
|---------------------------|------|-------------|
| Cantidad de explosivo | kg | 214.21 |
| Explosivo Total | kg | 214.21 |
| | | |
| CARGA SOFTWARE | | |
| Cálculo del software | kg | 208.21 |
| Explosivo Total | kg | 208.21 |
| factor rebote | kg | -6.00 |
| | | |
| FACTORES | | |
| Tonelaje a romper | t | 200.88 |
| Factor de Potencia teor | kg/t | 1.07 |
| Factor de Potencia softw. | kg/t | 1.04 |

Los resultados programados consideran un total de explosivos de 214.21 kg, teniendo en cuenta un total de material roto de 200.88 toneladas y un factor de

potencia de 1.07 kg/t, considerando 386.64 metros perforados, con 362.64 metros cargados y 24 metros de taco.

Los costos asociados en la chimenea slot-3, tajo 69 considerando un costo unitario por tonelada rota de 381.88 US\$/t, presenta un total de 76,711.41 \$ por el desarrollo de la chimenea slot.

4.4 Resumen de los escenarios ejecutado y optimizado de Chimenea slot en la veta Split 658

El estudio desarrollado durante los escenarios ejecutado y optimizado en la ejecución de la chimenea slot en la veta Split 658, Nv 780 considera el ángulo de perforación, longitud de perforación, longitud de carga, kilogramos de explosivo, tonelaje asociado y costo parcial de desarrollo de la chimenea slot.

Tabla 42. Resumen de resultados en chimenea slot – Veta Split 658

| RESUMEN DE RESULTADOS - CHIMENEA SLOT | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| ESCENARIO EJECUTADO - OPTIMIZADO | | | | | | | | | | | |
| ESCENARIO | SLOT | Ang. Perfor. (°) | Long. Perfor. (m) | Incremento Metros perfor. | Long. Carga (m) | Kg. explosivo (kg) | Incremento Kg. explosivo | Tonelaje (ton) | Incremento Tonelaje | Costo parcial (US \$) | Incremento Costo parcial (US\$) |
| PROGRAMADO | TJ | 90 | 384.0 | | 360.0 | 206.7 | | 199.5 | | 76,187.62 | |
| EJECUTADO | Tj 75 | 89 | 388.8 | 4.8 | 364.8 | 209.5 | 2.8 | 202.0 | 2.5 | 77,139.96 | 952.35 |
| EJECUTADO | Tj 82 | 88 | 410.4 | 26.4 | 386.4 | 221.9 | 15.2 | 213.2 | 13.7 | 81,425.52 | 5,237.90 |
| EJECUTADO | Tj 84 | 88 | 403.2 | 19.2 | 379.2 | 217.7 | 11.0 | 209.5 | 10.0 | 79,997.00 | 3,809.38 |
| EJECUTADO | Tj 85 | 87 | 412.8 | 28.8 | 388.8 | 223.2 | 16.5 | 214.5 | 15.0 | 81,901.69 | 5,714.07 |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 1 | 89 | 386.4 | 2.4 | 362.4 | 208.1 | 1.4 | 200.8 | 1.3 | 76,663.79 | 476.17 |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 2 | 90 | 384.0 | 0.0 | 360.0 | 206.7 | 0.0 | 199.5 | 0.0 | 76,187.62 | 0.00 |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 3 | 89 | 386.6 | 2.6 | 362.6 | 208.2 | 1.5 | 200.9 | 1.4 | 76,711.41 | 523.79 |
| PROMEDIO | | 88.6 | 396.0 | 12.0 | 372.0 | 213.6 | 6.9 | 205.8 | 6.3 | 78,575.3 | 2,387.7 |
| TOTAL | | 90 | 2,772.2 | 84.2 | 2,604.2 | 1,495.2 | 48.4 | 1,440.3 | 43.8 | 550,027.0 | 16,713.7 |

El análisis del presente estudio considera el desarrollo de 7 chimeneas slot en la veta Split 658, Nv 780 de la mina San Cristobal, teniendo en cuenta el desarrollo de 4 chimeneas slot en el escenario ejecutados en los tajos Tj 75, Tj 82, Tj 84 y Tj 85, que fueron comparados con el desarrollo de las chimeneas slot en el escenario optimizados siendo estas en el tajo Tj 69-1, Tj 69-2 y Tj 69-3.

El ángulo de perforación programado se consideró en 90° y el promedio ejecutado en ambos escenarios fue de 88.6°, esta desviación de taladros afecta directamente en los diferentes parámetros asociados al desarrollo de la chimenea slot.

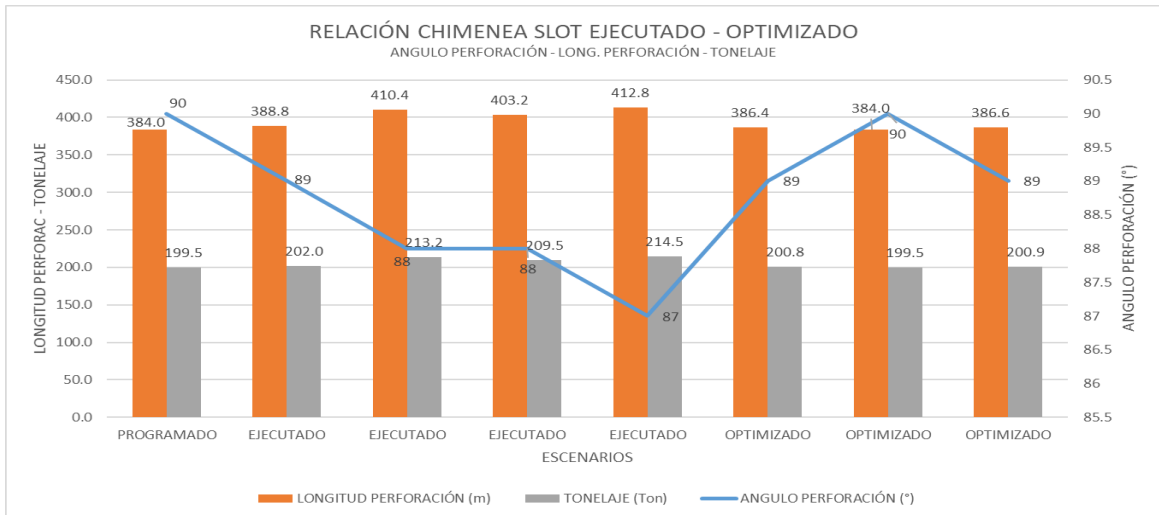


Figura 15. Relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje, en slot ejecutado y optimizado

La desviación de taladros de perforación en 1.4° considera el incremento de longitudes de perforación en 84.2 metros y un mayor tonelaje de material roto en 43.8 toneladas.

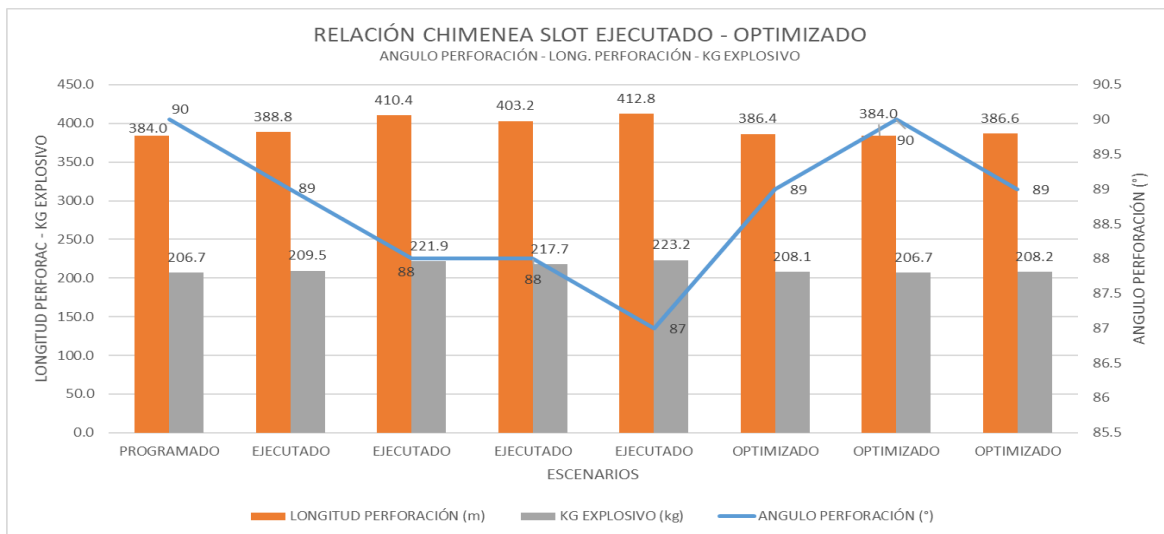


Figura 16. Relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo, en slot ejecutado y optimizado

La desviación de taladros de perforación en 1.4° considera el incremento de longitudes de perforación en 84.2 metros y un mayor consumo de explosivos en el desarrollo de las chimeneas slot en 48.4 kilogramos.

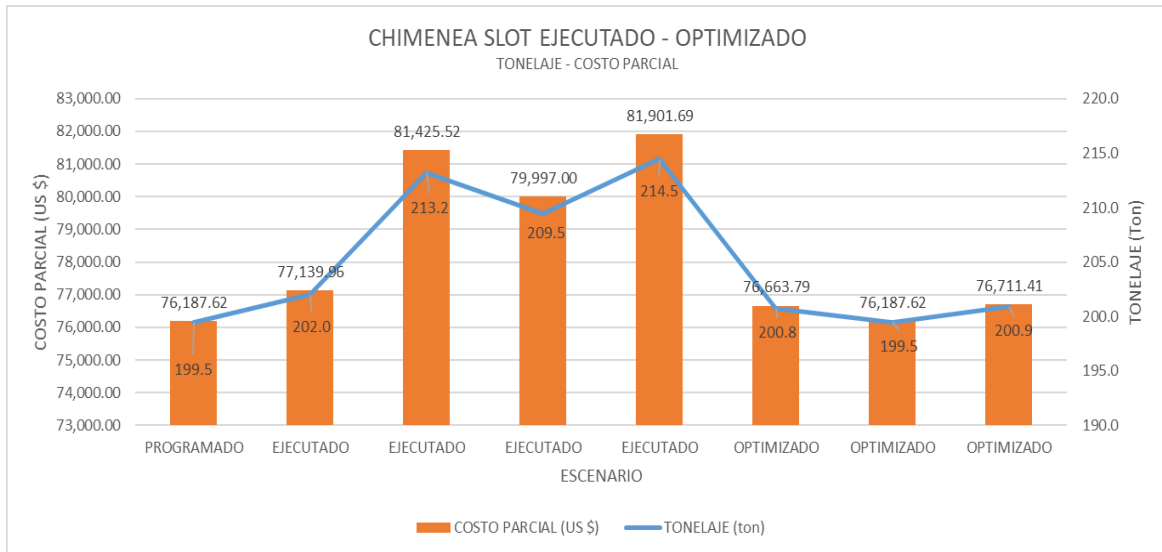


Figura 17. Costo parcial asociado al slot ejecutado y optimizado

La desviación de taladros de perforación en 1.4° considera el incremento de longitudes de perforación en 84.2 metros y un mayor consumo de explosivos en 48.4 kilogramos, tienen en cuenta el incremento de costos parciales en el desarrollo de chimenea slot en 16,713.7 \$.

Muchas veces, las sensibilidades de los equipos juegan en contra al realizar la perforación, al iniciar el emboquillado sin perforar primero con la rimadora se tiene un riesgo muy alto de emboquillado deficiente por ende la desviación de taladros, porque la broca sobre roca disconforme no siempre hace bien su trabajo por la resistencia y tenacidad de la roca, a esto se suma las partes dentadas que tiene un macizo rocoso disconforme ya que la roca el piso de las galerías casi siempre están dentadas y desniveladas por acción de la voladura.

Por tal motivo, se hace necesario rimar primero todos los taladros antes de perforarlos, los cuales crean un área nivelada y uniforme donde se puede emboquillar con mayor eficiencia y reduciendo el riesgo de desviación de taladros.

Para el escenario optimizado, se considera la mejora en este, considerando un buen rimado al momento del emboquillado en la perforación de los taladros.

4.5 Validación de la hipótesis

La presente investigación permitió realizar el análisis de las variables de perforación y voladura para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658, Tj 69 y Nv 780 en la unidad minera Yauli, mina San Cristóbal. El estudio se comparó en los escenarios ejecutado y optimizado, considerando el ángulo de perforación, longitud de perforación, longitud de carga, kilogramos de explosivo, tonelaje asociado y costo parcial de desarrollo de la chimenea slot.

La variable principal que influye directamente en la desviación de taladros es el ángulo de perforación, que para términos programados se considera en 90°, y genera una influencia directa en los parámetros de perforación y voladura a ser analizados.

a) Escenario ejecutado

Para el análisis del escenario ejecutado se considera una desviación del ángulo de perforación 2°, afectando directamente en los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo de la chimenea slot.

Tabla 43. Resultado chimenea slot – escenario ejecutado

| RESULTADO CHIMENA SLOT - ESCENARIO EJECUTADO | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------------------|-------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| ESCENARIO EJECUTADO - OPTIMIZADO | | | | | | | | | | | |
| ESCENARIO | SLOT | Ang. Perfor. (°) | Long. Perfor. (m) | Incremento Metros perfor. | Long. Carga (m) | Kg. explosivo (kg) | Incremento Kg. explosivo | Tonelaje (ton) | Incremento Tonelaje | Costo parcial (US \$) | Incremento Costo parcial (US\$) |
| PROGRAMADO | TJ | 90 | 384.0 | | 360.0 | 206.7 | | 199.5 | | 76,187.62 | |
| EJECUTADO | Tj 75 | 89 | 388.8 | 4.8 | 364.8 | 209.5 | 2.8 | 202.0 | 2.5 | 77,139.96 | 952.35 |
| EJECUTADO | Tj 82 | 88 | 410.4 | 26.4 | 386.4 | 221.9 | 15.2 | 213.2 | 13.7 | 81,425.52 | 5,237.90 |
| EJECUTADO | Tj 84 | 88 | 403.2 | 19.2 | 379.2 | 217.7 | 11.0 | 209.5 | 10.0 | 79,997.00 | 3,809.38 |
| EJECUTADO | Tj 85 | 87 | 412.8 | 28.8 | 388.8 | 223.2 | 16.5 | 214.5 | 15.0 | 81,901.69 | 5,714.07 |
| PROMEDIO | | 88.0 | 403.8 | 19.8 | 379.8 | 218.1 | 11.4 | 209.8 | 10.3 | 80,116.0 | 3,928.4 |
| TOTAL | | 88.0 | 1,615.2 | 79.2 | 1,519.2 | 872.3 | 45.5 | 839.2 | 41.2 | 320,464.2 | 15,713.7 |

La desviación de taladros perforados en el desarrollo de la chimenea slot de los tajos Tj 75, Tj 82, Tj 84 y Tj 85 afectaron directamente a los metros perforados, longitud de carga, kilogramos de explosivo, tonelaje roto y costo parcial.

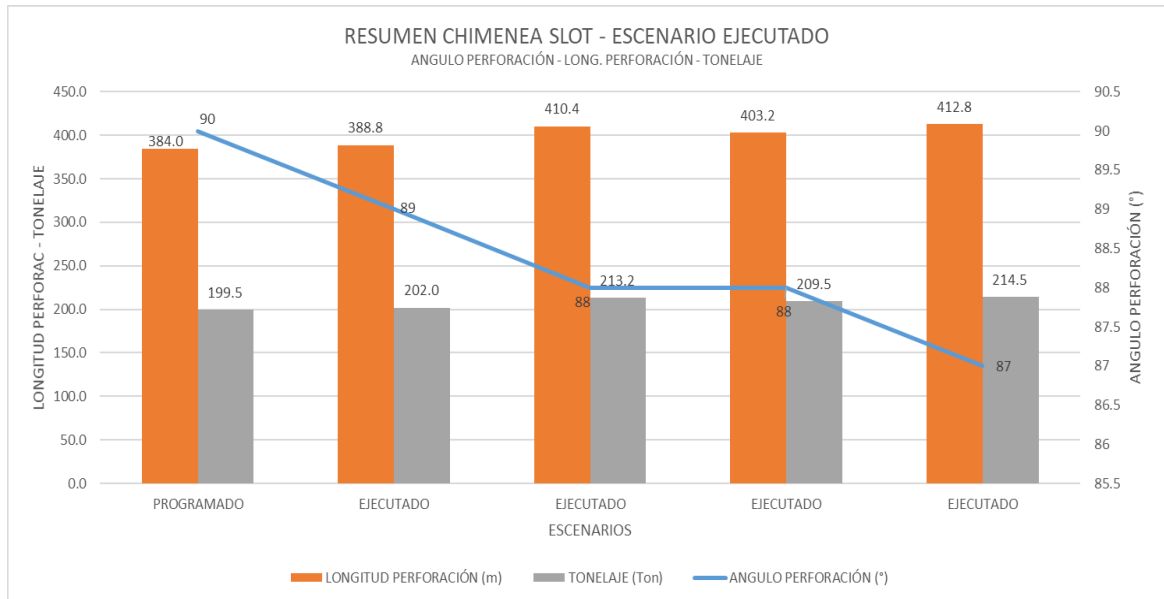


Figura 18. Relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje, en slot ejecutado

La desviación de taladros de perforación en 2° considera el incremento de longitudes de perforación en 79.2 metros y un incremento de tonelaje roto en 41.2 toneladas.

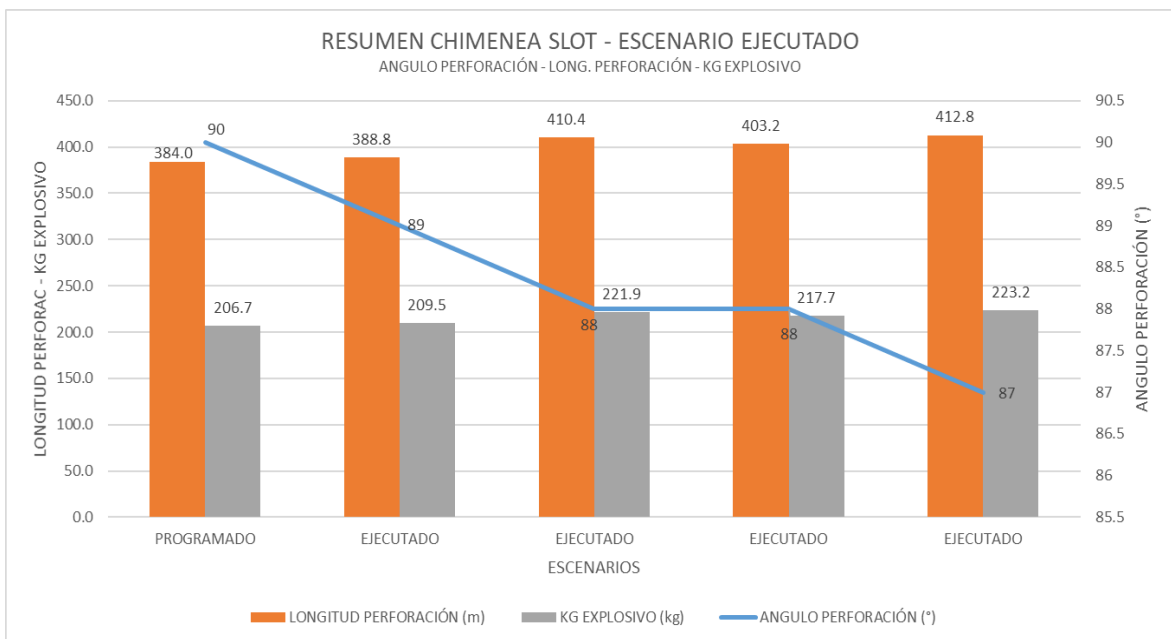


Figura 19. Relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo, en slot ejecutado

La desviación de taladros de perforación en 2° considera el incremento de longitudes de perforación en 79.2 metros y un mayor consumo de explosivos en el desarrollo de las chimeneas slot en 45.5 kilogramos.

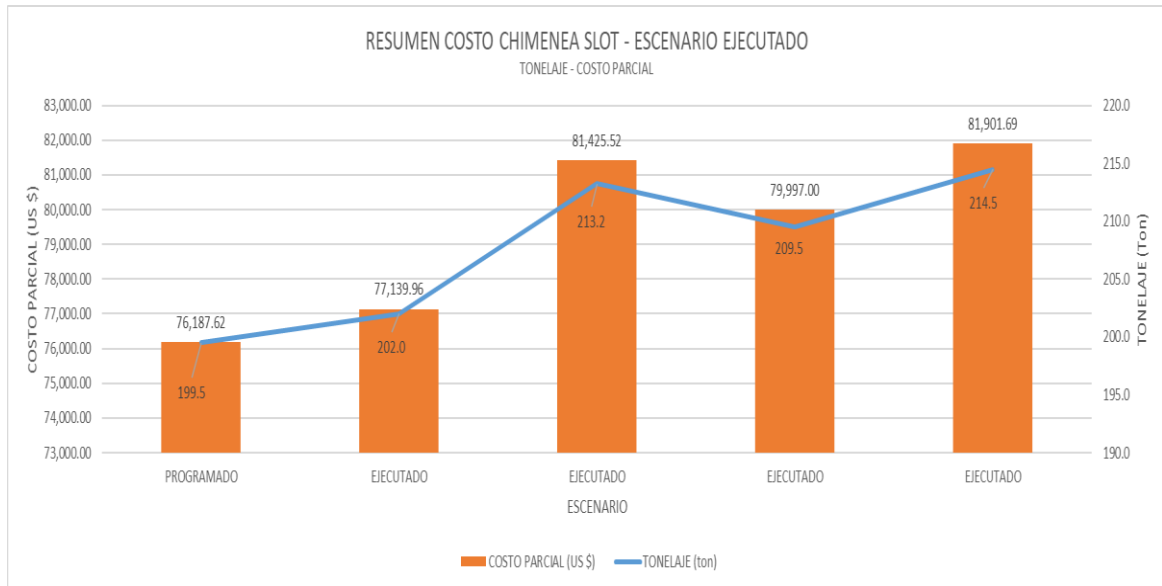


Figura 20. Costo parcial asociado al slot ejecutado

La desviación de taladros de perforación en 2° considera el incremento de longitudes de perforación en 79.2 metros y un mayor consumo de explosivos en 45.5 kilogramos, considera el incremento de costos parciales en el desarrollo de chimenea slot en 15,713.7 US \$.

b) Escenario optimizado

Para el escenario optimizado se tienen en cuenta su mejora considerando un buen rimado al momento del emboquillado en la perforación de los taladros, controlando de alguna manera la desviación de los taladros perforados.

Para el análisis del escenario optimizado se considera una desviación del ángulo de perforación 0.7°, afectando directamente en los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo de la chimenea slot en menor medida comparada con el escenario ejecutado.

Tabla 44. Resultado chimenea slot – escenario optimizado

| RESULTADO CHIMENEA SLOT - ESCENARIO OPTIMIZADO | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------------------|-------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| ESCENARIO EJECUTADO - OPTIMIZADO | | | | | | | | | | | |
| ESCENARIO | SLOT | Ang. Perfor. (°) | Long. Perfor. (m) | Incremento Metros perfor. | Long. Carga (m) | Kg. explosivo (kg) | Incremento Kg. explosivo | Tonelaje (ton) | Incremento Tonelaje | Costo parcial (US \$) | Incremento Costo parcial (US\$) |
| PROGRAMADO | TJ | 90 | 384.0 | | 360.0 | 206.7 | | 199.5 | | 76,187.62 | |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 1 | 89 | 386.4 | 2.4 | 362.4 | 208.1 | 1.4 | 200.8 | 1.3 | 76,663.79 | 476.17 |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 2 | 90 | 384.0 | 0.0 | 360.0 | 206.7 | 0.0 | 199.5 | 0.0 | 76,187.62 | 0.00 |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 3 | 89 | 386.6 | 2.6 | 362.6 | 208.2 | 1.5 | 200.9 | 1.4 | 76,711.41 | 523.79 |
| PROMEDIO | | 89.3 | 385.7 | 1.7 | 361.7 | 207.7 | 1.0 | 200.4 | 0.9 | 76,520.9 | 333.3 |
| TOTAL | | 89.3 | 1,157.0 | 5.0 | 1,085.0 | 623.0 | 2.9 | 601.1 | 2.6 | 229,562.8 | 1,000.0 |

La desviación de taladros perforados en el desarrollo de la chimenea slot del tajo Tj 69, slots 1, 2 y 3 afectaron directamente a los metros perforados, longitud de carga, kilogramos de explosivo, tonelaje roto y costo parcial.

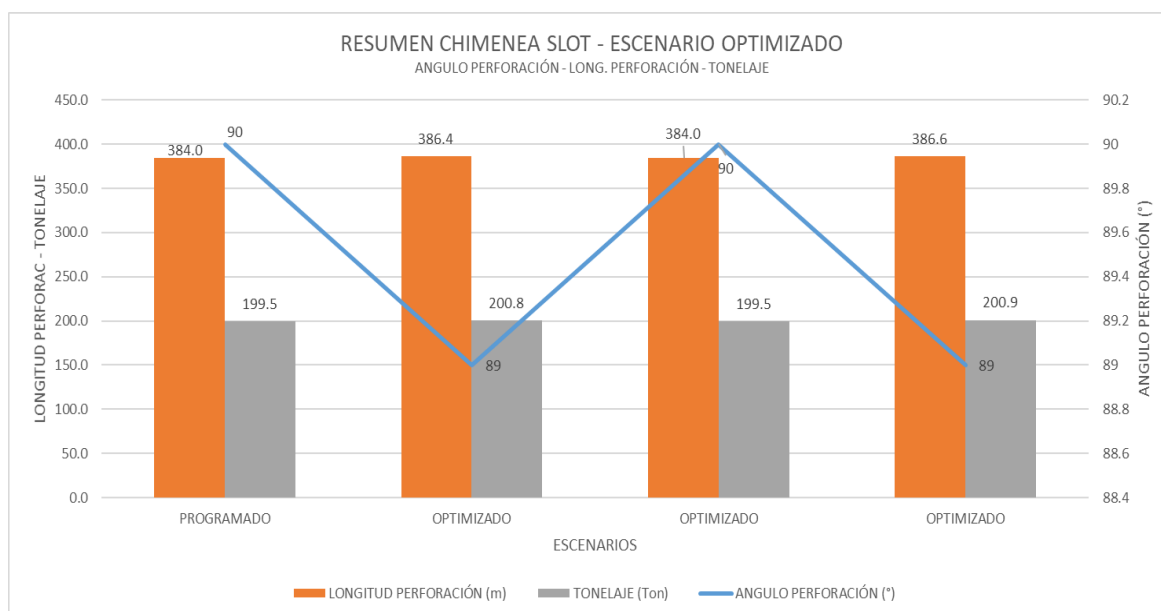


Figura 21. Relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje, en slot optimizado

La desviación de taladros de perforación en 0.7° considera el incremento de longitudes de perforación en 5.0 metros y un incremento de tonelaje roto en 2.6 toneladas.

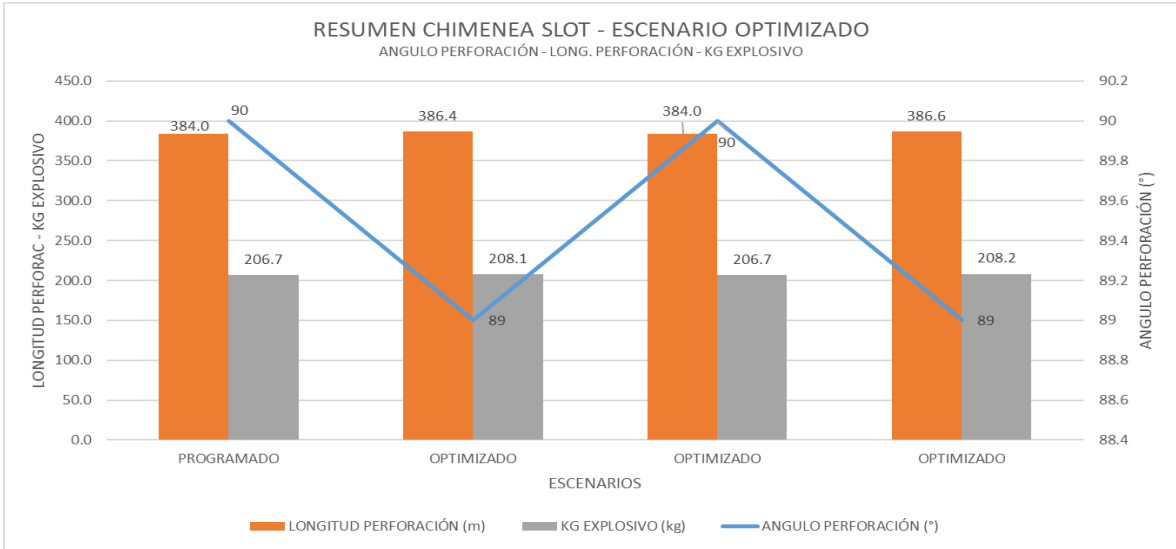


Figura 22. Relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo, en slot optimizado

La desviación de taladros de perforación en 0.7° considera el incremento de longitudes de perforación en 5.0 metros y un mayor consumo de explosivos en el desarrollo de las chimeneas slot en 2.9 kilogramos.

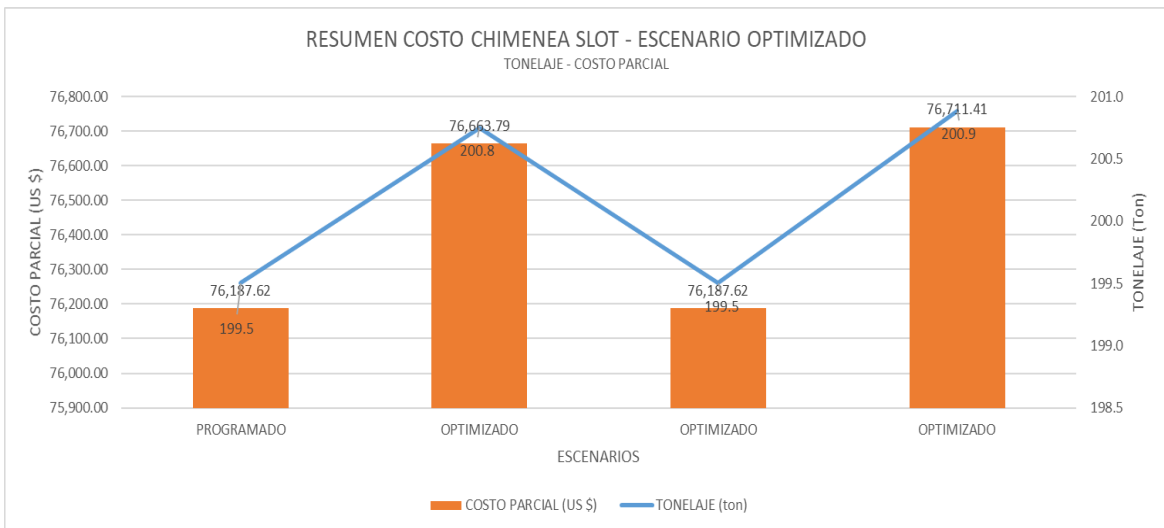


Figura 23. Costo parcial asociado al slot optimizado

La desviación de taladros de perforación en 0.7° considera el incremento de longitudes de perforación en 5.0 metros y un mayor consumo de explosivos en 2.9 kilogramos, considera el incremento de costos parciales en el desarrollo de chimenea slot en 1,000.0 \$.

c) Validación de la hipótesis

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, la mejora se obtuvo en el escenario optimizado, considerando un buen rimado al momento del emboquillado en la perforación de los taladros, controlando de alguna manera la desviación de los taladros perforados. La mejora en el escenario optimizado estará relacionada a un mejor control de la desviación de taladros.

Tabla 45. Validación de hipótesis chimenea slot – escenario ejecutado y optimizado

| VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS EN CHIMENEA SLOT | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------------|-------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| ESCENARIO EJECUTADO - OPTIMIZADO | | | | | | | | | | | |
| ESCENARIO | SLOT | Ang. Perfor. (°) | Long. Perfor. (m) | Incremento Metros perfor. | Long. Carga (m) | Kg. explosivo (kg) | Incremento Kg. explosivo | Tonelaje (ton) | Incremento Tonelaje | Costo parcial (US \$) | Incremento Costo parcial (US\$) |
| EJECUTADO | Tj 75, 82, 84, 85 | 88.0 | 1,615.2 | 79.2 | 1,519.2 | 872.3 | 45.5 | 839.2 | 41.2 | 320,464.2 | 15,713.7 |
| OPTIMIZADO | Tj 69 - 1,2,3 | 89.3 | 1,157.0 | 5.0 | 1,085.0 | 623.0 | 2.9 | 601.1 | 2.6 | 229,562.8 | 1,000.0 |
| MEJORA | | 1.3 | -458.2 | -74.2 | -434.2 | -249.3 | -42.6 | -238.0 | -38.5 | -90,901.4 | -14,713.7 |

La desviación de taladros perforados en el desarrollo de la chimenea slot en el escenario ejecutado fue de 2° y disminuyendo en el escenario optimizado a 0.7°, afectando en menor medida a los parámetros de perforación y voladura.

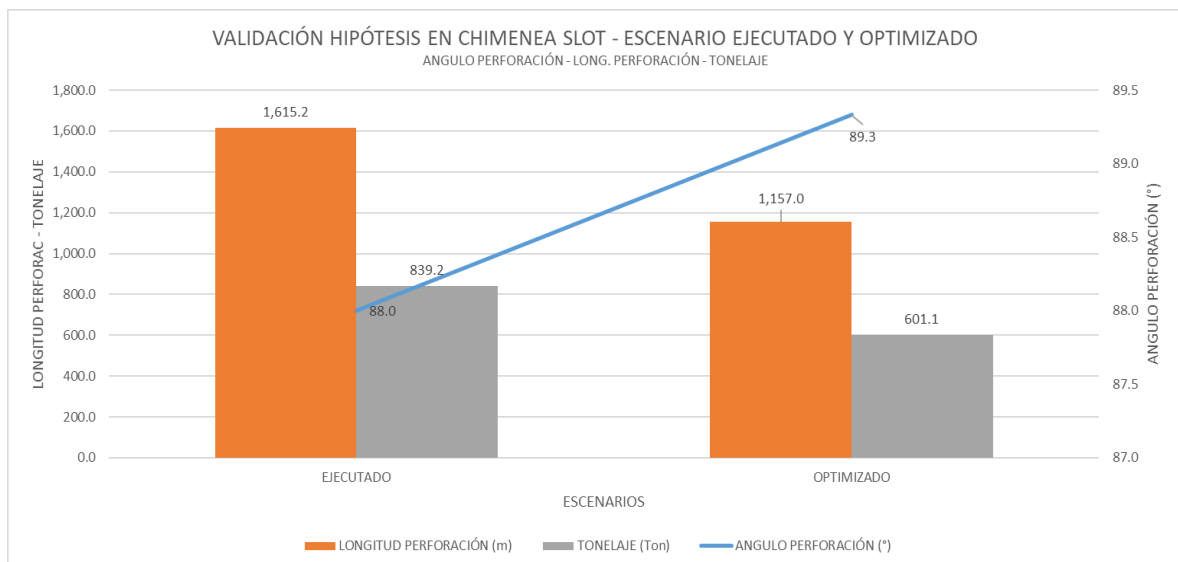


Figura 24. Validación relación ángulo y longitud de perforación con el tonelaje, en slot ejecutado y optimizado

La disminución del ángulo de perforación en 0.7° en el escenario optimizado considera la disminución de longitudes de perforación, escenario ejecutado y

optimizado en 79.2 metros y 5.0 metros respectivamente, disminuyendo en 74.2 metros en el escenario optimizado.

El incremento de tonelaje roto, escenario ejecutado y optimizado considera valores de 41.2 toneladas y 2.6 toneladas respectivamente, disminuyendo en 38.5 toneladas en el escenario optimizado.

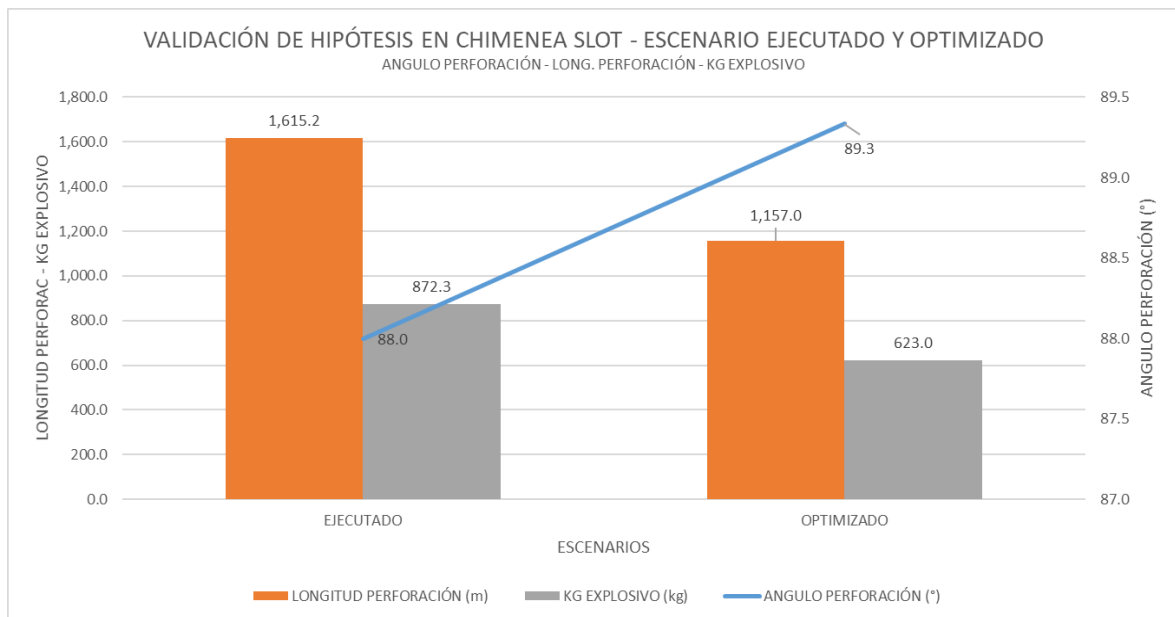


Figura 25. Validación relación ángulo y longitud de perforación con kg explosivo, en slot ejecutado y optimizado

La disminución del ángulo de perforación en 0.7° en el escenario optimizado considera la disminución de kilogramos de explosivo en los escenarios ejecutado y optimizado de 45.5 kg y 2.9 kg respectivamente, disminuyendo en 42.6 kg en el escenario optimizado.

El mayor consumo de kg de explosivos incidirá directamente en los costos operacionales, considerando mayores metros perforados e incremento de tonelaje roto.

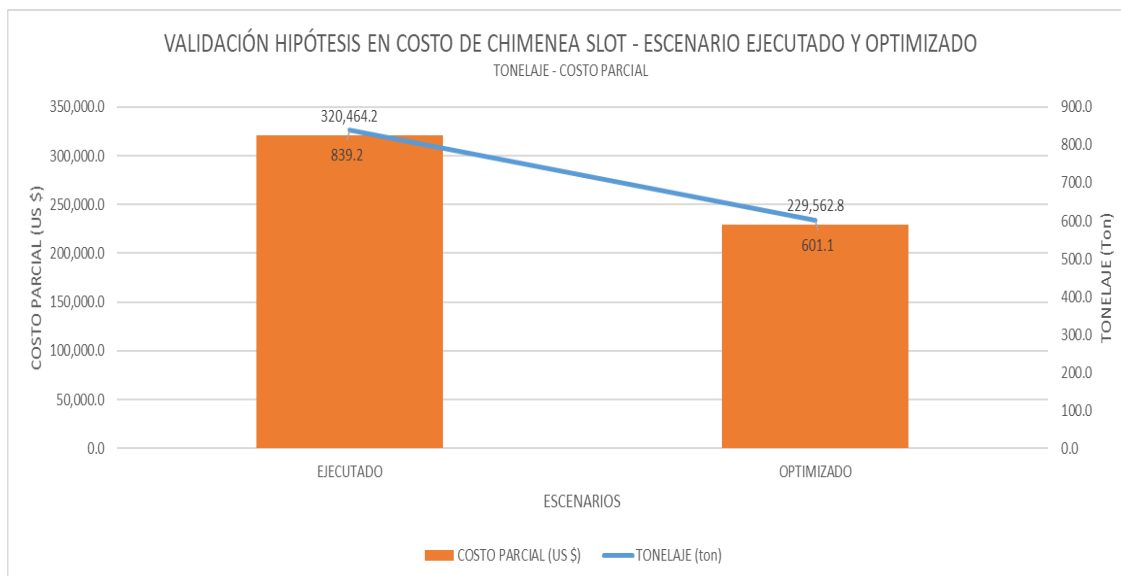


Figura 26. Validación de costo parcial asociado al slot ejecutado y optimizado

El control de la desviación de taladros de perforación en 0.7° en el escenario optimizado considera los costos parciales en los escenarios ejecutados y optimizados en 15,713.7 \$ y 1,000 \$ respectivamente, generando una disminución de 14,713.7 \$.

Finalmente, el control de la desviación de taladros se obtuvo en el escenario optimizado considerando un buen rimado al momento del emboquillado en la perforación de los taladros, controlando de alguna manera la desviación de los taladros perforados, disminuyendo de 2° a 0.7° , lo que incide directamente en el rendimiento operacional del desarrollo de la chimenea slot veta Split 658, Tj 69, Nv 780 en la unidad minera Yauli, mina San Cristóbal.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo permitió realizar el análisis de las variables de perforación y voladura para el desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658, Tj 69 y Nv 780 en la unidad minera Yauli, mina San Cristóbal. El estudio se comparó en los escenarios ejecutado y optimizado considerando el ángulo de perforación, longitud de perforación, longitud de carga, kilogramos de explosivo, tonelaje asociado y costo parcial de desarrollo de la chimenea slot, las variables a ser analizadas.
2. La variable principal que influye directamente en la desviación de taladros es el ángulo de perforación, que para términos programados se considera en 90° y genera una influencia directa en los parámetros de perforación y voladura a ser analizados.
3. Para el análisis del escenario ejecutado se considera una desviación del ángulo de perforación en 2° , afectando directamente en los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo de la chimenea slot.
4. La desviación de taladros de perforación en 2° en el escenario ejecutado considera el incremento de longitudes de perforación en 79.2 metros y un incremento de tonelaje roto en 41.2 toneladas.
5. La desviación de taladros de perforación en 2° en el escenario ejecutado considera el incremento de longitudes de perforación en 79.2 metros y un mayor consumo de explosivos en el desarrollo de las chimeneas slot en 45.5 kilogramos.
6. La desviación de taladros de perforación en 2° en el escenario ejecutado considera el incremento de longitudes de perforación en 79.2 metros y un mayor consumo de explosivos en 45.5 kilogramos, considera el incremento de costos parciales en el desarrollo de chimenea slot en 15,713.7 \$.

7. Para el análisis del escenario optimizado se considera una desviación del ángulo de perforación en 0.7° , afectando directamente en los parámetros de perforación y voladura en el desarrollo de la chimenea slot.
8. La desviación de taladros de perforación en 0.7° en el escenario optimizado considera el incremento de longitudes de perforación en 5.0 metros y un incremento de tonelaje roto en 2.6 toneladas.
9. La desviación de taladros de perforación en 0.7° en el escenario optimizado considera el incremento de longitudes de perforación en 5.0 metros y un mayor consumo de explosivos en el desarrollo de las chimeneas slot en 2.9 kilogramos.
10. La desviación de taladros de perforación en 0.7° en el escenario optimizado considera el incremento de longitudes de perforación en 5.0 metros y un mayor consumo de explosivos en 2.9 kilogramos, considera el incremento de costos parciales en el desarrollo de chimenea slot en 1,000.0 US \$
11. Finalmente, la disminución del ángulo de perforación de 2° a 0.7° escenario optimizado considera la disminución de longitudes de perforación, escenario ejecutado y optimizado en 79.2 metros y 5.0 metros respectivamente, disminuyendo en 74.2 metros en el escenario optimizado.
12. El incremento de tonelaje roto, escenario ejecutado y optimizado considera valores de 41.2 toneladas y 2.6 toneladas respectivamente, disminuyendo en 38.5 toneladas en el escenario optimizado.
13. La disminución del ángulo de perforación de 2° a 0.7° en el escenario optimizado considera la disminución de kilogramos de explosivo en los escenarios ejecutado y optimizado de 45.5 kg y 2.9 kg respectivamente, disminuyendo en 42.6 kg en el escenario optimizado.

14. El control de la desviación de taladros de perforación de 2° a 0.7° en el escenario optimizado considera los costos parciales en los escenarios ejecutados y optimizados en 15,713.7 \$ y 1,000 \$ respectivamente, generando una disminución de 14,713.7 \$

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar realizando estudios de desviación de taladros en taladros largos en diferentes tajos a ser minados considerando su influencia en los parámetros de perforación y voladura.
2. Se recomienda realizar estudios detallados de geomecánica teniendo en cuenta no solo las propiedades físicas del macizo rocoso, sino también, las propiedades hidrogeológicas y determinar la influencia en la desviación de taladros.
3. Se recomienda realizar estudios complementarios de granulometría posvoladura en chimeneas slot y determinar su influencia en los costos de limpieza y acarreo de material.
4. Se recomienda realizar un análisis económico y rendimiento de los equipos de acarreo considerando la desviación de taladros mediante el incremento de tonelaje roto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORQUERA, Miguel. Método de explotación Bench & Fill y su aplicación en Minera Michilla. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2015, 127 pp.
2. GOMEZ, Alejandra. Secuenciamiento multicriterio para minería subterránea selectiva. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile, 2015, 132 pp.
3. QUISPE, Elder. Optimización y control de la voladura aplicando tubos concéntricos en tajos de taladros largos Cia. Volcán - UE San Cristóbal - Junín. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cuzco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco, 2023, 96 pp.
4. ZEBALLOS, Abel y PALOMINO, Jhoel. Planeamiento de minado a corto plazo en la optimización de la producción nivel 780 zona II, Unidad Minera San Cristóbal-Junín 2022. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2023, 78 pp.
5. SALVADOR, Yersi y BUENDIA, Grover. Mejoramiento del proceso de sostenimiento con shotcrete para la reducción de los costos operativos en la Unidad Minera San Cristóbal. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2023, 101 pp.
6. UNIDAD MINERA YAULI, Mina San Cristóbal, información de chimenea slot en la veta Split 658 – Nv 780, 2022.

ANEXOS

Anexo 1

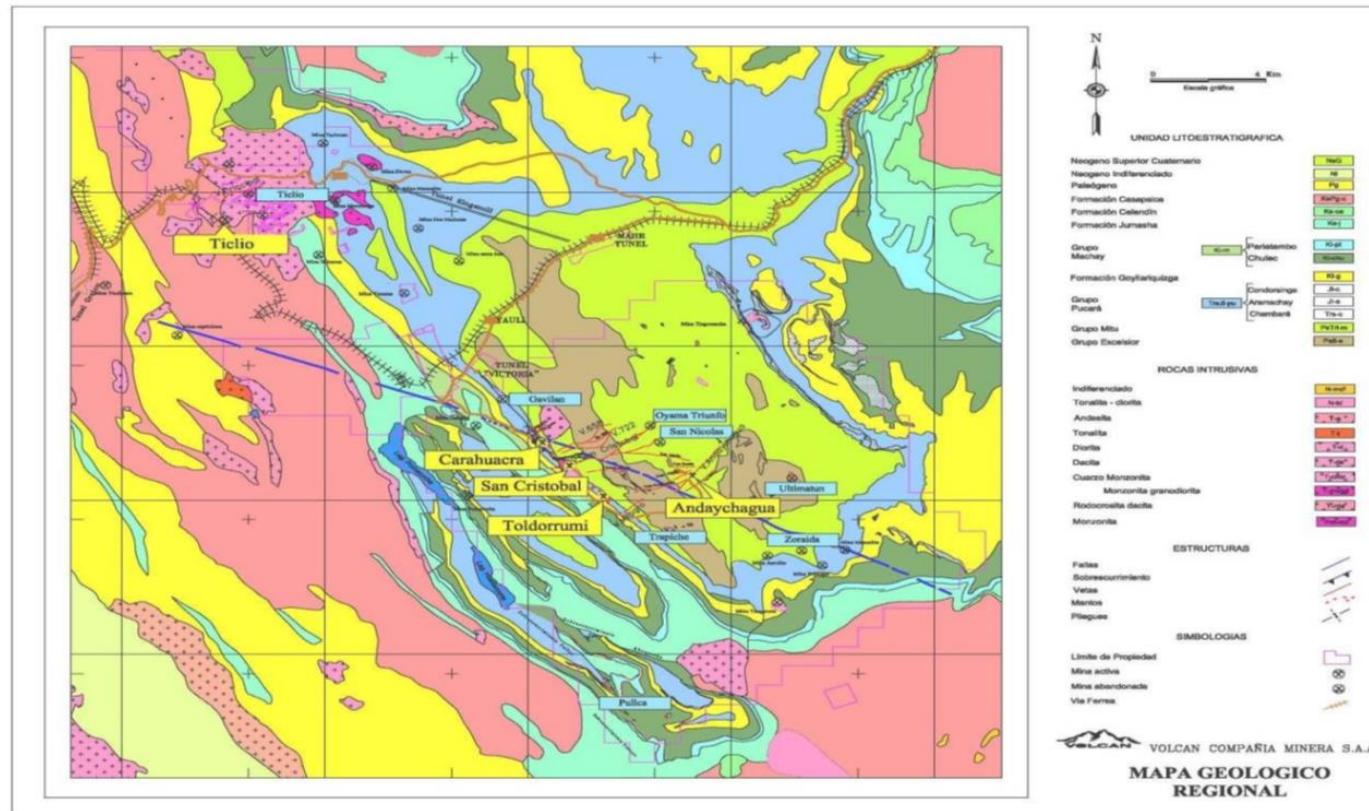
Matriz de operacionalización de variables

Tabla de matriz de operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición operacional | | |
|--|---|---|---|--|
| | | Dimensiones | Sub-Dimensiones | Indicadores |
| <p>VI:</p> <p>Desarrollo óptimo de la chimenea slot en la veta Split 658 – Tj 69 – Nv 780 de la mina San Cristobal.</p> | <p>El cumplimiento del desarrollo de chimenea slot en métodos de minado con taladros largos, es de vital importancia por la generación de la cara libre y cumplimiento de los planes de minado.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Indicador Geológico Indicador Geomecánico Indicador Operacional | <p>Dominios Geológicos</p> <p>Dominios Geomecánicos</p> <p>Parámetros PyV</p> | <p>Litología, tipo yacimiento, alteraciones, lineamientos, etc..</p> <p>RMR, RQD, dureza, densidad, etc.</p> <p>Metros perforados, tonelaje, kg explosivo, etc.</p> |
| <p>VD:</p> <p>Análisis de las variables de perforación y voladura: tonelaje roto, metros perforados, kilogramos de explosivo, costos asociados, etc.</p> | <p>El análisis de las variables de perforación y voladura, ayudará al cumplimiento de los programas de avance, desarrollo, preparación y explotación en las unidades mineras.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Parámetros de perforación y voladura Parámetros económicos | <p>de y Indicadores técnicos</p> <p>Indicadores económicos</p> | <p>Metros de perforación, ángulo de perforación, kg de explosivos, etc.</p> <p>Costo unitario y parcial del desarrollo de la chimenea slot ejecutado y optimizado.</p> |

Anexo 2

Planos en planta y perfil



Geología regional, mina San Cristobal
Tomada del área de Planeamiento y Geología, UM Yauli

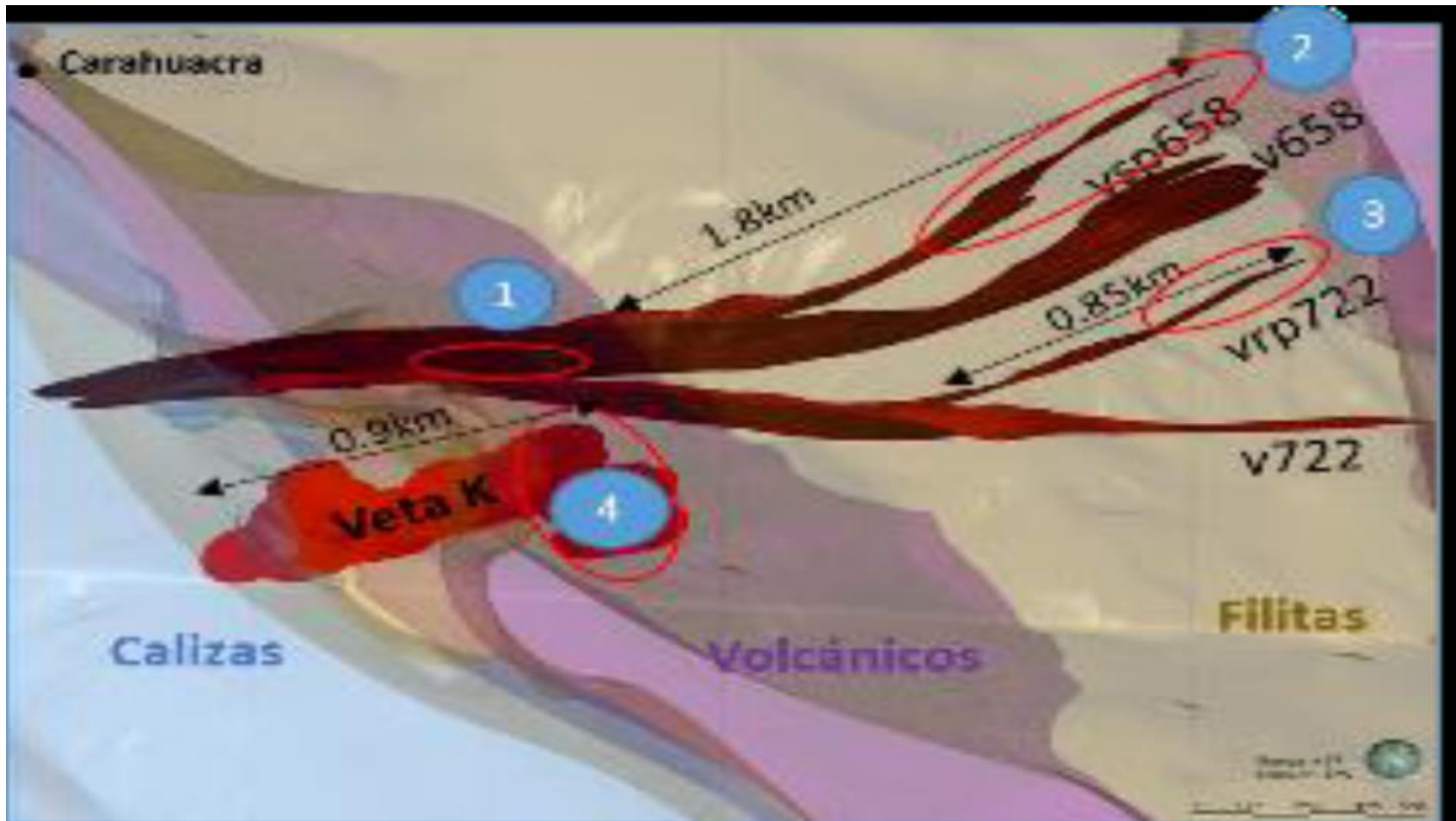
COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA MINA SAN CRISTOBAL

| ERA | SISTEMA | EPOCA | EDADES FISOS | UNIDAD LITOLOGICA | GRAFICO | FORMACION SEDIMENTARIA | FORMACION IGNEA | MINERALIZACION |
|------------|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---------|---|--|---|
| CENOZOICA | CUATERNARIO | | | | | SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS | | |
| | | TERCIARIO | | | | DISCORDANCIA CONGLOMERADOS CALIZAS CALIZAS LUTITA CALIZAS ARENISCAS ROJAS | INTRUSIVOS INTERMEDIOS CUARZO - DIORITAS | |
| MESOZOICA | CRETACIO | INFERIOR | COMANCHIANO | FORMACION JUNASHA | | DOLOMITAS NUBIAS POCO FOSSILIFERA | CUELLOS DE BASALTO A ALTAZOS DE TUBO LAS FORMACIONES | |
| | | NEOGOMICO (EDOPET) | | GRUPO YAUHU FORMACION PARATANO FORMACION CIRULEC GRUPO DOLLAR | | ALTERACION DE CALIZAS MARGOSA FOSSILIFERA LUTITAS ROJAS ARENISCAS | BASALTO BASALTO DORTA + SIERO | |
| | TRIASICO JURASICO | INFERIOR O EJURASICO (LIAS) | SINEURIANO ETTANGIANO | GRUPO PUCARA FORMACION CONDENSINGA FORMACION ARANACHAY FORMACION CHAMBANA | | CALIZAS BLANCAS, AMARILLAS BRECHAS CALIZAS (S-43T) CALIZAS CON YESO CALIZAS ARENOSAS | DORNAS DE BASALTO DORNAS DE BASALTO | MINERALIZACION ESTRATIGRAFICA DE Pb, Cu, Zn, Fe, con CONCENTRACION DE MINERALIZACION HIPO- TERRA TIPO DE CUEPOS Y MARTEL |
| | | SUPERIOR O NESOTRIASICO | RETANO HORIANO | | | DISCORDANCIA | DORNAS DE BASALTO Y ARENITA | INTRUSIVO INTERMEDIO TIPO GABRIOLA CUARZO-TRONCITA |
| PALEOZOICA | PERMICO | SUPERIOR | OCTOYA | GRUPO MITLI | | LENITES DE ARENISCAS Y CONGLOMERADOS ROJOS | VOLCANICOS VOLCANOCLASTICOS MORADOS | MINERALIZACION HIPO- TERRA DE VETOR DE V, Sn, Y, Bi, Cu, Zn, Pb, Ni, Co |
| | | MEDIO | GUADALUPE- LEONARDO | | | | DISCORDANCIA | INTRUSIVO ACIDO TIPO GRANITE GRANITICO |
| PALEOZOICA | DEVONICO | SUPERIOR | CHAUTAUQUAN | GRUPO EXCELSIOR | | PLITAS | | |
| | | MEDIO | ERIAN (HAMILTON) LILSTER | | | | MARBELES PORLIFEROS CUARZITAS | VOLCANICOS VERDES |

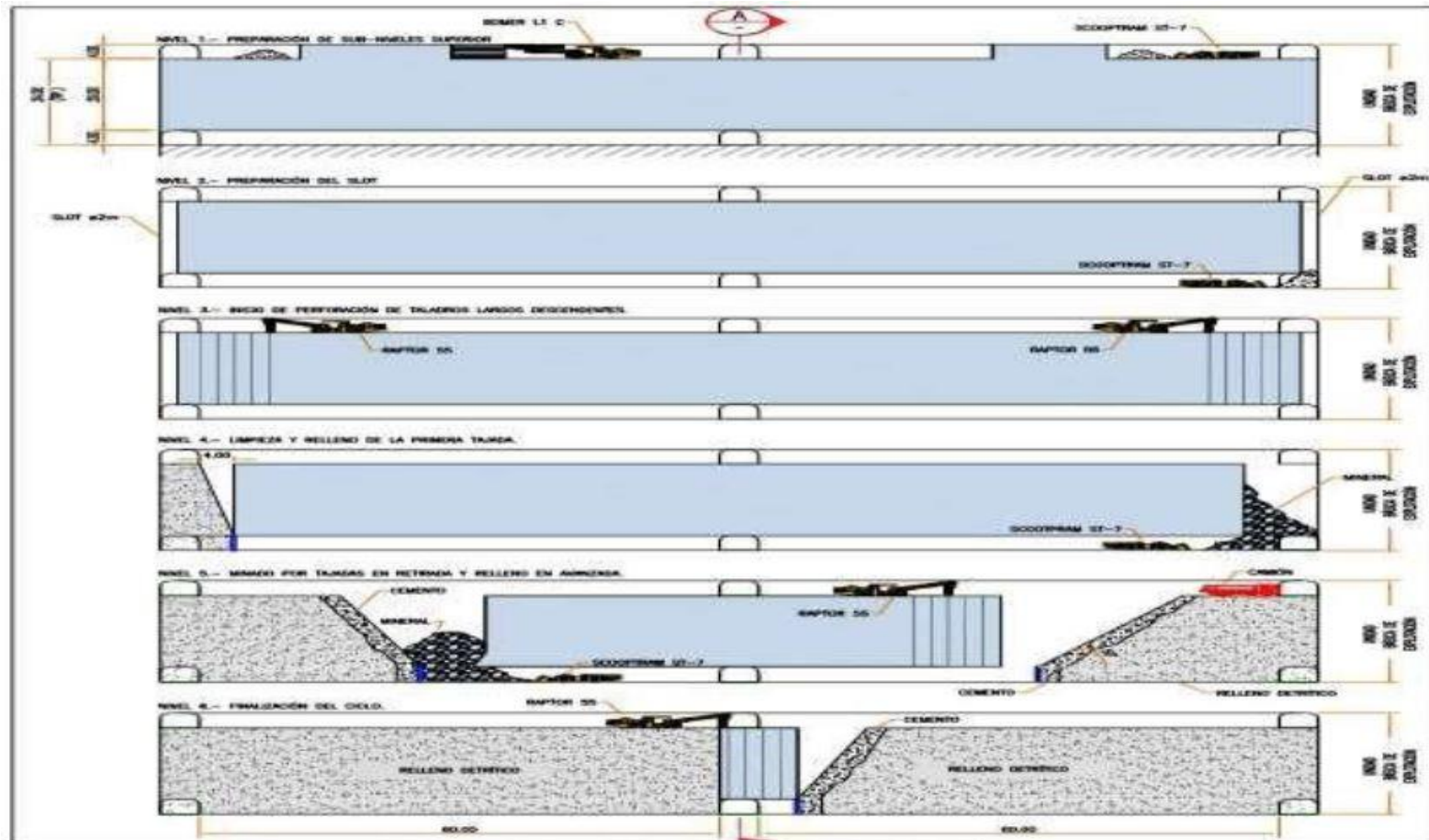
INFORMACION BASE : C' de Pasco Corp
: H. W. Kober

Por: J. Vilca M.
Dib. G. Rojas E.
Enero 2002

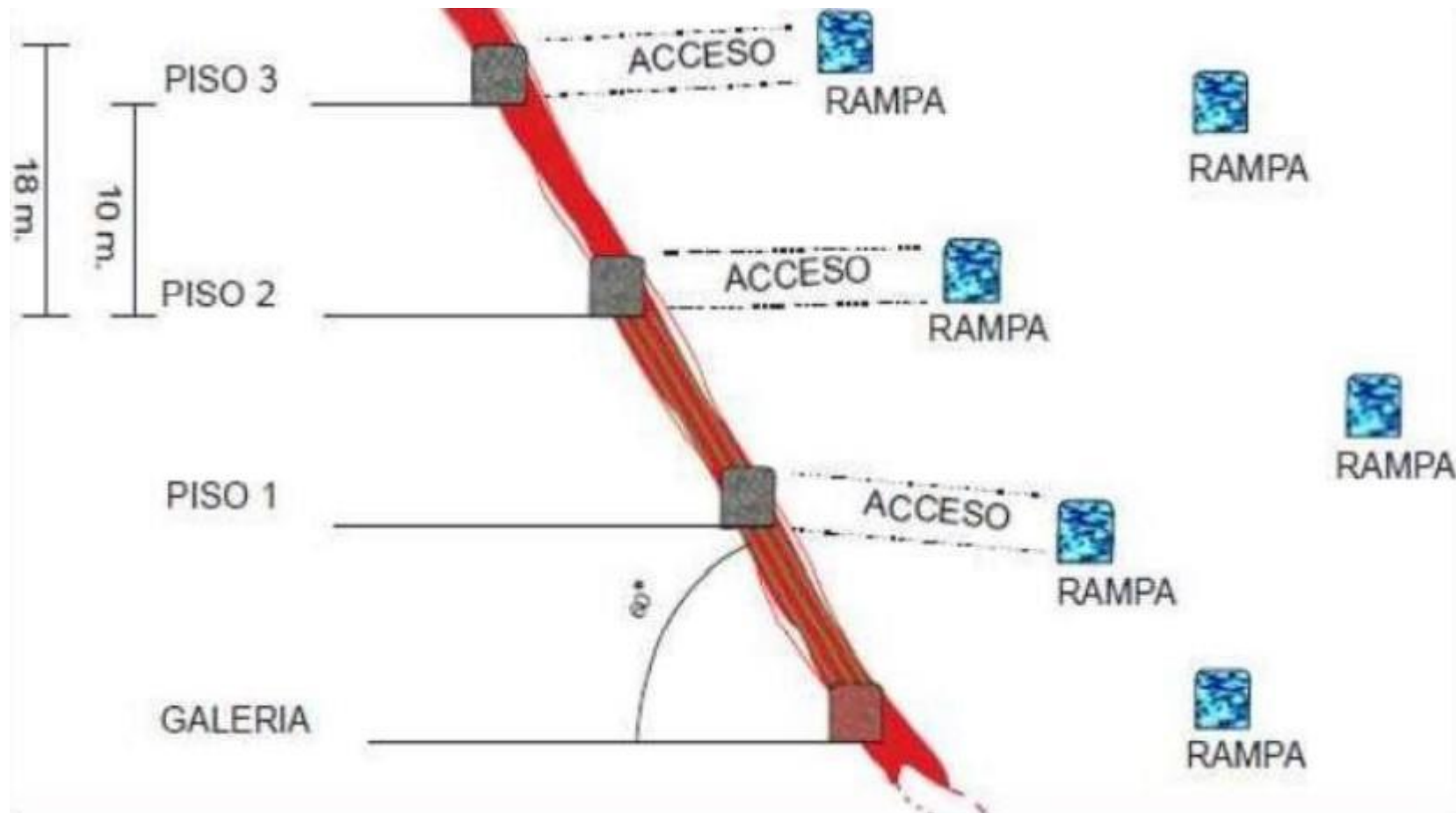
**Estratigrafía de la mina San Cristobal
Tomada del área de Planeamiento y Geología, UM Yauli**



*Estructuras mineralizadas en la mina San Cristobal
Tomada del área de Geología, UM Yauli*

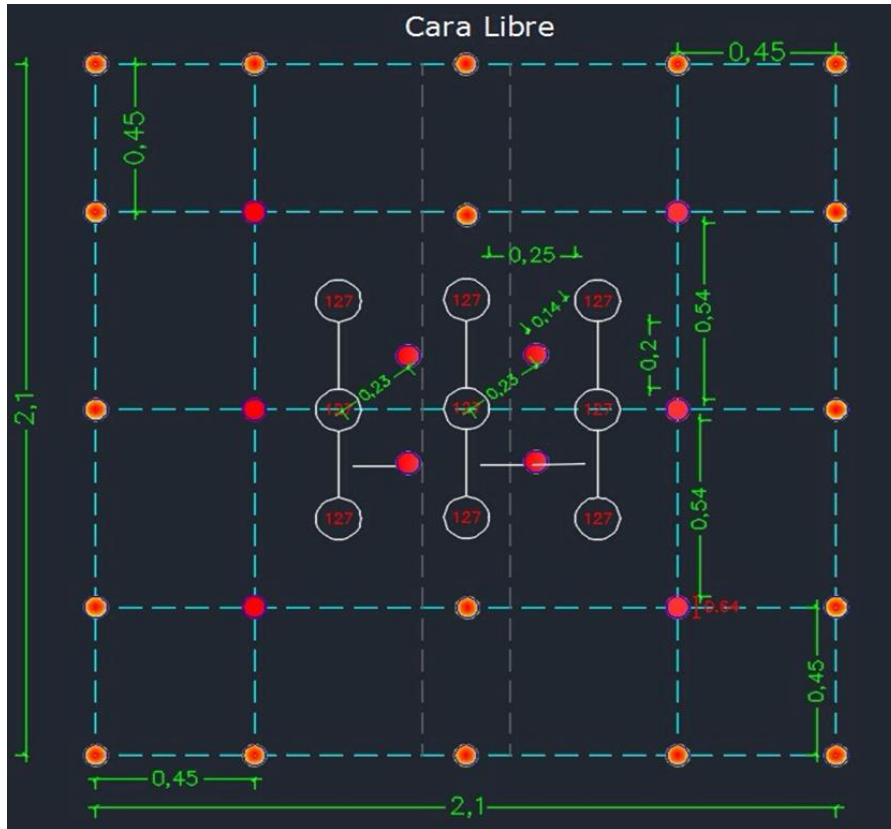


*Método de explotación con taladros largos, mina San Cristobal
Tomada del área de Planeamiento*



*Explotación por pisos, con taladros largos (Bench and fill), veta Split 658
Tomada del área de Planeamiento*

Anexo 3
Perforación y Voladura
Ch Slot – veta Split 658 – TJ 69 - Nv 780



Diseño de malla de perforación en chimenea slot, veta Split 658
Tomada del área de Planeamiento

PARÁMETROS - CHIMENEA SLOT 2.1 X 2.1

| | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|---------------|--------------------|
| Perforación de Chimenea | 24.00 | taladros | Volumen de Chimenea | 370.44 | ton |
| Taladros cargados | 19 | taladros | Longitud | 2.10 | m |
| Profundidad por taladro | 16 | m/tal | Ancho | 2.10 | m |
| Taladros Rimados | 5 | taladros | Alto | 16.00 | m |
| | | | Densidad | 3.50 | ton/m ³ |
| | | | Factor de carga | 2.33 | kg/m |
| Equipos de Perforación | | | Equipos de Limpieza | | |
| Rendimiento de Simba | 11 | tal/gdia | Rendimiento Scooptram 6 Yd3 | 70 | ton/hr |
| Horas Trabajadas SIMBA | 7 | hr/gdia | Horas Trabajadas SCOOP | 7 | hr/gdia |
| Consumo de Petroleo | 1.50 | Gal/hr | Consumo de Petroleo | 5.5 | Gal/hr |
| Dias trabajados | 30 | dias | Horas por día | 10.28 | Horas |

Parámetros técnicos en chimenea slot

VOLCAN

Título:
Identificación de Peligros / Aspectos, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC CONTINUO)

Ubigeo: **1001-001-000000**
 Provincia: **01**
 Distrito: **101**
 Población: **1.000.000**

FECHA DE ELABORACIÓN: **02 de octubre del 2020** HORA: **11:00 (P.M.)**
 DIA: **Dom** HORA: **08-07-14**
 ACTIVIDAD: **separacion en veta tal negativo**

IDENTIFICACION DE PELIGROS / ASPECTOS

| IDENTIFICACION DE PELIGROS / ASPECTOS | SEVERIDAD | EXPOSICION | FRASE DE RIESGO | RIESGO |
|---------------------------------------|-----------|------------|----------------------|--------|
| caída de persona | 3 | 3 | caída de persona | 9 |
| caída de objeto | 3 | 3 | caída de objeto | 9 |
| caída de herramienta | 3 | 3 | caída de herramienta | 9 |
| caída de material | 3 | 3 | caída de material | 9 |
| caída de cable | 3 | 3 | caída de cable | 9 |
| caída de línea | 3 | 3 | caída de línea | 9 |

¿COMO TE SIENTES HOY?

BUENO REGULAR PREOCUPADO CASUAL ABURRIDO

¿SE DEBE CONTINUAR? SI NO

| RIESGO | SEVERIDAD | EXPOSICION | FRASE DE RIESGO | RIESGO |
|--------|-----------|------------|----------------------|--------|
| ALTO | 3 | 3 | caída de persona | 9 |
| MEDIO | 3 | 3 | caída de objeto | 9 |
| BASO | 3 | 3 | caída de herramienta | 9 |

| FASE | ANALICE | RESUELVA | EJECUTE | |
|--|---|--|---|----|
| 1. Definir el lugar y las tareas a inspeccionar, los peligros, aspectos, debilidades y riesgos al trabajo. | 2. Evaluar los riesgos de los trabajos. | 3. Tener acciones para los riesgos para evitar los accidentes. | 4. Realizar un control con Registros, planificaciones, acciones y Planes de Emergencia. | |
| DESCRIPCION DEL PELIGRO | RIESGO | RIESGO DE CONTROL Y RESPONSABILIDAD | RESPONSABLE DEL PELIGRO | |
| 1) espacio abierto | caída de persona | 8 | uso de cinta y línea de seguridad | 18 |
| 13) mano del operario | golpe | 8 | evitarse con la mano y usar guantes | 18 |
| 6) chorro de agua | electrocución | 8 | uso de EPPs aislantes y manipular cable con cuidado | 18 |
| 12) charcos de agua | caída al mismo nivel | 12 | usar zapatos con suela antideslizante | 24 |
| separación de cables | golpe | 12 | señalizar y cubrir si es necesario | 24 |

RECOMENDACION PARA CONTINUAR EL TRABAJO / ASPECTO Y REDUCIR EL RIESGO:

uso de cinta y línea de seguridad en toda altura.
 evitarse con la mano y usar guantes en toda actividad.
 manipular cable con cuidado y uso de protección eléctrica.
 hacer limpieza y limpiar con cuidado.
 señalizar líneas ocultas y cubrir si es necesario.

| NOMBRE DEL RESPONSABLE | SEÑALA CORRECTIVA | FECHA | OTRO |
|------------------------|---|-------|------|
| J. Calle | Señalar (PETS) establecidos para la zona; poner teleros de alba en S.T. | | |
| J. Mora | Evitar el uso de EPPs aislantes. | | |
| | Identificar líneas vivas y darlos a conocer de pop. a 1º nivel de altura a cable col. | | |

20/11/2020

**Control de inspección del IPERC de la chimenea slot, veta Split 658
Tomada del área de Planeamiento**



Control de análisis de sensores en equipos de perforación



Control de análisis de posicionamiento en equipos de perforación



Control de posicionamiento en equipos de perforación, chimenea slot.



Chimenea slot de 2.1 x 2.1.