

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales en la  
ampliación del crucero principal CX 2006 para el  
control de la sobrerotura de la UEA Contonga -  
Compañía Minera Norcobre, 2023**

Addison Waldimir Borja Inga  
Kevin Edwar Pariona Rivaguero

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

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** : 10 de Noviembre de 2023

---

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 OPERACIONALES EN LA AMPLIACIÓN DEL CRUCERO PRINCIPAL CX 2006 PARA EL CONTROL DE LA SOBREROTURA DE LA UEA CONTONGA – COMPAÑÍA MINERA NORCOBRE, 2023", perteneciente a los estudiantes ADDISON WALDIMIR BORJA INGA y KEVIN EDWAR PARIONA RIVAGUERO, 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 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

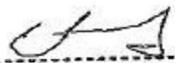
- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

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,


Ing. Javier Carlos Córdova Blancas  
Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Addison Waldimir Borja Inga, identificado con Documento Nacional de Identidad No. 44743632, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES EN LA AMPLIACIÓN DEL CRUCERO PRINCIPAL CX 2006 PARA EL CONTROL DE LA SOBREROTURA DE LA UEA CONTONGA – COMPAÑÍA MINERA NORCOBRE, 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

10 de Noviembre de 2023.



---

Addison Waldimir Borja Inga

DNI. No. 44743632

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Kevin Edwar Pariona Rivaguero, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76416351, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES EN LA AMPLIACIÓN DEL CRUCERO PRINCIPAL CX 2006 PARA EL CONTROL DE LA SOBREROTURA DE LA UEA CONTONGA – COMPAÑÍA MINERA NORCOBRE, 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

10 de Noviembre del 2023.



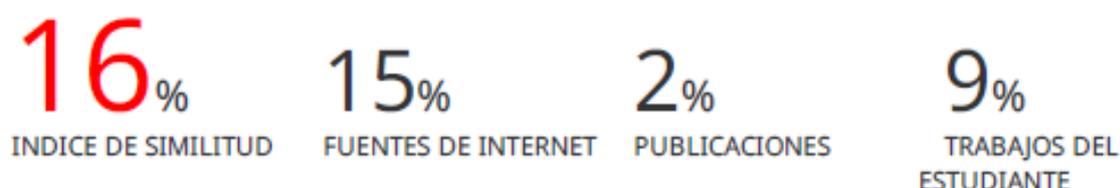
---

Kevin Edwar Pariona Rivaguero

DNI. No. 76416351

# ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES EN LA AMPLIACIÓN DEL CRUCERO PRINCIPAL CX 2006 PARA EL CONTROL DE LA SOBROTURA DE LA UEA CONTONGA – COMPAÑÍA MINERA NORCOBRE, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>apirepositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Submitted on 1686671536929 Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://pages.stern.nyu.edu">pages.stern.nyu.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://transparencia.unitru.edu.pe">transparencia.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://warnercnr.colostate.edu">warnercnr.colostate.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
22	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
23	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%
24	<a href="http://www.revistanatural.com">www.revistanatural.com</a> Fuente de Internet	<1%
25	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%
26	<a href="http://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
27	<a href="http://www.antiescualidos.com">www.antiescualidos.com</a> Fuente de Internet	<1%
28	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Fuente de Internet	<1%
29	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a todas las personas cercanas que me apoyaron durante todo este proceso al compartir sus conocimientos y lograr que este sueño sea una realidad.

Addison

En primer lugar, a nuestro Dios por estar siempre en mi diario vivir, así como a mis padres por su apoyo desinteresado y forjar en mí un buen profesional y mejor persona.

Kevin

## DEDICATORIA

A la memoria de mi padre: Pedro Teodardo Borja Camarena por ser inspiración para terminar mi carrera de Ingeniería de Minas. A mi madre y hermanos, gracias por sus consejos; a mi esposa Lessly Belida Mayta De la Cruz gracias por tu comprensión, brindarme tiempo necesario para realizarme profesionalmente, aunque pasamos momentos difíciles siempre has estado a mi lado para brindarme comprensión y cariño; a mis amados hijos: Sebastián y Dánae Borja Mayta por ser mi fuente de motivación y superación.

Addison

La presente tesis está dedicada a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, a mis queridos padres por su apoyo y amor incondicional durante este proceso académico, fueron mi fuente de inspiración para salir adelante, a mis abuelitos que confiaron en mi desde el inicio de este proceso, a mi tío Richard Segura que me brindo sus consejos y motivación para seguir en el rubro de la minería.

Kevin

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
DEDICATORIA	X
ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	XXII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	23
1.1. Planteamiento y formulación del problema	23
1.1.1. Planteamiento del problema	23
1.1.2. Formulación del problema	23
1.2. Objetivos	24
1.2.1. Objetivo general	24
1.2.2. Objetivos específicos	24
1.3. Justificación e importancia	25
1.3.1. Justificación social - práctica	25
1.3.2. Justificación académica	25
1.4. Hipótesis de la investigación	26
1.4.1. Hipótesis general	26
1.4.2. Hipótesis específicas	26
1.5. Identificación de las variables	26
1.5.1. Variable independiente	26
1.5.2. Variables dependientes	26
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	27
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	28
2.1 Antecedentes del problema	28
2.1.1 Antecedentes internacionales	28

2.1.2	Antecedentes nacionales -----	29
2.2	Generalidades de la unidad minera -----	30
2.2.1	Ubicación de la mina Contonga -----	30
2.2.2	Accesibilidad a la uEA Contonga -----	31
2.3	Geología general -----	31
2.3.1	Geología estructural -----	33
2.3.2	Mineralización y alteración -----	33
2.3.3	Geología local -----	35
2.3.4	Geomecánica -----	37
2.4	Metodo de explotacion -----	39
2.5	Bases teóricas del estudio -----	42
2.5.1	Consideraciones generales del estudio -----	42
2.5.2	Consideraciones de ampliación del CX 2006 -----	45
2.5.3	Malla de perforación del crucero principal CX 2006 -----	47
2.5.4	Consideraciones de costos unitarios en el crucero principal CX 2006 -----	49
2.5.5	Consideraciones de granulometría en la ampliación del CX 2006 -----	50
	<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----</b>	<b>52</b>
3.1	Método y alcances de la investigación -----	52
3.1.1	Método de la investigación -----	52
3.1.2	Alcances de la investigación -----	53
3.2	Diseño de la investigación -----	53
3.3	Población y muestra -----	53
3.3.1	Población -----	53
3.3.2	Muestra -----	54
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	54
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	54
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	54
	<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----</b>	<b>55</b>
4.1	Consideraciones iniciales de operación -----	55
4.2	Análisis del tonelaje y tiempo de acarreo -----	58
4.3	Análisis de las actividades de acarreo -----	65
4.4	Análisis del material acarreado -----	67

4.5 Análisis económico de la sobrerotura en el cx 2006 -----	69
4.6 Análisis de validación de la hipótesis -----	72
CONCLUSIONES-----	78
RECOMENDACIONES-----	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	81
ANEXOS -----	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables .....	27
Tabla 2. Acceso a la UEA Contonga .....	31
Tabla 3. Zonificación geomecánica de la UEA Contonga .....	38
Tabla 4. Códigos de la zonificación geomecánica de la UEA Contonga .....	38
Tabla 5. Distribución de carga explosiva por taladrp, crucero principal CX 2006.....	48
Tabla 6. Parámetros de ampliación de crucero principal CX 2006.....	49
Tabla 7. Estructura de precios unitarios en la ampliación de crucero principal CX 2006 .....	50
Tabla 8. Parámetros base en la ampliación de crucero principal CX 2006 .....	58
Tabla 9. Resumen de reporte de tonelaje y tiempo acarreado en la ampliación de crucero principal CX 2006 .....	59
Tabla 10. Fórmula para determinar la capacidad efectiva de acarreo, CX 2006..	60
Tabla 11. Tonelaje total y horas de acarreo en la ampliación del crucero CX 2006 .....	61
Tabla 12. Resumen de tonelaje total y horas de acarreo en el crucero CX 2006 .....	62
Tabla 13. Promedio diario de tonelaje, horas de acarreo y sobrerotura, CX 2006 .....	63
Tabla 14. Resumen promedio diario de tonelaje, horas de acarreo y sobrerotura .....	64
Tabla 15. Resumen de actividades en la ampliación CX 2006.....	65
Tabla 16. Diagrama de Pareto, ampliación del crucero principal CX 2006 .....	66
Tabla 17. Resumen de distribución, ampliación del crucero principal CX 2006 .....	69
Tabla 18. Precios unitarios ampliación del crucero principal CX 2006 .....	70
Tabla 19. Costos de ampliación del crucero principal CX 2006, periodo abril a junio .....	71
Tabla 20. Resumen comparativo de toneladas, horas de acarreo y sobrerotura .....	73

Tabla 21. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 4 yd <sup>3</sup> .....	73
Tabla 22. Actividades en la ampliación del crucero principal, CX 2006 .....	74
Tabla 23. Resumen de actividades en la ampliación del crucero principal, CX 2006 .....	75
Tabla 24. Resumen de capacidad efectiva, scoop 6 yd <sup>3</sup> .....	75
Tabla 25. Resumen de costo de ampliación del crucero principal, CX 2006.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación de la UM Contonga .....	30
Figura 2. Geología regional de la UEA Contonga .....	32
Figura 3. Skarn de Wallostonita - granates con esfalerita y pirita, sector norte....	34
Figura 4. Brecha hidrotermal con mineralización de esfalerita, sector oeste .....	34
Figura 5. Geología local de la UEA Contonga.....	36
Figura 6. Zonificación geomecánica, perfil de sectores de la UEA Contonga .....	37
Figura 7. Zoneamiento geomecánico por subniveles de la UEA Contonga .....	39
Figura 8. Tajos piloto, método de minado por subniveles en la UEA Contonga.....	40
Figura 9. Vista 3d, tajos piloto, método de minado por subniveles en la UEA Contonga.....	40
Figura 10. Diseño de vista en sección del método de minado por subniveles en la UEA Contonga.....	41
Figura 11. Vista en planta del proyecto de ampliación, crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga.....	43
Figura 12. Plano geomecánico del crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga.....	44
Figura 13. Área para ampliar en el crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga.....	45
Figura 14. Diseño de cámara de carguío en el crucero principal CX 2006 .....	46
Figura 15. Diseño de malla del crucero principal CX 2006, tipo de roca III A.....	47
Figura 16. Granulometría post voladura, ampliación del crucero principal CX 2006 .....	51
Figura 17. Plano en planta, crucero principal CX 2006, Nv 0 en la UM Contonga .....	56
Figura 18. Sección típica del crucero principal CX 2006, Nv 0 en la UM Contonga .....	57
Figura 19. Relación toneladas acarreadas y horas de scoop del crucero CX 2006 .....	61
Figura 20. Resumen de tonelaje y horas de acarreo del crucero CX 2006 .....	62

Figura 21. Relación tonelaje, horas de acarreo y sobrerotura, CX 2006 .....	63
Figura 22. Resumen promedio de toneladas de acarreo y sobrerotura, CX 2006 .....	65
Figura 23. Diagrama de Pareto, crucero CX 2006 .....	66
Figura 24. Material post voladura, crucero principal CX 2006 .....	67
Figura 25. Análisis de imagen, material post voladura, crucero principal CX 2006 .....	68
Figura 26. Tamaño de distribución, material post voladura, crucero principal CX 2006 .....	68
Figura 27. Costo asociado a la sobrerotura, crucero principal CX 2006 .....	72
Figura 28. Actividades en la ampliación del crucero principal, CX 2006 .....	74
Figura 29. Incidencia de la granulometría en la capacidad efectiva, CX 2006 .....	76
Figura 30. Resumen costo de ampliación crucero principal, CX 2006 .....	77

## RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de investigación titulada: «Análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006 para el control de la sobrerotura de la UEA Contonga – Compañía Minera Norcobre, 2023», tuvo como objetivo principal el de analizar las variables operacionales de la ampliación del crucero de una sección de 3.5 x 3.5 metros a una sección de 5.0 x 5.0 metros. La ampliación del crucero principal será parte del diseño principal de extracción de mineral y desmonte para lograr el incremento de la producción en la UEA Contonga.

El desarrollo del presente trabajo de investigación aplica el método inductivo y deductivo, en las que las variables analizadas permitieron entender el control de la sobrerotura en el desarrollo de la ampliación del crucero principal CX 2006. Las variables analizadas fueron el tonelaje y tiempo de acarreo, así como la granulometría con incidencia en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (scoops 6 yd<sup>3</sup>) y su influencia en el costo unitario.

El desarrollo del presente trabajo de investigación, durante los periodos de fines de abril, mayo y junio, indican un incremento de tonelaje acarreado, siendo el tonelaje programado de 3,163.43 toneladas y el tonelaje ejecutado de 3,386.37 toneladas, siendo el incremento de sobrerotura en 222.94 toneladas.

El tiempo de acarreo programado durante el tiempo de estudio fue de 122.40 horas y el ejecutado fue de 84.90 horas, considerando un déficit de utilización de los equipos de acarreo en 38.50 horas. Este menor tiempo de uso en el proceso unitario de acarreo será analizado por sus actividades y ver la pérdida de tiempo operacional.

El tiempo total de acarreo durante el estudio fue de 84.90 horas, considera la principal actividad como la limpieza de desmonte con 50.90 horas y las otras actividades secundarias al objetivo principal fueron de 34.0 horas. La incidencia

total de horas de limpieza de desmonte representa el 59,95 % y las actividades secundarias representan el 40.05 %.

El mayor incremento de la granulometría producto de la sobrerotura en tamaños mínimos de 0.04 cm y tamaños máximos de 275 cm, generaron un menor rendimiento producto de la disminución de la capacidad efectiva en 1.85 t/viaje.

El costo asociado al tonelaje sin considerar sobrerotura fue de 22,023.45 \$ y el costo asociado con sobrerotura fue de 23,575.53.

**Palabras clave:** ampliación del crucero, tonelaje acarreado, granulometría, costo unitario, Pareto, actividades operacionales, etc.

## ABSTRACT

The development of this research work entitled: «Analysis of the operational variables in the expansion of the main cruise CX 2006 for the control of the overbreak of the UEA Contonga - Compañía Minera Norcobre, 2023», whose main objective was to analyze the operational variables of the expansion of the transept from a section of 3.5 x 3.5 meters to a section of 5.0 x 5.0 meters. The expansion of the main cruise will be as part of the main design of mineral extraction and waste rock, as part of the increase in production in the UEA Contonga.

The development of this research work applies the inductive and deductive method, where the variables analyzed allowed us to understand the control of overbreaking in the development of the expansion of the main cruise CX 2006. The variables analyzed were tonnage and hauling time, as well as the granulometry with incidence on the effective capacity of the haulage equipment (scoops 6 yd<sup>3</sup>) and its influence on the unit cost.

The development of this research work during the periods of late April, May and June, indicate an increase in hauled tonnage, with the programmed tonnage being 3,163.43 tons and the executed tonnage being 3,386.37 tons, with an increase in overbreaking of 222.94 tons.

The hauling time scheduled during the study time was 122.40 hours and the time executed was 84.90 hours, considering a deficit in the use of hauling equipment of 38.50 hours. This less time of use in the unitary transport process will be analyzed by its activities and see the loss of operational time.

The total hauling time during the study was 84.90 hours, considering the main activity as the clearing of waste with 50.90 hours and the other activities secondary to the main objective were 34.0 hours. The total incidence of clearing hours represents 59.95% and secondary activities represent 40.05 %.

The greater increase in granulometry as a result of overbreaking in minimum sizes of 0.04 cm and maximum sizes of 275 cm, generated a lower yield as a result of the decrease in effective capacity by 1.85 t/trip.

The cost associated with tonnage without considering overbreak was 22,023.45 US \$ and the cost associated with overbreak was 23,575.53.

**Keywords:** expansion of the cruise, hauled tonnage, granulometry, unit cost, Pareto, operational activities, etc.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas en la ampliación de labores en operaciones subterráneas es poder controlar la sobrerotura y su costo asociado. Por tal motivo, el desarrollo de la presente tesis estará centralizado en entender el comportamiento de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006, el cual servirá como labor principal de acceso subterráneo en la unidad minera Contonga. Esta ampliación es producto del incremento de la producción programado, mediante la aplicación del método de minado *sublevel stoping* con taladros largos en el corto, mediano y largo plazo.

Uno de los aspectos más relevantes en la ampliación del crucero principal CX 2006 es el de incrementar la sección de 3.5 x 3.5 a 5.0 x 5.0 metros, considerando longitudes de perforación efectiva de 11.04 pies, con un avance por disparo de 3.23 metros y un volumen a acarrear de 56.51 m<sup>3</sup>.

El efecto que genera la ampliación del crucero conlleva a poder controlar la sobrerotura y así cumplir con el programa de avance en el proyecto de ampliación de la labor principal, siendo las variables operacionales por analizar: el tonelaje y tiempo de acarreo, así como las actividades asociadas a la ampliación del crucero, para luego analizar la capacidad efectiva mediante la granulometría post voladura en la ampliación y asociada a la sobrerotura con su costo unitario asociada.

La ejecución de la tesis se desarrolla en los siguientes capítulos: en el Capítulo 1 se plantea el problema general y los específicos, así mismo se plantea solucionar el objetivo general y específicos para finalmente validar los resultados en la hipótesis general y específicos. En el Capítulo 2 se describe las generalidades de la unidad minera Contonga, así como las bases teóricas de la sobre rotura en ampliación de labores subterráneas. En el Capítulo 3 se describe la investigación asociada, la población y muestra del estudio. Finalmente, en el Capítulo 4 se describe los resultados, mediante el análisis de las diferentes variables operacionales como sobre rotura y costos asociados.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Uno de los lineamientos corporativos de la Compañía Minera Norcobre, es el rediseñar las operaciones mineras, por lo que el incremento de las diferentes labores subterráneas se realiza para el aumento de la producción en el corto plazo.

Uno de los objetivos para el 2030 es llegar a ser una minera que aporte el incremento de su producción en la industria nacional, por tal motivo, la aplicación de métodos de minado masivos serán parte importante en la unidad minera. Para el cumplimiento de estos objetivos se desarrolla y replantea el diseño de las diferentes labores subterráneas que se venían aplicando en la mina.

El presente trabajo de investigación ayudará a entender las diferentes variables operacionales para la ampliación del crucero principal CX 2006 para el control de la sobrerotura.

El efecto que genera la sobre rotura en la ampliación del crucero será de vital importancia, ya que se entenderá el comportamiento de mayor volumen de material acarreado y el incremento del tiempo asociado, así como un mayor costo relacionado a la sobre rotura.

#### **1.1.2. Formulación del problema**

- **Problema general**

¿Cómo se puede controlar la sobrerotura mediante el análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo se relaciona el tonelaje con las horas de acarreado para el control de la sobrerotura del crucero principal CX 2006 en la Compañía Minera Norcobre, 2023?

b) ¿Cómo influye la relación del grado de fragmentación con el factor de llenado para el control de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo en la ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023?

c) ¿Cómo influye la granulometría y el tonelaje acarreado con los costos de ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar el análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006, para el control de la sobrerotura en la Compañía Minera Norcobre, 2023.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

a) Determinar la relación del tonelaje con las horas de acarreado para el control de la sobrerotura del crucero principal CX 2006 en la Compañía Minera Norcobre, 2023.

b) Determinar la influencia de la relación del grado de fragmentación con el factor de llenado para el control de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo en la ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023.

- c) Determinar la influencia de la granulometría y el tonelaje acarreado con los costos de ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023.

### **1.3. Justificación e importancia**

Al realizar la ampliación de labores principales de extracción en la unidad minera, producto de un mayor movimiento de material, es de vital importancia el control de la sobrerotura para el cumplimiento del avance programado; así como controlar los parámetros operacionales en la ampliación del crucero principal de 3.5 x 3.5 m a 5 x 5 m. Los parámetros a analizar permiten entender el comportamiento del tonelaje y tiempo de acarreo, los cuales ayudan a determinar el costo asociado y su cumplimiento en el programa de avance programado, producto de la sobre rotura asociada.

#### **1.3.1. Justificación social - práctica**

La aplicación de herramientas numéricas para el análisis de la información utilizará modelos numéricos, los que serán relacionados con el análisis de imágenes para obtener la curva granulométrica del material acarreado y así entender el comportamiento del tonelaje asociado a la sobre rotura. Los resultados obtenidos ayudarán a mejorar el control de la sobrerotura en la ampliación de labores principales de extracción desde un punto de vista práctico, cuyo resultado ayuda a entender la mejora del rendimiento operacional y su incidencia en la gestión social.

#### **1.3.2. Justificación académica**

El resultado del desarrollo del presente trabajo de investigación ayuda a comprender el comportamiento de las diferentes variables operacionales en la ampliación de labores subterráneas como es el caso del crucero principal de 3.5 x 3.5 m a 5 x 5 m, controlando la sobre rotura de acuerdo al mejor control del tonelaje y tiempo acarreado, así como el comportamiento de la granulometría asociada a los costos generados por la sobre rotura.

Estos resultados permitirán que otros académicos o personas relacionadas a la minería utilicen esta herramienta comparativa para estudios similares.

#### **1.4. Hipótesis de la investigación**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

Al determinar el análisis de las variables operacionales influye en el control de la sobrerotura en la ampliación del crucero principal CX 2006 en la Compañía Minera Norcobre, 2023.

##### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al determinar la relación del tonelaje con las horas de acarreado influye en el control de la sobrerotura del crucero principal CX 2006 en la Compañía Minera Norcobre, 2023.
  
- b) Al determinar la influencia de la relación del grado de fragmentación con el factor de llenado influye en el control de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo en la ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023.
  
- c) Al determinar la influencia de la granulometría y el tonelaje acarreado influye en los costos de ampliación del crucero principal CX 2006 de la Compañía Minera Norcobre, 2023.

#### **1.5. Identificación de las variables**

##### **1.5.1. Variable independiente**

Control de la sobre rotura del crucero principal CX 2006

##### **1.5.2. Variables dependientes**

Análisis de las variables operacionales como tonelaje, tiempo y costos de acarreo.

### 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI:  Control de la sobrerotura del crucero principal CX 2006	El efecto que genera la sobrerotura influye directamente en los KPIs de la unidad minera, incidiendo en un mayor tonelaje acarreado, mayor tiempo y variables económicas asociadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominio Geológico</li> <li>• Dominio geomecánico</li> <li>• Parámetros operacionales</li> </ul>	Variabilidad geológica  Variabilidad de dominios geomecánicos  Variabilidad de indicadores operacionales	Tipo de roca, alteración, densidad, dureza, etc.  Propiedades físicas del macizo rocoso, como dureza, RMR, GSI, etc.  Toneladas acarreadas, tiempo de acarreo, capacidad efectiva, etc.
VD:  Análisis de las variables operacionales como tonelaje, tiempo y costos de acarreo.	Analizar las variables operacionales asociados a la sobrerotura en el CX 2006, ayudará a explicar el comportamiento y rendimiento operacional..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de operación en equipos de acarreo.</li> <li>• Indicadores de capacidad efectiva en equipos de acarreo.</li> </ul>	Programa de avance del CX 2006  Rendimiento de scoops de 6 yd <sup>3</sup> .	Producción, tiempo de acarreo, actividades unitarias de acarreo, etc.  Capacidad efectiva, tiempo de acarreo, grado de fragmentación, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

- Estudio titulado: «*Modelamiento numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por sublevel stoping*», tuvo como objetivo caracterizar la sobre excavación en caserones mediante un modelamiento numérico. El trabajo se dividió en 2 etapas, realizando el análisis de información histórica y un modelamiento numérico mediante FLAC3D. Los resultados obtenidos, asocian a un análisis de la información planteada, considera que las herramientas utilizadas para determinar el uso en la sobre excavación son de poco uso, siendo de baja incidencia en su aplicabilidad. Sin embargo, se considera un mejor análisis considerando un mejor modelamiento aplicando la calidad del macizo rocoso (1).
  
- Tesis titulada: «*Desarrollo de metodología de diseño y planificación de tronadura controlada para administrar y controlar riesgos geotécnicos*» cuyo objetivo fue generar una metodología de diseño y voladura controlada para controlar riesgos geotécnicos para la estabilidad de taludes. Se consideró el análisis de las variables asociadas al macizo rocoso como el diseño de malla, propiedades físicas, grado de fragmentación entre otros. El resultado asociado a definir la metodología geotécnica consiste en tener una buena base de información que

relaciona la variabilidad del macizo rocoso y la liberación de energía asociada a cada una de estas zonas de estudio (2).

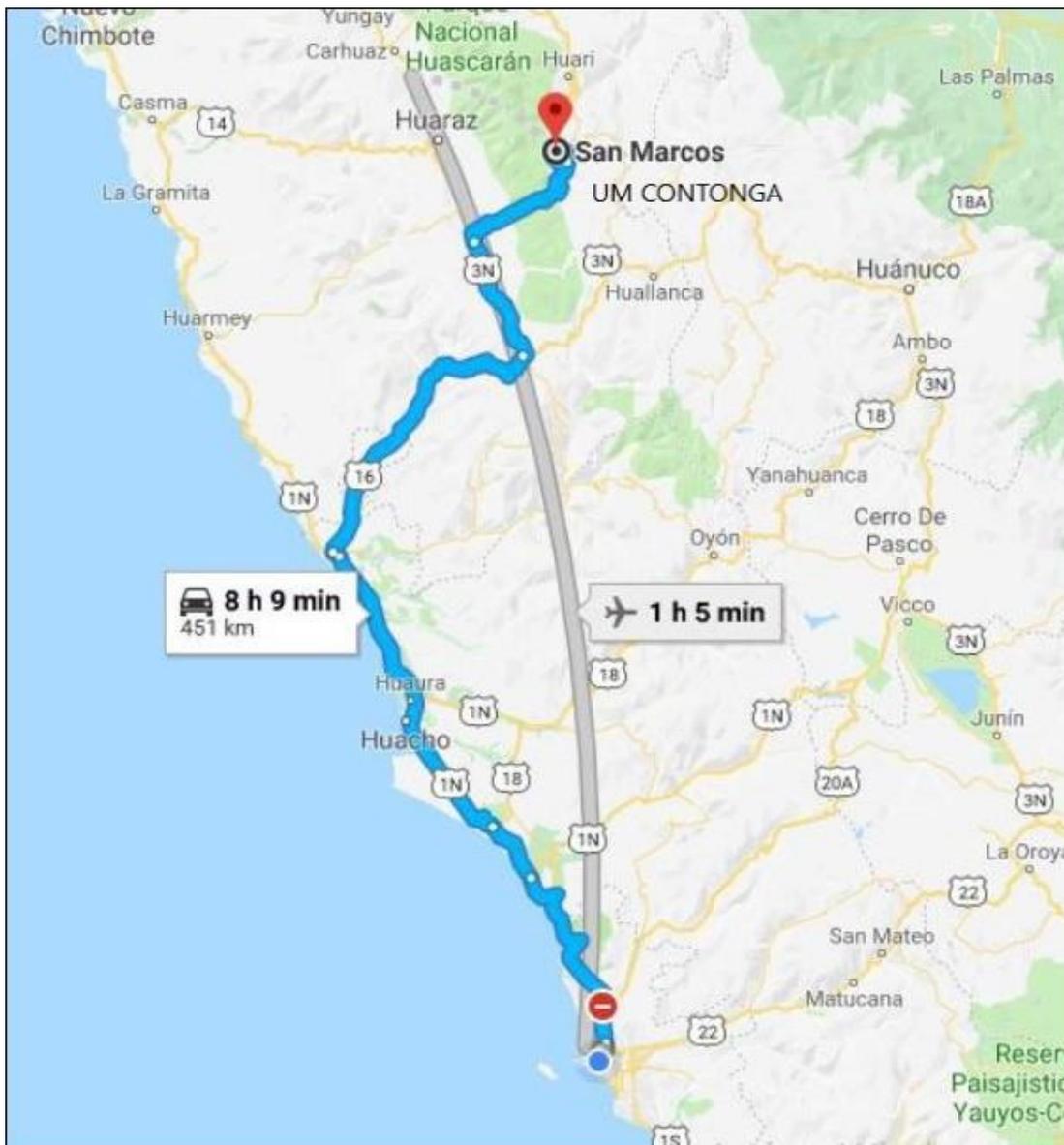
### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

- Trabajo titulado: «*Reducción de la sobrerotura mediante la perforación y voladura controlada en la profundización de la rampa 210 mina Coturcan - 2022*». El objetivo de la investigación fue reducir la sobrerotura en la rampa planteada. El resultado obtenido mediante un mejor control de la sobrerotura en base a un mejor diseño fue reducir de 16 a 10.49 %, generando un mejor contorno de la corona en la rampa, producto de una mejor distribución de los taladros con 48 taladros (3).
- Tesis titulada: «*Reducción de sobrerotura mediante el uso de voladura controlada del precorte en el cruce CX 1160 del nivel 2360 de la zona Candelaria de la CIA. Consorcio Minero Horizonte - 2019*». En la investigación se orienta a reducir la sobrerotura e incrementar los ingresos. La sobrerotura generada influye en una pérdida de tiempo en el ciclo de minado, considerando mayores m<sup>3</sup> de sostenimiento, mayores costos, etc. Los resultados del presente estudio permitieron una reducción de la sobre rotura en 17.87 %, mediante el uso de explosivos y accesorios de voladura, con una reducción de costos de 344.76 \$/disp. (4)
- Tesis titulada: «*Reducción de los costos de voladura e incremento del avance lineal, usando emulsiones encartuchadas en CIA. Minera Yanaquihua S.A.C.*». El objetivo de la investigación fue la reducción de costos de voladura y el avance efectivo por disparo. Los problemas identificados fueron un deficiente diseño de malla de perforación y voladura, exceso de taladros perforados, paralelismo de taladro, etc. los resultados obtenidos, incrementaron el avance efectivo de 1.50 a 1.55 metros y una reducción de costos en 71.50 \$/m (5).

## 2.2 Generalidades de la unidad minera

### 2.2.1 Ubicación de la mina Contonga

Políticamente, la UEA Contonga, se ubica en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, entre la quebrada de Tucush y Contonga; a una altitud entre 4 000 y 4 600 m s. n. m. siendo sus coordenadas centrales referenciales UTM WGS 84 Zona 18S: 271648.14 E y 8948683.34 N.



**Figura 1. Plano de ubicación de la UM Contonga  
Tomada del Área de Geología**

### 2.2.2 Accesibilidad a la UEA Contonga

La UEA Contonga se situada a 400 km de la ciudad de Lima y se puede acceder por 2 rutas:

- a) Ruta 1 – 444 km: Lima - Conococha – Yanacancha, carretera asfaltada 434 km aproximadamente; y o Yanacancha – Contonga, carretera afirmada de 10 km aproximadamente.
  
- b) Ruta 2 – 475 km: Lima – Conococha – Catac, carretera asfaltada de 374 km aproximadamente; o Catac – San Marcos, carretera afirmada de 74 km aproximadamente, y o San Marcos – Contonga, carretera afirmada de 27 km aproximadamente.

**Tabla 2. Acceso a la UEA Contonga**

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE VIA
Lima – Conococha - Yanacancha – Mina Contonga	434 - 10 km	Asfaltado - afirmado
Lima – Conococha – Catac – San Marcos – Mina Contonga	374 – 74 – 27 km	Asfaltado - afirmado

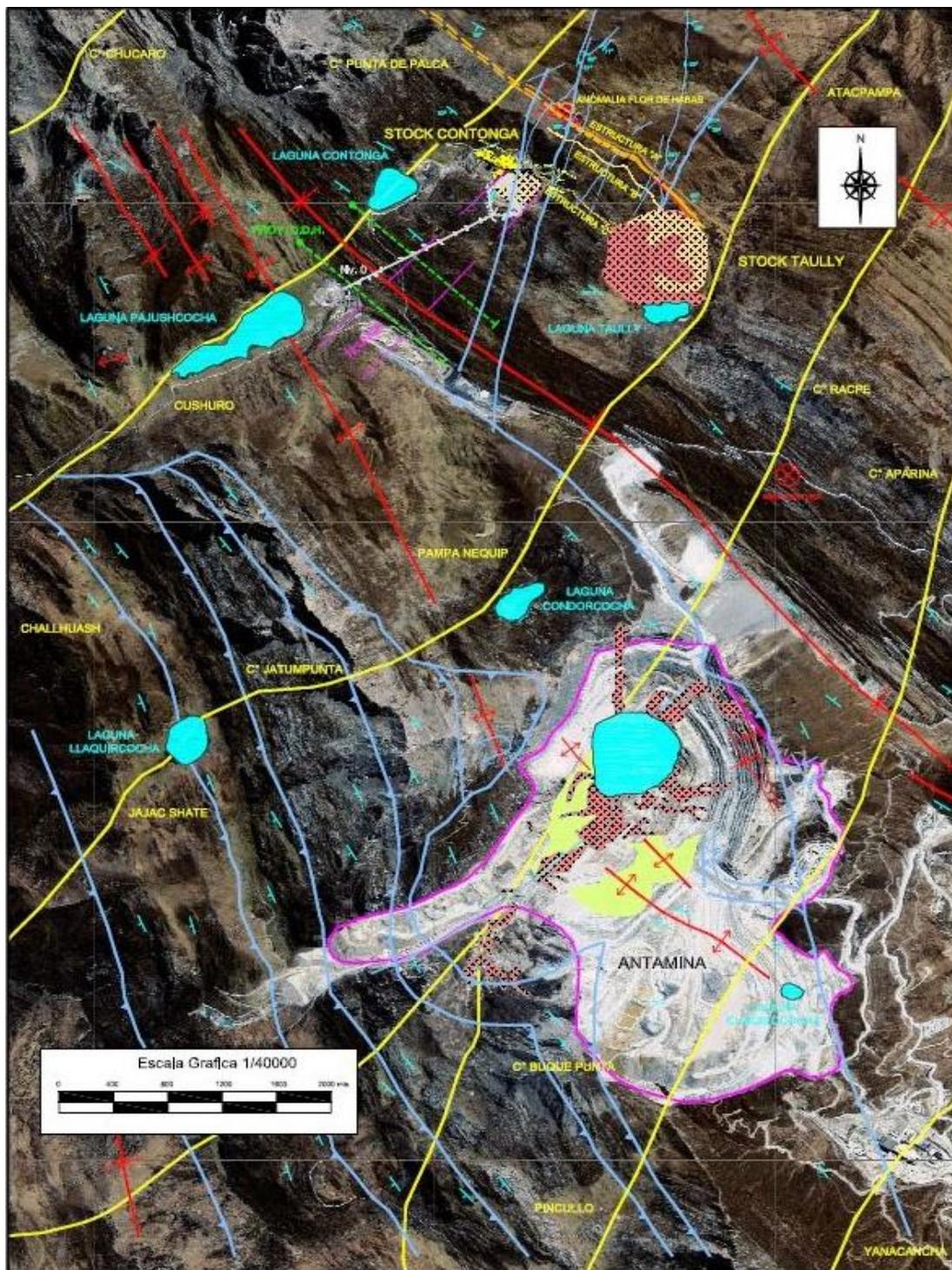
*Tomada del Área de Geología*

### 2.3 Geología general

El área de estudio está asociado a rocas sedimentarias con presencia esporádica de rocas volcánicas, los cuales fueron intruidos por rocas intrusivos. El ambiente sedimentario está compuesto por calizas, así como rocas metamórficas asociadas a cuarcitas y lutitas del Cretáceo.

Las principales unidades estratigráficas sedimentarias están relacionados a: la formación Celendín (calizas gris con intercalaciones de limonitas y margas), formación Jumasha (calizas gris claro con intercalaciones de lutitas grises), formación Pariatambo (caliza gris bituminosa con margas marrón oscuro), formación Chúlec (calizas gris dolomíticas con areniscas, limonitas y lutitas),

formación Pariahuanca (calizas grises de aspecto sucio) y grupo Goyllarisquizga (relacionados a las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz).



**Figura 2. Geología regional de la UEA Contonga Tomada del Área de Geología**

Las rocas intrusivas están relacionados a un lineamiento regional NS, observados desde la mina Antamina en una extensión de 4 a 6 km, de composición cuarzo monzonita. Las intrusiones presentes son de edades recientes (intrusiones jóvenes) en comparación con los intrusivos cercanos: Plutón de Cahuish (oeste de Contonga – cordillera Blanca), datadas en 11.1Ma – 16Ma (J. Wilson, 1975). Estudios posteriores realizadas en el stock de la mina Antamina, consideran edades de 10 Ma (D. Noble, 1966). En el área de la UEA Contonga, el stock cuarzo monzonita y el intrusivo cuarzo feldespató se correlaciona con el stock Antamina.

### **2.3.1 Geología estructural**

El comportamiento de tectonismo en el área de estudio está relacionado a esfuerzos principales asociados al rumbo andino NS a NW, los cuales sufrieron diferentes deformaciones o zonas de plegamiento por esfuerzos compresivos EW, formando anticlinales y/o sinclinales. Estos esfuerzos asociados al ambiente de subducción presente en la costa peruana de la zona central del Perú.

Producto de los esfuerzos generados se formaron diferentes tipos de falla, sobre todo las fallas inversas relacionadas a rocas de mayor competencia como la Jumasha y el Chimú.

### **2.3.2 Mineralización y alteración**

La mineralización presente está asociada a cuerpos, mantos y zonas de brecha, asociada a un yacimiento tipo skarn polimetálico. La mineralización emplazada en la zona de contacto de los intrusivos (pórfido cusrcífero) de contonga y Taully.

La mineralización presenta una alteración típica de yacimientos tipo skarn o metasomatismo de contacto considerando alteraciones progradas (anhidras) y alteraciones retrógradas. Las alteraciones p´rogradas compuestas por granates verde y las retrógradas por epídotas, por último un halo externo de calizas marmolizadas.



**Figura 3. Skarn de Wollastonita - granates con esfalerita y pirita, sector norte  
Tomada del Área de Geología**



**Figura 4. Brecha hidrotermal con mineralización de esfalerita, sector oeste  
Tomada del Área de Geología**

Una de las estructuras presentes en el yacimiento de Contonga es la brecha hidrotermal de Zn, Pb, Ag y Cu, ubicada en el contacto intrusivo con la roca sedimentaria con presencia de arcillas y sericitas.

La mineralización típica de estos ambientes presenta una zona de endoskarn, una zona de skarn y una zona de exoskarn, donde se emplaza el mineral en diferentes de concentraciones.

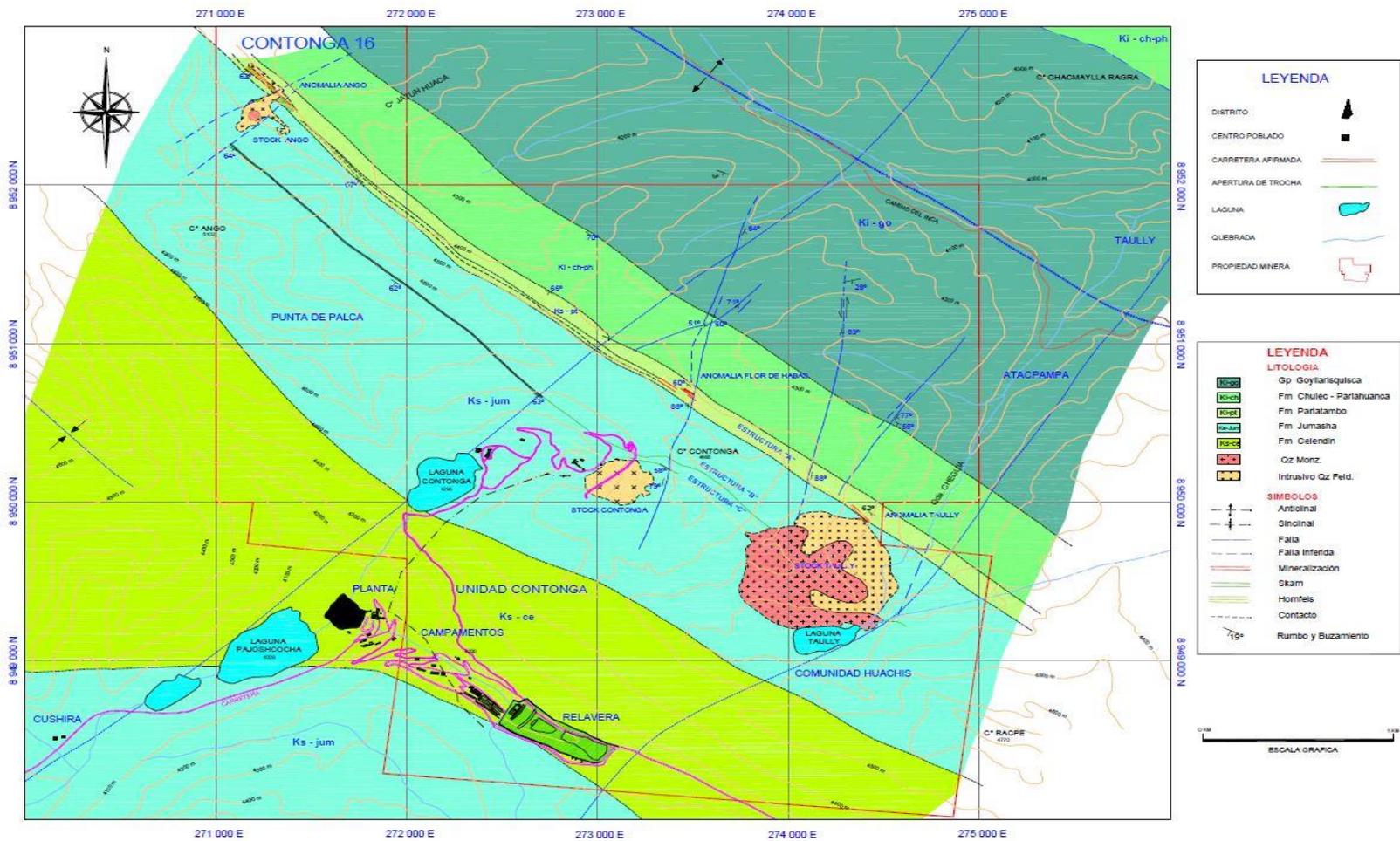
La mineralización de endoskarn está asociado a relleno de venillas, con poca intensidad, asociado a granates y sulfuros. En el caso de la mineralización presente en el skarn está asociada a minerales de Zn, Pb y Cu (esfalerita, galena y calcopirita), así como pirita y pirrotita. La zona de mineralización asociada al exo skarn considerada de mayor extensión y más profundo con menor concentración de mineralización.

Asimismo, la presencia de estructuras subverticales y tipo manto, con zonas de brecha en forma distal. Se observa alteraciones potásicas en zonas más profundas, el cual podría estar relacionadas a las fases finales de mineralización presentes en este sistema tipo skarn.

### **2.3.3 Geología local**

Los trabajos de geología realizados en el área de estudio presentan una secuencia de rocas sedimentarias de edad cretácica, compuesta por el grupo Goyllarisquizga y Celendín. El tectonismo presente en este sector produjo toda una secuencia de deformaciones de los ambientes sedimentarios, generando sinclinales y anticlinales, los que generaron zonas de debilidad para la mineralización presente.

Localmente, la formación Celendín está relacionada a calizas con intercalaciones de margas, con una potencia de 350 metros, rumbo NW y buzamiento de 60 a 70° SW. La formación Jumasha, compuesta por calizas gris, con una potencia de 750 metros, rumbo NW. La formación Pariatambo compuesta por calizas dolomíticas con rumbo NW y buzamiento de 55 a 60° SW. La formación Chúlec, asociada también a calizas dolomíticas con intercalación de lutitas, y una potencia de 200 metros, rumbo NW y buzamiento de 50 a 55°.

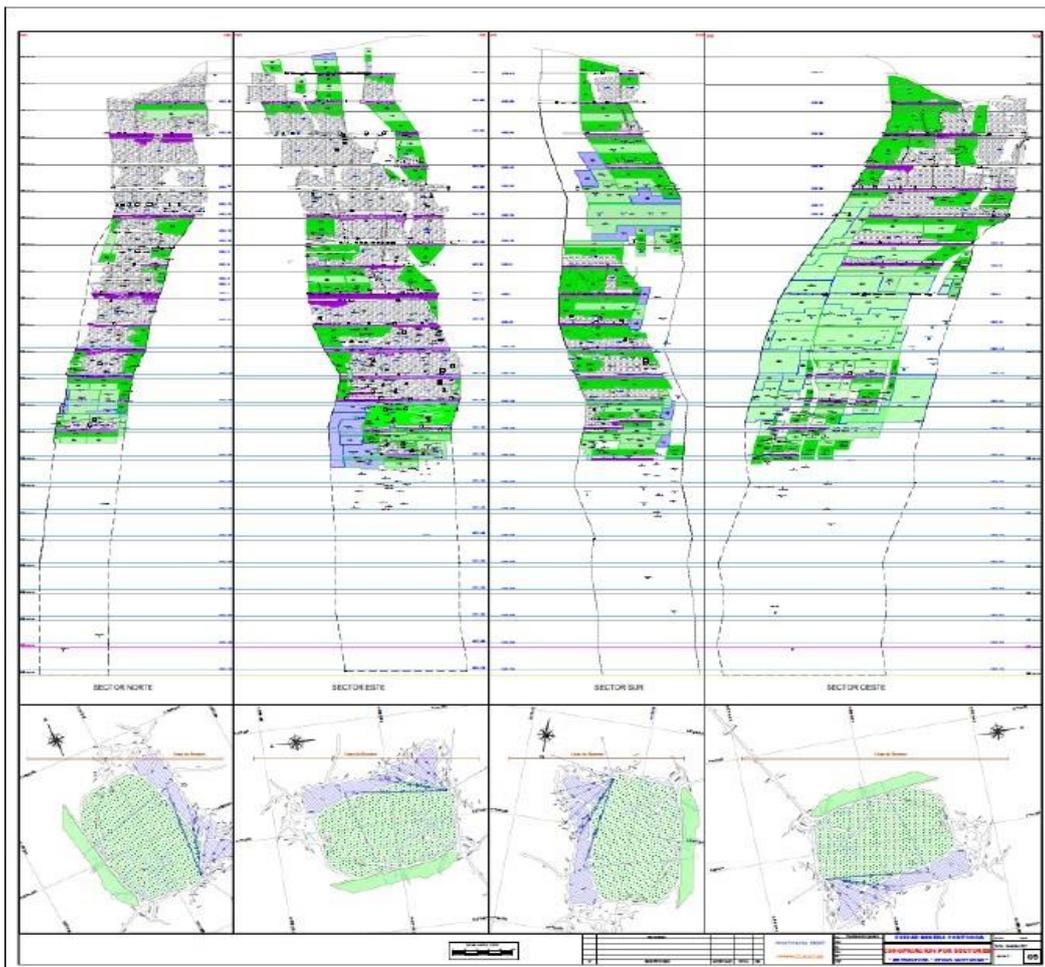


**Figura 5. Geología local de la UEA Contonga  
Tomada del Área de Geología**

### 2.3.4 Geomecánica

En el área de estudio caracteriza el macizo rocoso, se divide en dos zonas muy diferenciadas, baja y alta:

- a) Zona baja, la masa rocosa mineralizada, según el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (1989) son de calidad Buena (II) y Regular A (IIIA). Y en zonas puntuales regular B (IIIB), la roca caja encajonante es de calidad Regular A (IIIA) (pórfido cuarzo feldespático), en la zona de contacto con la caliza la calidad del macizo rocoso es de calidad Regular B (IIIB).
  
- b) Zona alta, la masa rocosa mineralizada, según el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (1989) son de calidad Mala A (IVA). La roca caja inmediata es de calidad Mala B (IVB).



**Figura 6. Zonificación geomecánica, perfil de sectores de la UEA Contonga  
Tomada del Área de Geología**

**Tabla 3. Zonificación geomecánica de la UEA Contonga**

Ubicación	Dominio		Sistema			Calidad según RMR	Alteración
	estructural	RMR	Q	GSI	RMR		
Pórfido cuarzo feldespático C.A.	II	61 - 80	< 5.92	61 - 80		Buena	Potásica
Pórfido cuarzo feldespático C. Int.	III A	51 - 60	2.18 – 5.92	51 - 60		Regular A	Silicificación
Pórfido cuarzo feldespático C.I.	III B	41 - 50	0.72 – 2.17	41 - 50		Regular B	Skarn
Skarn mineralizado zona baja	III B	41 - 50	0.72 – 2.17	41 - 50		Regular B	Skarn
Skarn Mineralizado zona alta	IV A	31 - 40	0.24 – 0.71	34 - 43		Mala A	Skarn
Caliza zona baja C.I.	III B	41 – 50	0.72 – 2.17	41 - 50		Regular B	Hornfels / skarnoides
Caliza zona alta C.I.	IV B	21 - 30	0.08 – 0.23	21 - 30		Mala B	Hornfels / skarnoides

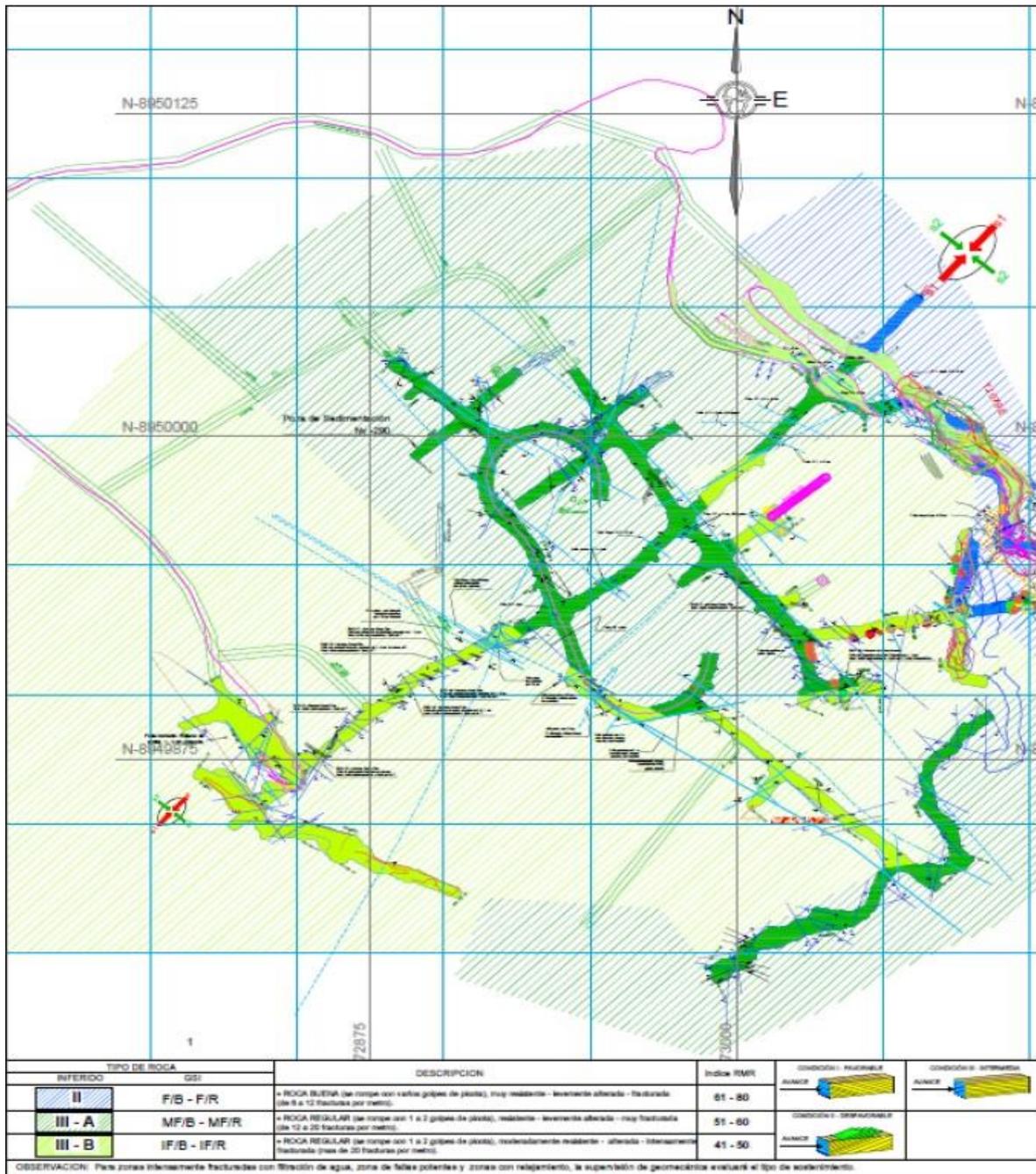
C.I = caja intermedia, C. Int = caja intermedia, C.A = caja alejada

**Tomada del Área de Geología**

**Tabla 4. Códigos de la zonificación geomecánica de la UEA Contonga**

Tipo de Roca	DESCRIPCIÓN	RMR
I	MUY BUENA	100 - 81
II	BUENA	80 - 61
IIIA	REGULAR A	60 - 51
IIIB	REGULAR B	50 - 41
IVA	MALA A	40 - 31
IVB	MALA B	30 - 21
V	MUY MALA	20 - 0

**Tomada del Área de Geomecánica**

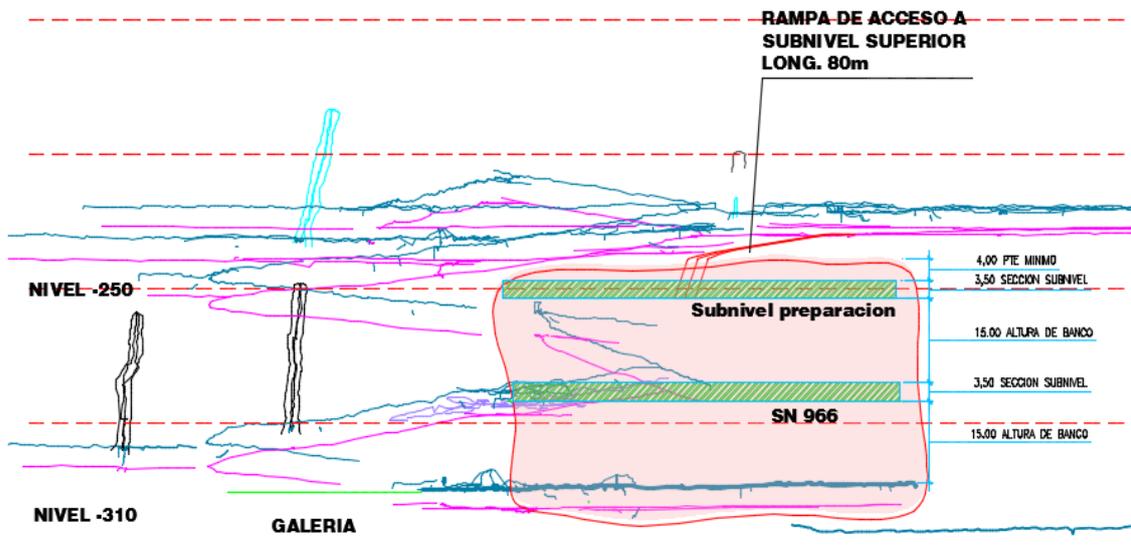


**Figura 7. Zoneamiento geomecánico por subniveles de la UEA Contonga Tomada del Área de Gemecánica**

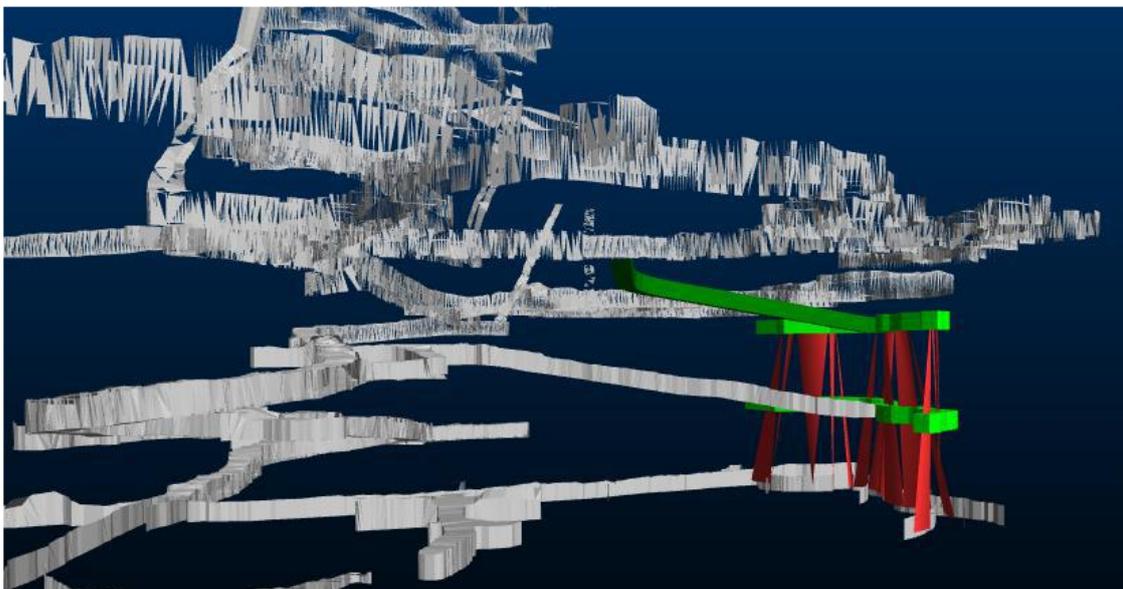
## 2.4 Metodo de explotacion

El método de minado utilizado durante los diferentes periodos de la UEA Contonga fue el *cut and fill* convencional y mecanizado, posteriormente por sus altos costos operacionales se replantea la aplicación del método de minado con subniveles. Durante el año del 2017, se realizaron pruebas para aplicar el método de minado por subniveles, programando realizar la explotación de algunos tajos por

el método de taladros largos, para tal fin se inició el desarrollo y preparación de varios tajos piloto, con la finalidad de obtener datos de campo, considerando la evaluación de la recuperación del método y el costo de operación asociado. Dicha prueba piloto se inició en la parte inferior del TJ 026 y en la parte superior del TJ 079. Se usó la VE 966 del Nv - 270, para desarrollar los subniveles de preparación, según el esquema adjunto:



**Figura 8. Tajos piloto, método de minado por subniveles en la UEA Contonga Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 9. Vista 3d, tajos piloto, método de minado por subniveles en la UEA Contonga Tomada del Área de Planeamiento**

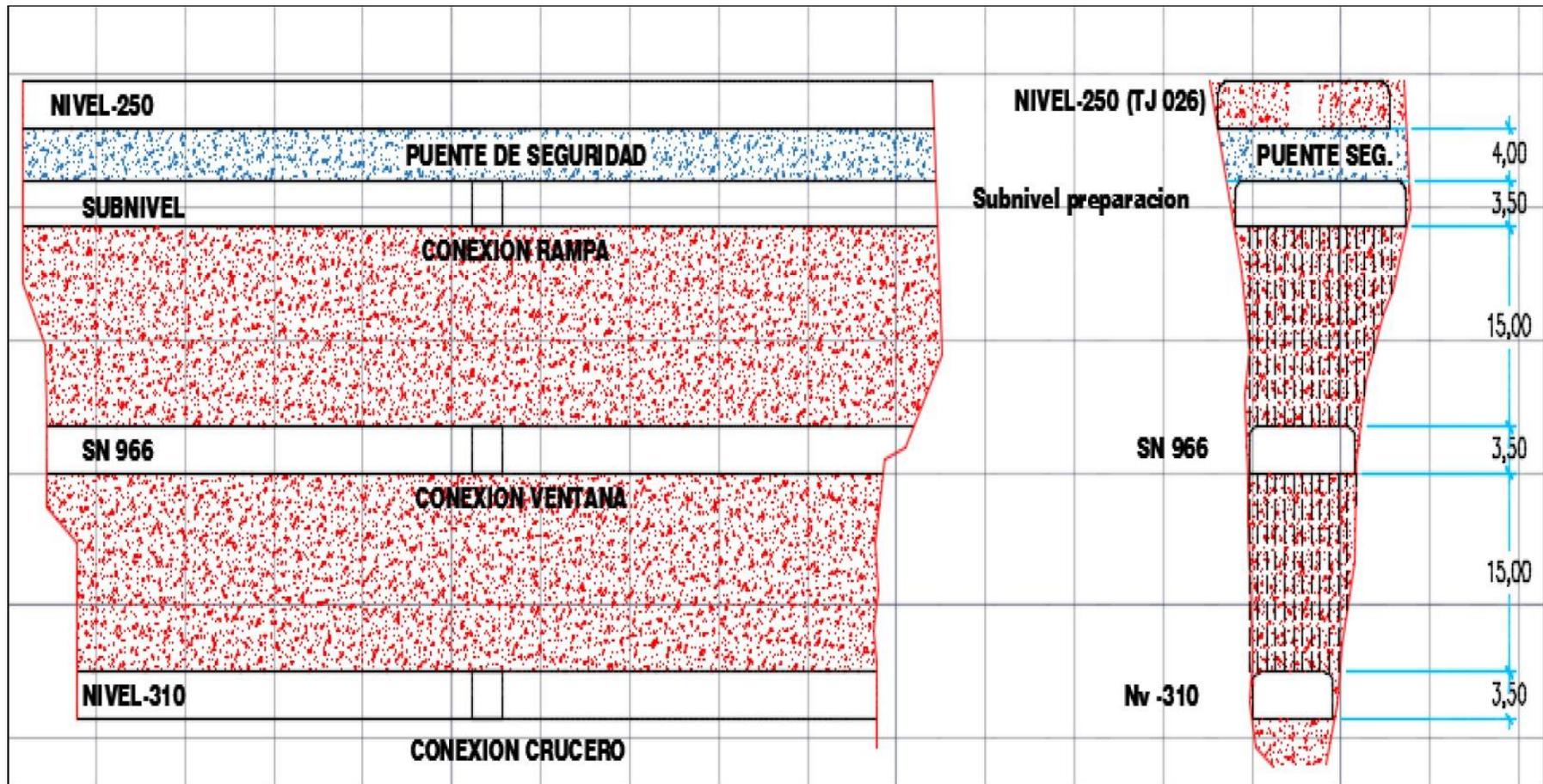


Figura 10. Diseño de vista en sección del método de minado por subniveles en la UEA Contonga  
Tomada del Área de Planeamiento

De acuerdo con las características geomecánicas de la UEA Contonga, se definió algunos parámetros de diseño del método de minado con subniveles, siendo estos:

- ✓ La diferencia de niveles entre el NV 310 y NV 250, considera alturas de 60 m.
- ✓ La diferencia entre subnivel y subnivel consideran alturas de 15 metros.
- ✓ Se consideran puentes de seguridad en los niveles superiores de 4 metros.
- ✓ Las secciones de los subniveles serán de 3.5 x 3.5 metros.
- ✓ Las perforaciones con taladros largos serán de 15 metros considerando sus direcciones positivas y negativas.

## **2.5 Bases teóricas del estudio**

Para el desarrollo de la presente tesis se analiza las diferentes variables operacionales asociadas a la ampliación del crucero principal CX 2006, para el control de la sobrerotura en la UEA Contonga.

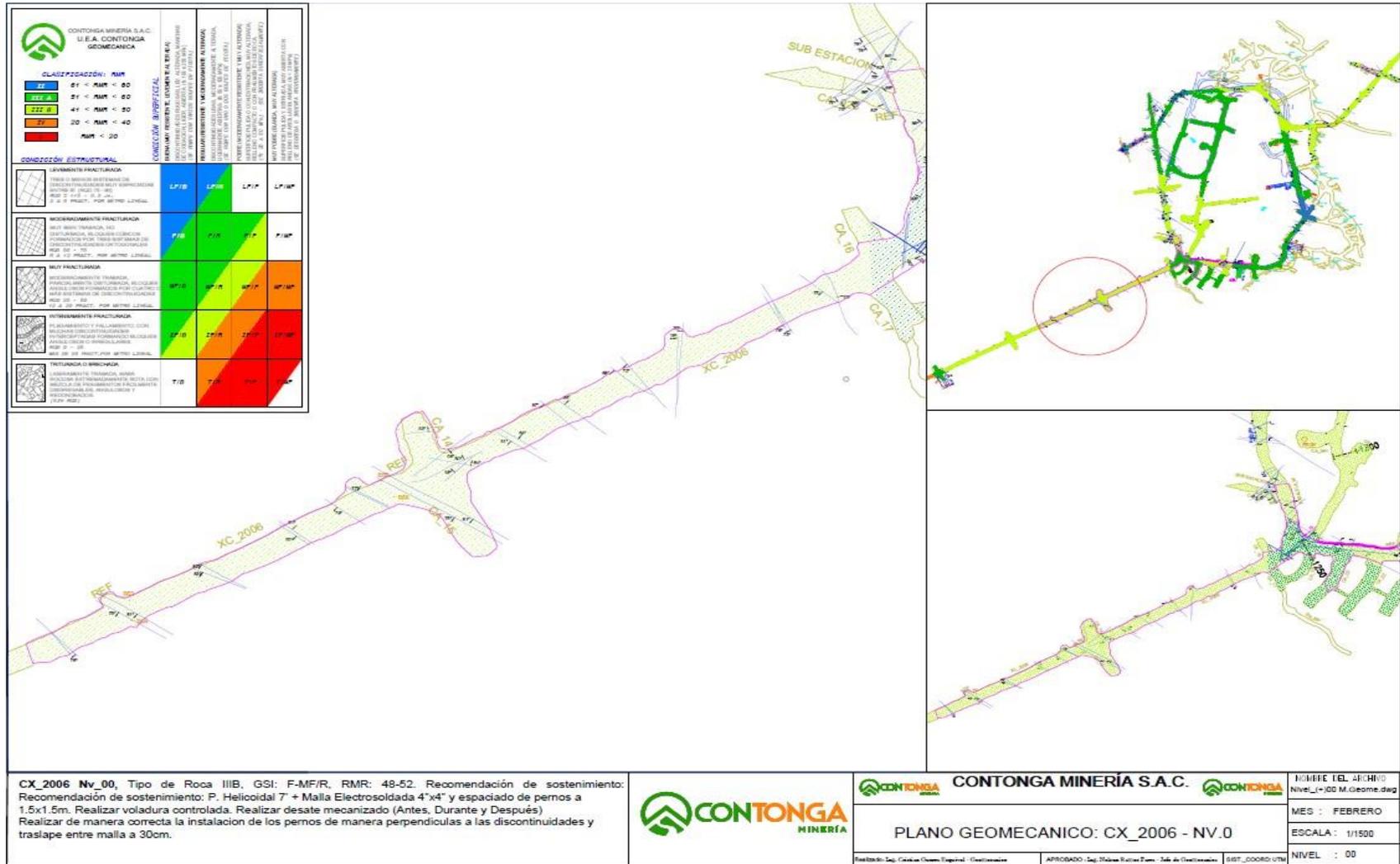
Los parámetros para analizar consideran la relación entre el tonelaje con las horas de acarreo para determinar la sobrerotura asociada, así mismo se verá la influencia del rendimiento de los scoops relacionada a la granulometría y factor de llenado, también las actividades relacionadas al proceso de acarreo y su relación con los costos unitarios de acarreo.

### **2.5.1 Consideraciones generales del estudio**

El estudio comprende analizar la ampliación del crucero principal CX 2006 de sección de 3.5 3.5 metros a una sección de 5.0 x 5.0 metros en el nivel 0, considerando un total de 1,935 ml. El trabajo de ampliación involucra otras actividades como construcción de cámaras de pase y carguío, instalación de cimbras, desquinces para cunetas de drenaje de agua, cuneta de contingencia para la tubería de relleno hidráulico (RH), instalación de soporte para tubería de RH e instalación de alcayatas para el arreglo final. Pero, para el presente estudio solo se analizará la ampliación, sin considerar las otras actividades asociadas. El objetivo de la ampliación del crucero principal es para integrar todas las labores subterráneas como labor principal de extracción mediante la extracción con volquetes.



**Figura 11. Vista en planta del proyecto de ampliación, crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga  
Tomada del Área de Planeamiento**

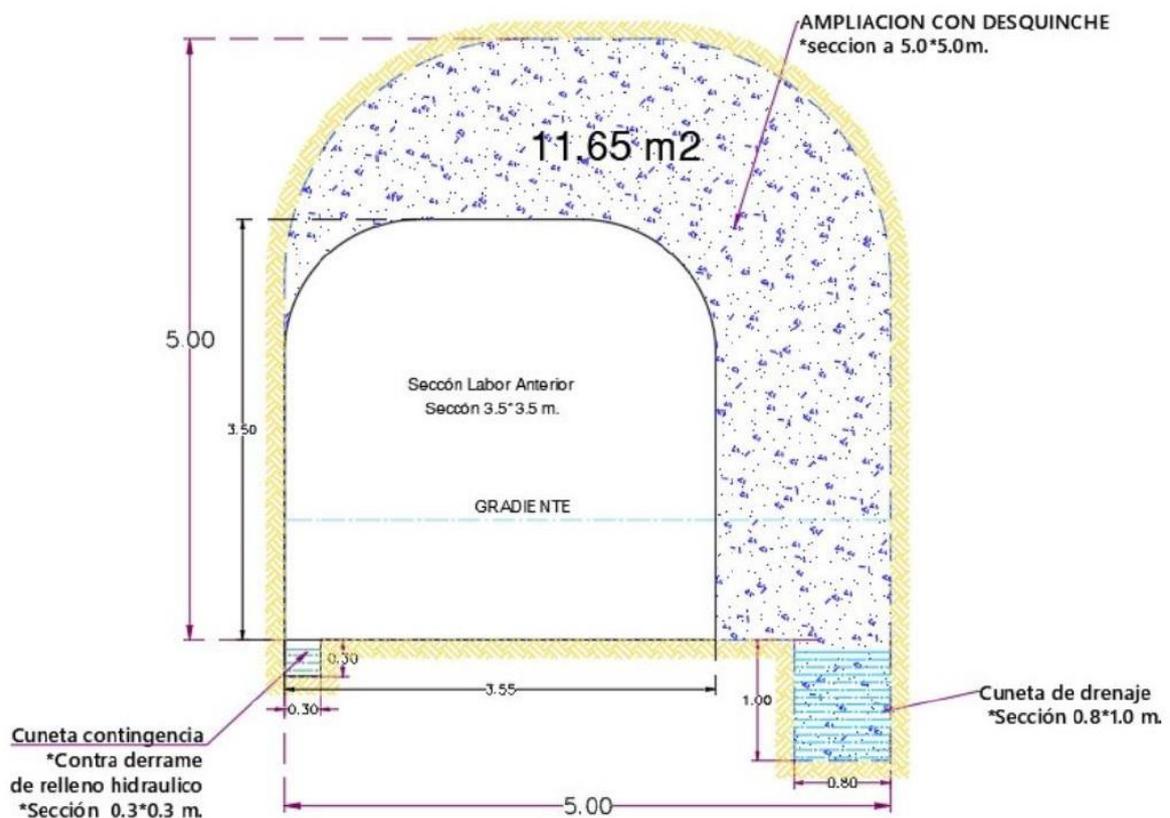


**Figura 12. Plano geomecánico del crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga Tomada del Área de Planeamiento**

De acuerdo con las características geomecánicas, la ampliación del crucero principal CX 2006 en el Nv 0, considerando un tipo de roca IIIB, GSI: F-MF/R, RMR: 48-52. Considera, recomendación de sostenimiento el uso de: Pernos Helicoidal 7' + Malla Electrosoldada 4" x 4" y espaciado de pernos a 1.5 x 1.5m. Realizar voladura controlada. Realizar desate mecanizado (antes, durante y después). Realizar de manera correcta la instalación de los pernos de manera perpendicular a las discontinuidades y traslape entre malla a 30 cm.

### 2.5.2 Consideraciones de ampliación del CX 2006

De acuerdo con los trabajos a realizar por la unidad minera, se considera 2 turnos de trabajo, considerando 10.27 h por turno. Asimismo, las dimensiones de ampliación son consideradas de acuerdo con las siguientes características: Sección actual de 3.5 x 3.5 m, sección a ampliar 5.0 x 5.0 m, se considera un área de ampliación de 11.65 m<sup>2</sup> considerando todos los servicios a desarrollar (cuneta de drenaje, cuneta de contingencia, etc.).

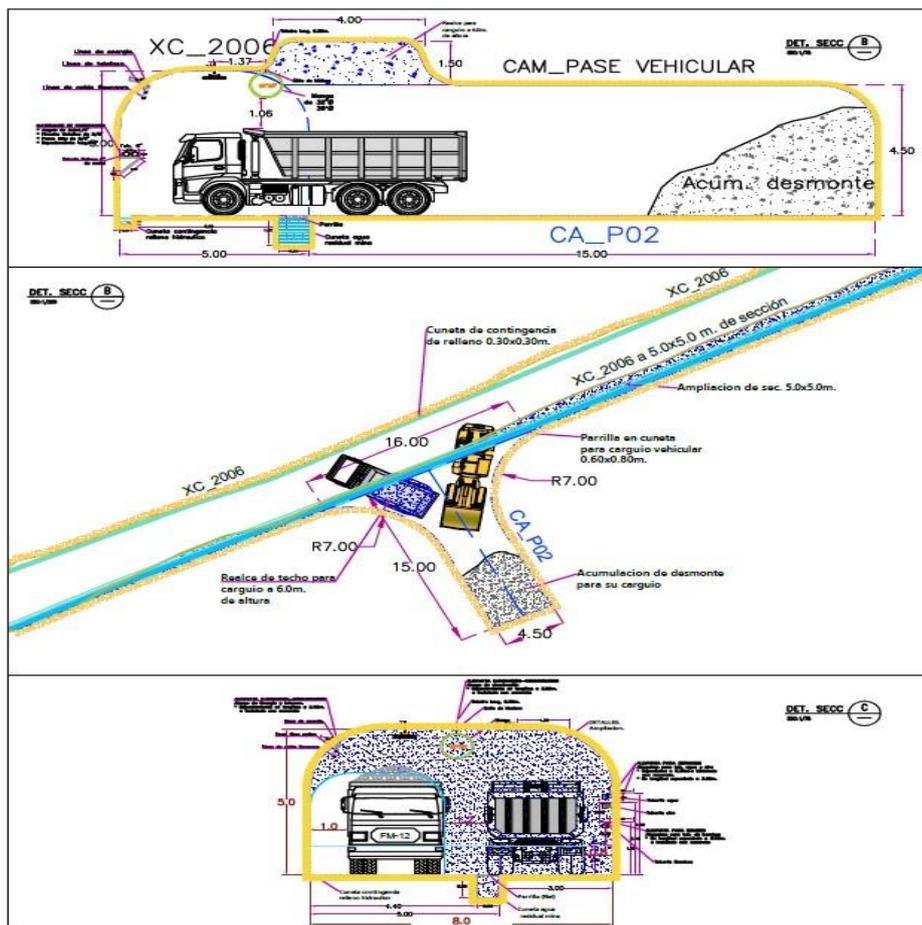


**Figura 13. Área para ampliar en el crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga Tomada de Área de Planeamiento**

El trabajo empezará con rebaje de piso desde 50 metros antes de la bocamina hasta 39 metros en pendiente 1/5000 y luego 45.0 metros en pendiente 1 %, posteriormente se procederá con la instalación de cimbras 43 unidades y paralelamente continuará el avance con la ampliación del cruceo principal CX 2006.

Para el carguío de material generado, se ha construido cámaras de carguío de acumulación de 15 metros y realce en el techo 3 x 2.5 x 1.5 metros.

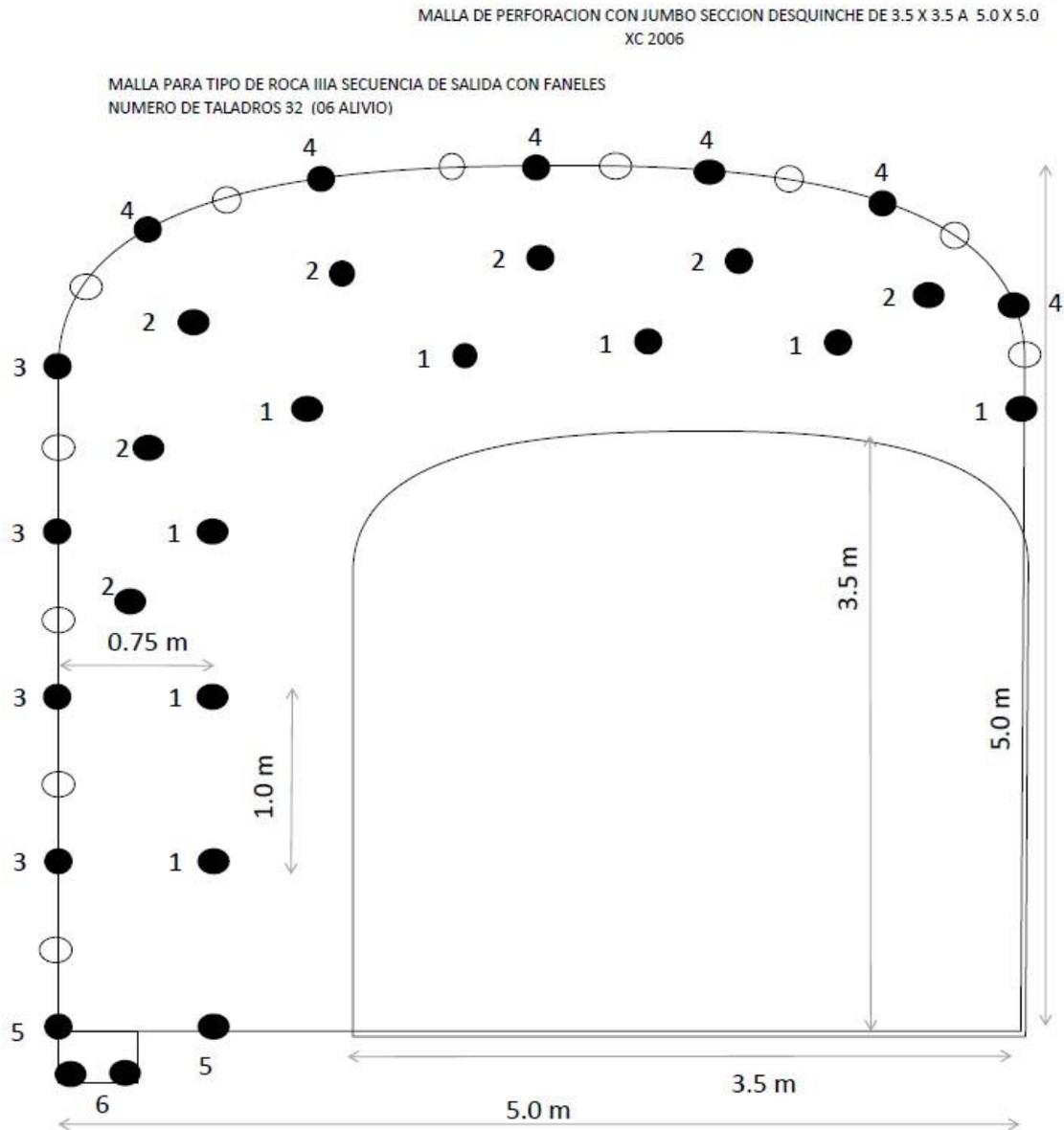
Los trabajos también contemplan la construcción de cámaras de refugio peatonal cada 50 metros, con dimensiones de 3 x 2.5 x 1.5 metros. Los refugios peatonales irán sostenidos de acuerdo con la sección, operatividad el equipo, ingresara de 02 a 03 pernos de 7 pies de longitud.



**Figura 14. Diseño de cámara de carguío en el cruceo principal CX 2006 Tomada de Área de Planeamiento**

### 2.5.3 Malla de perforación del crucero principal CX 2006

Para la ampliación del crucero principal de 3.5 x 3.5 metros a 5.0 x 5.0 metros, considera un total de 32 taladros (6 de alivio), para una roca de tipo III A, con una secuencia de salida con faneles.



**Figura 15. Diseño de malla del crucero principal CX 2006, tipo de roca III A  
Tomada de Área de Planeamiento**

La longitud de perforación programada fue de 4.60 metros (15'), considerando un avance efectivo por disparo de 3.8 metros, con un volumen de 41.8 m<sup>3</sup>/disparo con un total de 77.54 kg de explosivo. El factor de carga por metro lineal es de 20.41 kg/m y de 1.86 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 5. Distribución de carga explosiva por taladrp, crucero principal CX 2006**

TALADROS	Nº TALADROS	CART/TALADRO	EXPLOSIVO	EXPLOSIVO	CART/DISP	KG/CARTUCHO	KG ANFO	KG/TALADRO
ALIVIO	11							
SALIDA	8	8	EMULSION 1 1/2X12 3000	ANFO	8	0.17	20.00	1.39
CUADRADORES	7	7	EMULSION 1 1/2X12 3000	ANFO	7	0.17	17.50	1.22
HASTIALES	4	4	EMULSION 1 1/2X12 3000	ANFO	4	0.17	10.00	0.69
CORONA	6	6	EMULSION 1 1/2X12 3000	ANFO	6	0.17	15.00	1.04
ARRASTRES	2	2	EMULSION 1 1/2X12 5000	ANFO	2	0.18	5.00	0.35
CUNETA	2	2	EMULSION 1 1/2X12 5000	ANFO	2	0.18	5.00	0.35
TALADROS CARGADOS	30							
TOTAL TALADROS	40							
TOTAL PESO DE EXPLOSIVOS KG.							72.50	5.04
								77.54

FANELES A UTILIZAR	CANTIDAD	8	7	4	6	2	2
	Nº SERIE	1	2	3	4	5	6

CORDON DETONANTE	20 m
MECHA RAPIDA	0.2 m
Nº CARMEX	2 und

**PARAMETROS DE VOLADURA**

AVANCE/DISPARO	M3/DISPARO	PESO TOTAL EXPLOSIVO	FACTOR DE CARGA Kg/m	FACTOR DE CARGA Kg/m3
3.8	41.8	77.54	20.41	1.86

**DISTRIBUCION DE CARGA EXPLOSIVA POR TALADRO**



**Tomada de Área de Planeamiento**

## 2.5.4 Consideraciones de costos unitarios en el crucero principal CX 2006

De acuerdo con el estudio planteado se considera el costo unitario asociado a la ampliación del crucero principal CX 2006, el cual se describe a continuación.

**Tabla 6. Parámetros de ampliación de crucero principal CX 2006**

PARÁMETROS DE AMPLIACIÓN DE CX 2006				
CLIENTE	CONTONGA MINERÍA SAC			
EJECUTA	TOVCOR INGENIEROS SAC			10.60
PARAMETROS	Nº taladros : 40			
Área de ataque 1	Boca Mina Principal CX - 2006			Nº Talad. Alivio 4
Sección Inicial	3.5	x	3.5	Longitud Real 12 pies
Sección Final	5	x	5	Longitud Perf. 11.04 pies
Castigo por efecto del arco	98%			Eficiencia Perf. 92%
Tipo de roca :	SEMIDURA			Eficiencia Vol. 96%
Malla de Perforación (m xm)				Pies/disp. : 441.60
Avance por disparo (m/disparo)	3.23	m		Sistema Trabajo 20 x 10
Volumen roto (m3)	40.36	m3		Horas trabajo 10.28 Horas /día
Factor de Esponjamiento	40%			Factor 1.29
Volumen a Transportar	56.51	m3		

### **Tomada de Área de Planeamiento**

De acuerdo con los parámetros de diseño en la ampliación del crucero principal CX 2006 en 5.0 x 5.0 metros, asociado a un tipo de roca semi dura considerando un total de 40 taladros y 4 de alivio con longitud de perforación de 12 pies.

El avance por disparo considera una eficiencia de perforación y eficiencia de voladura son de 92 % y 96 % respectivamente, considera 441.60 pies/disparo.

En función a los parámetros de perforación en la ampliación del crucero principal Cx 2006, el avance por disparo programado será de 3.23 metros, generando un volumen roto de 40.36 m<sup>3</sup> y considerando un factor de esponjamiento de 40% el total de volumen a transportar será de 56.51 m<sup>3</sup>.

Este volumen programado se podrá comparar con los resultados reales y determinar su influencia en la sobrerotura del CX 2006.

El precio unitario (costo unitario) para el desarrollo del crucero principal CX 2006, será de 19.63 US \$/m<sup>3</sup>, el cual se describe en las siguientes partidas:

**Tabla 7. Estructura de precios unitarios en la ampliación de crucero principal CX 2006**

**ESTRUCTURA DE COSTOS DE AMPLIACIÓN EN CX. 2006 - SECCIÓN 5 x 5 m**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD (Hr)	Cantidad	Salario+BBSS (\$)	Vida Util	Parcial (\$)	COSTO \$/ m.
<b>1.0</b>	<b>PERSONAL</b>						
	Operador de Jumbo	10.28	0.00	63.57		0.00	
	Ayudante Jumbero	10.28	1.00	37.08		47.65	
	Operador de Scoop	10.28	1.00	52.98		68.07	
	Cargador de explosivo	10.28	0.50	39.73		25.53	
	Operador de utilitario	10.28	0.50	52.98		34.04	
	Operador de SCALER	10.28	0.50	58.27		37.44	
	Supervisor de Mina	10.28	0.33	61.81		26.21	
	<b>TOTAL PERSONAL</b>		<b>3.8</b>			<b>238.94</b>	<b>5.92</b>
<b>2.0</b>	<b>VOLADURA</b>						
	Emulnor 1000 1 1/4"x8"	Kg	0.00	1.85		0.00	
	Emulnon 3000 1 1/8"x12"	Kg	0.00	1.53		0.00	
	Emulsión 5000 1 1/2"x12"	Kg	0.00	1.66		0.00	
	Mecha rápida	M.	0.00	0.42		0.00	
	CARMEX	Pza.	0.00	1.12		0.00	
	<b>TOTAL VOLADURA</b>					<b>0.00</b>	<b>-</b>
<b>3.0</b>	<b>ACCESORIOS PERFORACION</b>						
	Broca Rimadora R32 de 4"	PP	0.00	0.53		0.00	
	Adaptador de Piloto para Broca R32x4"	PP	0.00	0.59		0.00	
	Broca Boart Loanger 45mm	PP	441.60	0.16		1.70	
	Barra R38 x 14 pies	PP	441.60	0.09		0.99	
	Shank adapter T38	PP	441.60	0.05		0.51	
	Coopling	PP	441.60	0.02		0.24	
	Afiladora de copas	PP	441.60	0.03		0.28	
	Aguzadora	PP	147.20	0.02		0.05	
	Barilla de acero de 14'	PP	441.60	0.12		1.31	
	Manguera 1"	m	50	3.11		3.85	
	<b>TOTAL ACCESORIOS PERF.</b>					<b>8.93</b>	<b>8.93</b>
<b>4.0</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>						
	Herramientas	%M.O	5%	5.92		0.30	
	<b>TOTAL HERRAMIENTAS</b>					<b>0.30</b>	<b>0.30</b>
<b>5.0</b>	<b>IMPLEMENTOS</b>						
	Implementos de Seguridad	%M.O	8%	5.92		0.47	
	<b>TOTAL IMPLEMENTOS</b>					<b>0.47</b>	<b>0.47</b>
<b>6.0</b>	<b>EQUIPOS</b>						
	Jumbo Axera DD 311, Longitud de brazo 14 pies	HM	2.4	0.00		0.00	
	Scoop LH 307 , 4.6 yd <sup>3</sup>	HM	2	0.00		0.00	
	Equipo SCALER3 LORENZANA	HM	1.6	0		0.00	
	Utilitario para servicios	HM	2	45		90.00	
						90.00	<b>2.23</b>
<b>7.0</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (S/ x m3)</b>						<b>17.85</b>
<b>8.0</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
<b>8.1</b>	<b>GASTOS GENERALES+COSTOS FIJOS</b>						-
<b>8.2</b>	<b>UTILIDAD 10%</b>	10.00%					1.78
<b>8.4</b>	<b>TOTAL COSTO INDIRECTO (S/m3)</b>						<b>1.78</b>
	<b>COSTO UNITARIO (\$ m3)</b>						<b>19.63</b>

*Tomada de Área de Planeamiento*

### 2.5.5 Consideraciones de granulometría en la ampliación del CX 2006

Durante la ampliación del crucero principal CX 2006 fue necesario entender la influencia de la sobre rotura generada post voladura en los equipos de limpieza como son el scoop R1600H de 6 yd<sup>3</sup> por efecto de la granulometría asociada. La distancia máxima que recorre el scoop durante la limpieza es de 150 metros.

Cuando se genera la sobrerotura, influye directamente en la capacidad efectiva de los equipos, variando en el tonelaje y tiempo del ciclo de acarreo de desmonte.



***Figura 16. Granulometría post voladura, ampliación del crucero principal CX 2006***

Una de las incidencias que genera la sobrerotura es el descaje de material de las cajas, siendo el mayor tamaño al programado, los cuales afectaran en la densidad de material y el grado de cohesión de la granulometría afectando la capacidad efectiva de los scoops.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

El trabajo de tesis considera una investigación aplicada, mediante un nivel explicativo. El análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006 permitirá entender el comportamiento de la sobrerotura y su influencia en las actividades de limpieza de desmonte en la UEA Contonga.

##### **A. Método general**

El desarrollo del presente trabajo de investigación aplica el método inductivo y deductivo, donde las variables analizadas permitieron entender el control de la sobrerotura en el desarrollo de la ampliación del crucero principal CX 2006. Las variables analizadas fueron el tonelaje y tiempo de acarreo, así como la granulometría con incidencia en la capacidad efectiva de los equipos de acarreo (scoops 6 yd<sup>3</sup>) y su influencia en el costo unitario.

##### **B. Métodos específicos**

Las variables para analizar en la ampliación del crucero principal CX 2006 de 3.5 x 3.5 metros a 5.0 x 5.0 metros, nos ayudará a entender la implicancia de la sobrerotura generada en esta ampliación, siendo los procesos a aplicar para el desarrollo del presente trabajo de investigación los siguientes:

- ✓ **Recopilación de informes previos.** Se recopiló información de las diferentes áreas relacionadas al presente trabajo, considerando la ampliación del crucero principal CX 2006, considerando geología, geomecánica, planeamiento y el área de costos de la UEA Contonga.
- ✓ **Trabajo de campo.** Para obtener los diferentes parámetros operacionales, se observó todo el ciclo de minado en la ampliación del crucero principal CX 2006 *in situ*, tomando la información respectiva.
- ✓ **Trabajo de gabinete.** Con toda la información obtenida, se realizó el análisis del tonelaje y tiempo de acarreo, así como la granulometría asociada a la sobrerotura y el rendimiento de los operadores en el proceso de limpieza.
- ✓ **Resultados.** Una vez realizado el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, se procedió a la interpretación y la validación de la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación.

### **3.1.2 Alcances de la investigación**

La realización del trabajo de investigación es del tipo aplicada, donde se relaciona los indicadores operacionales como el tonelaje y tiempo de limpieza, asociada a la granulometría producto de la ampliación del crucero y el rendimiento de los operadores de *scoop*.

## **3.2 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es descriptivo, donde se analizó, interpretó y se validó la hipótesis general y específicas planteadas, para el control de la sobre rotura en la ampliación del crucero principal.

## **3.3 Población y muestra**

### **3.3.1 Población**

Representa los diferentes trabajos desarrollados en la UEA Contonga de la Compañía Minera Norcobre.

### **3.3.2 Muestra**

Es la información asociada a la ampliación del crucero principal CX 2006 en el Nv 0 de la UEA Contonga.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- ✓ Observación *in situ* en el CX 2006
- ✓ Observación y revisión de granulometría post voladura
- ✓ Observación de la sobrerotura post voladura
- ✓ Observación en la limpieza de material post voladura

### **3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Tablas de tonelaje y tiempos de limpieza de desmonte
- ✓ Ficha de datos por operador de *scoop*
- ✓ Uso de hoja de cálculo
- ✓ Libro y bibliografía relacionado a la sobreortura
- ✓ Información de internet y otros

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El desarrollo del presente trabajo ayudará a entender el comportamiento del análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006 en el Nv 0 para el control de la sobrerotura en la UEA Contonga.

Las variables que fueron analizadas en la ampliación del crucero principal de sección de 3.5 x 3.5 m a una sección de 5.0 x 5.0 m. Las variables analizadas que permitieron entender el control de la sobrerotura fueron: el tonelaje y tiempo asociado de acarreo, así también la granulometría asociada al rendimiento de los scoops de 6 yd<sup>3</sup> y su influencia en el costo unitario.

#### **4.1 Consideraciones iniciales de operación**

Para el análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006, se deberá tener en cuenta las siguientes variables base para los cálculos correspondientes, siendo estos:

- ✓ Volumen por disparo
- ✓ Densidad de material
- ✓ Factor de esponjamiento
- ✓ Capacidad nominal de scoop R1600H
- ✓ Sección de labor inicial
- ✓ Sección de labor ampliada



**Figura 17. Plano en planta, cruceo principal CX 2006, Nv 0 en la UM Contonga  
Tomada de Área de Planeamiento**



**Tabla 8. Parámetros base en la ampliación de crucero principal CX 2006**

<b>AMPLIACIÓN DEL CRUCERO PRINCIPAL CX 2006</b>
PARÁMETROS BASE

ITEM	UNIDADES	VALOR
Sección Inicial Cx 2006	m	3.5 x 3.5
Sección a ampliar Cx 2006	m	5.0 x 5.0
Número de taladros perforados	unid	40
Número de taladros de alivio	unid	4
Longitud de perforación	pies	11
Avance por disparo	m/disparo	3.23
Volúmen roto	m <sup>3</sup>	40.36
Factor esponjamiento	%	40
Volúmen a transportar	m <sup>3</sup>	56.51
densidad	gr/cm <sup>3</sup>	2.82
Horas trabajo por día	hrs	10.20

Para el análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006 se consideró un avance por disparo de 3.23 m/disparo (en la unidad se programó realizar 3 disparos por día) y considerando un factor de esponjamiento del 40 % se generará un volumen de 56.51 m<sup>3</sup>. Este volumen programado se comparará con el volumen de desmonte acarreado con *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> y determinar la sobrerotura asociada.

#### **4.2 Análisis del tonelaje y tiempo de acarreo**

Se realizó el análisis del tonelaje y tiempo acarreado de la ampliación del crucero principal, el que consideró un total de 42 ítems, realizado durante fines de abril, mayo y junio del 2023. Así mismo, se debe tener en consideración algunas actividades paralelas realizadas durante la ejecución de la presente actividad y analizar su tiempo asociado.

##### **a) Tonelaje asociado al tiempo de acarreo - scoop 6 yd<sup>3</sup>**

Se realizó el análisis de un total de 20 guardias (con diferentes frentes a desarrollar), considerando sus diferentes actividades.

**Tabla 9. Resumen de reporte de tonelaje y tiempo acarreado en la ampliación de crucero principal CX 2006**

REPORTE DE TONELAJE ACARREADO - CRUCERO PRINCIPAL CX 2006							Ejecutado		
PERIODO: ABRIL - MAYO - JUNIO									
Flota	Fecha	Turno	Equipo	Descripción	Labor	H. Trab.	Tns.	Volúmen (m3)	
Scoop R1600	28/04/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.5	80.85	28.7	
Scoop R1600	28/04/2023	NOCHE	Scoop R1600	apoyo a servicios mineros	CX 2006	1.5			
Scoop R1600	28/04/2023	NOCHE	Scoop R1600	apoyo a servicios mineros	CX 2006	1.0			
Scoop R1600	03/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.0	96.01	34.0	
Scoop R1600	04/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte acumulado	CX 2006	5.5	35.37	12.5	
Scoop R1600	06/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	5.5	151.60	53.8	
Scoop R1600	06/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	0.5	50.53	17.9	
Scoop R1600	28/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.8	85.91	30.5	
Scoop R1600	28/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	4.0	111.17	39.4	
Scoop R1600	28/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.3	111.17	39.4	
Scoop R1600	28/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	mantenimiento de vías	CX 2006 F1	1.5	20.21	7.2	
Scoop R1600	28/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.0	121.28	43.0	
Scoop R1600	29/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	1.3	106.12	37.6	
Scoop R1600	29/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	0.8	96.01	34.0	
Scoop R1600	29/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.5	121.28	43.0	
Scoop R1600	29/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	mantenimiento de vías	CX 2006 F1	1.5	30.32	10.8	
Scoop R1600	29/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.5	111.17	39.4	
Scoop R1600	30/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	0.8	85.91	30.5	
Scoop R1600	30/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.7	111.17	39.4	
Scoop R1600	30/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.5	121.28	43.0	
Scoop R1600	30/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	mantenimiento de vías	CX 2006	1.8	20.21	7.2	
Scoop R1600	31/05/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	1.0	40.43	14.3	
Scoop R1600	31/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	relleno detrítico o convencional	XC 2006	2.8	111.17	39.4	
Scoop R1600	31/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	mantenimiento de vías	XC 2006	2.8		0.0	
Scoop R1600	31/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	craguío de desmonte	XC 2006	2.8	101.07	35.8	
Scoop R1600	31/05/2023	NOCHE	Scoop R1600	relleno detrítico o convencional	XC 2006	2.8	121.28	43.0	
Scoop R1600	01/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.3	70.75	25.1	
Scoop R1600	01/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.5	111.17	39.4	
Scoop R1600	02/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.5	131.39	46.6	
Scoop R1600	02/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.5	121.28	43.0	
Scoop R1600	02/06/2023	NOCHE	Scoop R1600	relleno detrítico o convencional	XC 2006	2.0	131.39	46.6	
Scoop R1600	02/06/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de relave fino	XC 2006	1.0		0.0	
Scoop R1600	03/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	1.5	111.17	39.4	
Scoop R1600	03/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006 F1	13.3	121.28	43.0	
Scoop R1600	03/06/2023	NOCHE	Scoop R1600	mantenimiento de vías	XC 2006	0.5		0.0	
Scoop R1600	03/06/2023	NOCHE	Scoop R1600	limpieza de desmonte	XC 2006	1.1	101.07	35.8	
Scoop R1600	04/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	0.5	60.64	21.5	
Scoop R1600	04/06/2023	DIA	Scoop R1600	limpieza de desmonte	CX 2006	2.0	101.07	35.8	
Scoop R1600	04/06/2023	NOCHE	Scoop R1600	mantenimiento de vías	XC 2006	1.5		0.0	
Scoop R1600	06/06/2023	DIA	Scoop R1600	mantenimiento de vías	CX 2006	1.0	30.32	10.8	
Scoop R1600	06/06/2023	DIA	Scoop R1600	mantenimiento de vías	CX 2006	1.2	25.27	9.0	
Scoop R1600	06/06/2023	NOCHE	Scoop R1600	craguío de desmonte	XC 2006	3.0	101.07	35.8	
TOTAL GENERAL							84.9	3,259.44	1,155.83

El total de horas de acarreo del *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo de estudio de abril a junio fueron de 84.5 horas y considera un total de 3,259.44 toneladas o de 1,155.83 m<sup>3</sup>.

El total de horas efectivas de uso del equipo de acarreo *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> considera actividades como: limpieza de desmonte, apoyo a servicios mineros, mantenimiento de vías, relleno detrítico o convencional, carguío de desmonte y limpieza de desmonte acumulado.

Asimismo, el análisis del tonelaje acarreado está directamente relacionado a la capacidad efectiva de los equipos de acarreo como el *scoop* de 6 yd<sup>3</sup>. Los parámetros operacionales que influyen en la capacidad efectiva son la capacidad nominal del *scoop*, densidad de material transportado, el factor de esponjamiento y el factor de llenado.

**Tabla 10. Fórmula para determinar la capacidad efectiva de acarreo, CX 2006**

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{(\text{Scoop Yd}^3 \times 0.76456) \text{m}^3 \times (\text{densidad} \times \text{Factor llenado})}{(1 + \text{factor esponjamiento})}$$

#### **Datos**

Capacidad *scoop*: 6 yd<sup>3</sup>

Densidad : 2.82

Factor esponjamiento: 40 %

Factor llenado: 90 % (buena voladura)

La capacidad efectiva del *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> utilizada en la ampliación del crucero principal CX 2006 en la unidad minera, será de 8.32 toneladas por viaje, considerando los parámetros antes descritos.

Para relacionar el tonelaje y tiempo total de desmonte acarreado, se considera los parámetros budget de acarreo considerando lo siguiente:

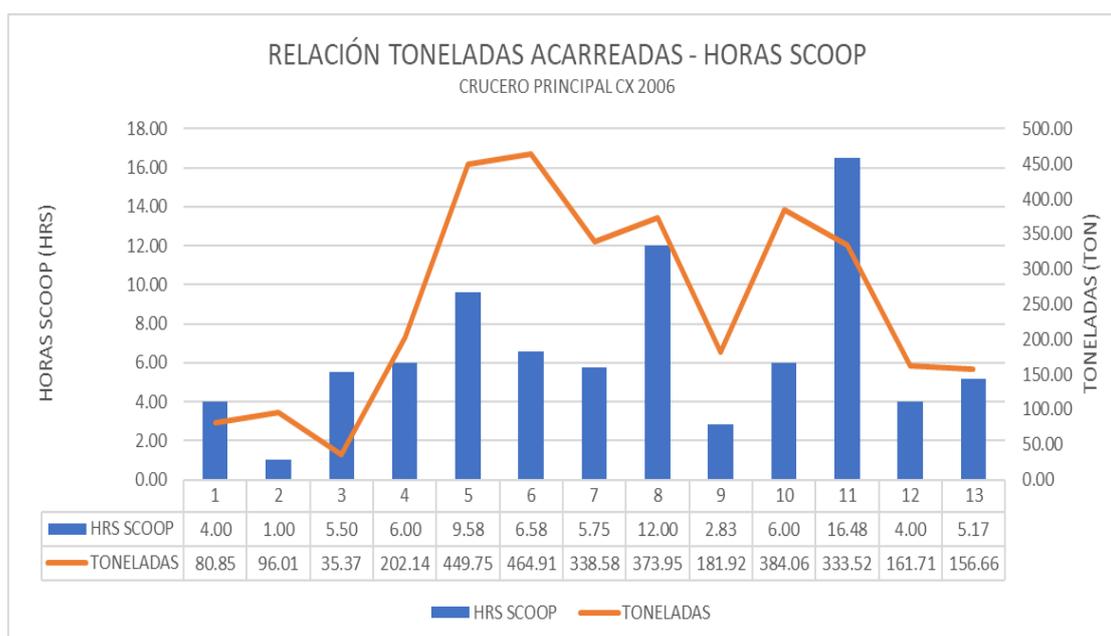
- Horas por día de acarreo 10.2 horas
- m<sup>3</sup> por disparo 56.51 m<sup>3</sup>
- Ton por disparo 159.36 toneladas

✓ Tonelaje y tiempo total de desmonte acarreado (abril – mayo – junio)

El tonelaje y tiempo total de desmonte acarreado en la ampliación del crucero principal CX 2006 durante el periodo de estudio fue de 3,259.44 toneladas y un total de 84.90 horas de acarreo.

**Tabla 11. Tonelaje total y horas de acarreo en la ampliación del crucero CX 2006**

<b>TOTAL DE TONELAJE Y HORAS DE ACARREO</b>				
CRUCERO PRINCIPAL CX 2006				
<b>FECHA</b>	<b>HRS SCOOP</b>	<b>TONELADAS</b>	<b>HORAS - DIA</b>	<b>DIFERENCIA</b>
28-Abr	4.00	80.85	10.2	6.20
03-May	1.00	96.01	10.2	9.20
04-May	5.50	35.37	10.2	4.70
06-May	6.00	202.14	10.2	4.20
28-May	9.58	449.75	10.2	0.62
29-May	6.58	464.91	10.2	3.62
30-May	5.75	338.58	10.2	4.45
31-May	12.00	373.95	10.2	-1.80
01-Jun	2.83	181.92	10.2	7.37
02-Jun	6.00	384.06	10.2	4.20
03-Jun	16.48	333.52	10.2	-6.28
04-Jun	4.00	161.71	10.2	6.20
06-Jun	5.17	156.66	10.2	5.03
<b>Total</b>	<b>84.90</b>	<b>3,259.44</b>	<b>132.6</b>	<b>47.70</b>



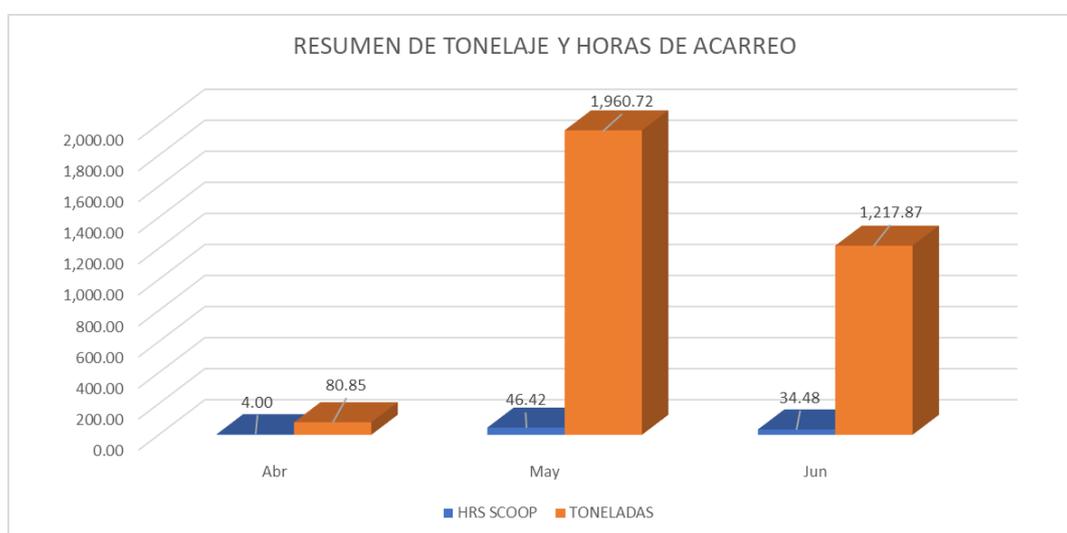
**Figura 19. Relación toneladas acarreadas y horas de scoop del crucero CX 2006**

De acuerdo con los resultados obtenidos, y considerando el uso del scoop en 10.2 horas por día programado, se consideró un total de 132.6 horas programadas durante el tiempo de estudio, siendo el ejecutado de 84.90 horas.

El KPi del tiempo de acarreo programado y ejecutado fueron del 64 %, el cual considera un déficit de 47.70 horas totales efectivas.

**Tabla 12. Resumen de tonelaje total y horas de acarreo en el crucero CX 2006**

RESUMEN DE TOTAL DE TONELAJE Y HORAS DE ACARREO				
CRUCERO PRINCIPAL CX 2006				
FECHA	HRS SCOOP	TONELADAS	HORAS - DIA	DIFERENCIA
Abr	4.00	80.85	10.2	6.20
May	46.42	1,960.72	71.4	24.98
Jun	34.48	1,217.87	51	16.52
<b>Total</b>	<b>84.90</b>	<b>3,259.44</b>	132.6	47.70



**Figura 20. Resumen de tonelaje y horas de acarreo del crucero CX 2006**

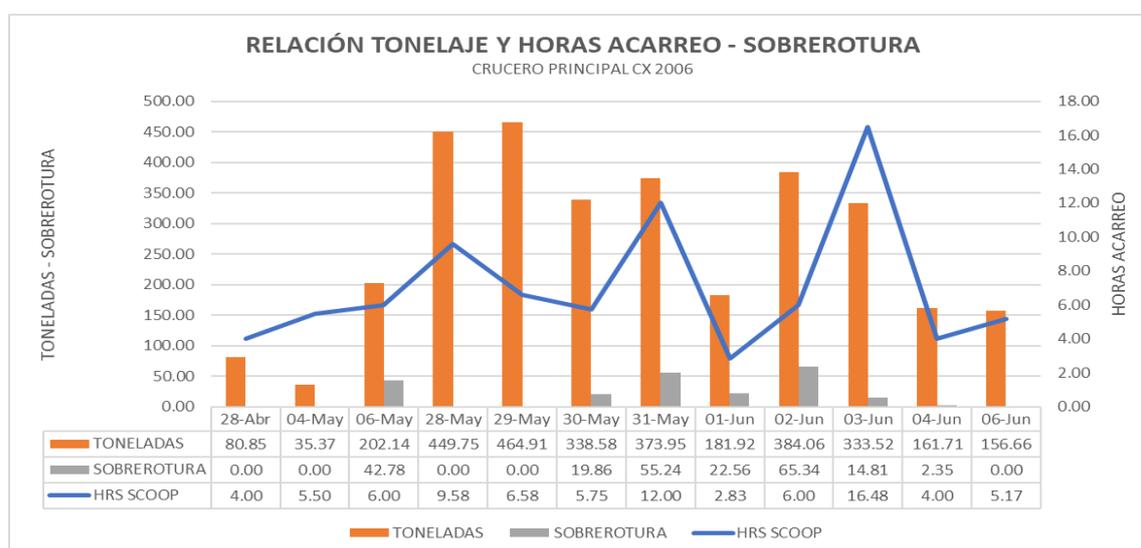
Los periodos analizados fueron los meses de abril, mayo y junio, considerando el total de tonelaje en 80.85, 1960.72 y 1217.87 toneladas respectivamente. Así mismo, las horas de acarreo fueron de 10.2, 71.4 y 51 horas durante el mismo periodo.

✓ Promedio de tonelaje y tiempo de desmonte acarreado (abril – mayo – junio)

El promedio diario de tonelaje y horas de desmonte acarreado en la ampliación del crucero principal CX 2006 durante el periodo de estudio fue de 263.32 toneladas diarias y un tiempo promedio de acarreo diario de 6.99 horas.

**Tabla 13. Promedio diario de tonelaje, horas de acarreo y sobrerotura, CX 2006**

PROMEDIO DIARIO DE TONELAJE, HORAS DE ACARREO Y SOBREROTURA						
CRUCERO PRINCIPAL CX 2006						
FECHA	HRS SCOOP	TONELADAS	HORAS BUDGET	DIFERENCIA	SOBREROTURA	REND. (Ton/Hr)
28-Abr	4.00	80.85	10.2	6.20	0.00	20.21
04-May	5.50	35.37	10.2	4.70	0.00	6.43
06-May	6.00	202.14	10.2	4.20	42.78	33.69
28-May	9.58	449.75	10.2	0.62	0.00	46.93
29-May	6.58	464.91	10.2	3.62	0.00	70.62
30-May	5.75	338.58	10.2	4.45	19.86	58.88
31-May	12.00	373.95	10.2	-1.80	55.24	31.16
01-Jun	2.83	181.92	10.2	7.37	22.56	64.21
02-Jun	6.00	384.06	10.2	4.20	65.34	64.01
03-Jun	16.48	333.52	10.2	-6.28	14.81	20.24
04-Jun	4.00	161.71	10.2	6.20	2.35	40.43
06-Jun	5.17	156.66	10.2	5.03	0.00	30.32
<b>Promedio</b>	<b>6.99</b>	<b>263.62</b>	<b>10.20</b>	<b>3.21</b>	<b>24.77</b>	<b>37.71</b>



**Figura 21. Relación tonelaje, horas de acarreo y sobrerotura, CX 2006**

La relación del tiempo promedio diario de acarreo es de 10.20 horas y el ejecutado fue de 6.99 horas, el déficit de tiempo de acarreo en 3.21 horas promedio diario, es producto del no cumplimiento con el avance efectivo diario, así como la sobrerotura generada en algunos frentes de avance y su granulometría asociada.

Asimismo, el tonelaje promedio diario generado durante el periodo de estudio fue de 263.62 y la sobre rotura promedio fue de 24.77 toneladas.

✓ Resumen de toneladas y tiempo de acarreo con la sobrerotura

El análisis del tonelaje y tiempo de acarreo durante los meses de abril, mayo y junio obtuvieron diferentes rendimientos, siendo estos de 20.21, 41.06 y 35.32 t/h respectivamente.

Este rendimiento está directamente relacionado al tonelaje y tiempo acarreado, considerando la sobrerotura generada.

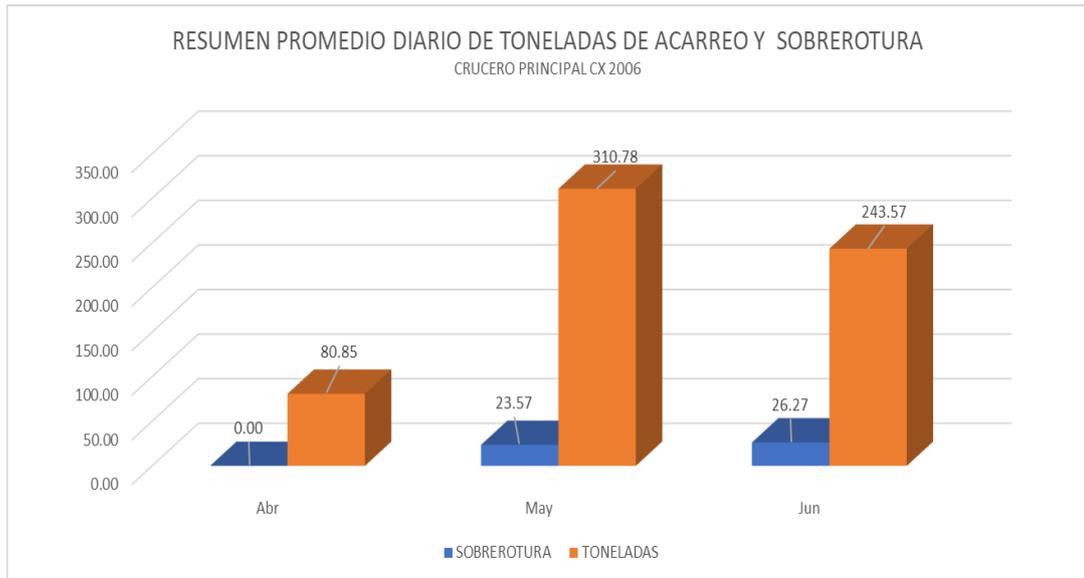
La relación de toneladas acarreadas y la sobrerotura asociada son relacionadas directamente a la granulometría generada posterior a la voladura, siendo estas en los periodos abril, mayo y junio el promedio de tonelaje diario en 80,85, 310.78 y 243.57 t/día. La sobrerotura en el mismo periodo fue de 0, 23.57 y 26.27 toneladas en los mismos meses de análisis.

**Tabla 14. Resumen promedio diario de tonelaje, horas de acarreo y sobrerotura**

**RESUMEN PROMEDIO DIARIO DE TONELAJE, HORAS DE ACARREO Y SOBREROTURA**

CRUCERO PRINCIPAL CX 2006

FECHA	HRS SCOOP	TONELADAS	HORAS BUDGET	DIFERENCIA	SOBREROTURA	REND (Ton/Hr)
Abr	4.00	80.85	10.2	6.20	0.00	20.21
May	7.57	310.78	10.2	2.63	23.57	41.06
Jun	6.90	243.57	10.2	3.30	26.27	35.32
<b>Promedio</b>	6.16	211.74	10.20	4.04	24.92	34.40



**Figura 22. Resumen promedio de toneladas de acarreo y sobrerotura, CX 2006**

### 4.3 Análisis de las actividades de acarreo

Para poder entender el tiempo de acarreo durante el presente estudio, el cual considero un total de 84.9 horas, se determinó el análisis de las diferentes actividades relacionadas al equipo *scoop* de 6 yd<sup>3</sup>.

Por tal motivo, se hizo el análisis de Pareto para entender el comportamiento de las diferentes actividades relacionadas al presente estudio.

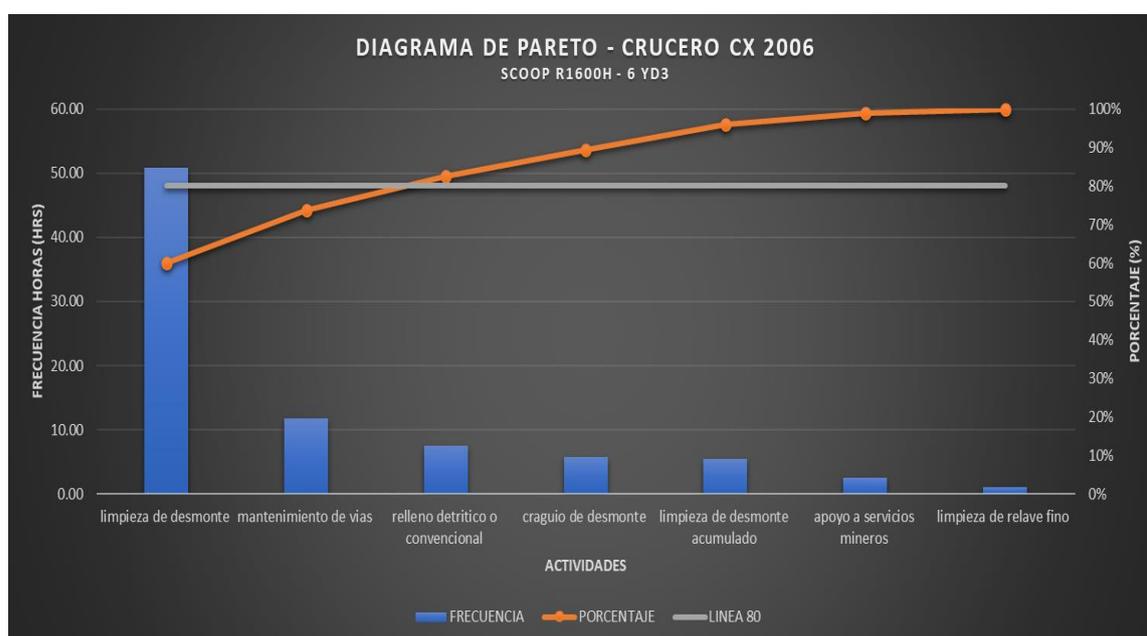
De acuerdo con el análisis de Pareto se identificó las siguientes actividades: limpieza de desmonte con 50.90 horas e incide en el 59.95 % y otras actividades con 34 horas e inciden el 40.05 %.

**Tabla 15. Resumen de actividades en la ampliación CX 2006**

<b>RESUMEN ACTIVIDADES - CX 2006</b>		
SCOOP 6 YD3		
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>HORAS</b>	<b>INCIDENCIA</b>
Limpieza desmonte	50.90	59.95%
Otros	34.00	40.05%
<b>Total</b>	<b>84.90</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 16. Diagrama de Pareto, ampliación del crucero principal CX 2006**

DIAGRAMA DE PARETO - AMPLIACIÓN CRUCERO CX 2006				
SCOOP R1600H - 6YD3				
ACTIVIDAD	FRECUENCIA HORAS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
limpieza de desmonte	50.90	59.95%	50.90	59.95%
mantenimiento de vías	11.75	13.84%	62.65	73.79%
relleno detrítico o convencional	7.50	8.83%	70.15	82.63%
craguío de desmonte	5.75	6.77%	75.90	89.40%
limpieza de desmonte acumulado	5.50	6.48%	81.40	95.88%
apoyo a servicios mineros	2.50	2.94%	83.90	98.82%
limpieza de relave fino	1.00	1.18%	84.90	100.00%
TOTAL GENERAL	84.90	100.00%		



**Figura 23. Diagrama de Pareto, crucero CX 2006**

De acuerdo con el análisis de Pareto, se consideró 7 actividades: limpieza de desmonte, mantenimiento de vías, relleno detrítico o convencional, carguío de desmonte, limpieza de desmonte acumulado, apoyo a servicios mineros y limpieza de relave fino.

Del total de actividades analizadas, el 20% que representa a 70.15 horas (80%) siendo estas: limpieza de desmonte, mantenimiento de vías, relleno detrítico o convencional.

Las actividades adicionales que inciden en el tiempo de acarreo durante el presente estudio consideran un total de 14.75 horas, estas son representadas por:

carguío de desmonte, limpieza de desmonte acumulado, apoyo a servicios mineros y limpieza de relave fino.

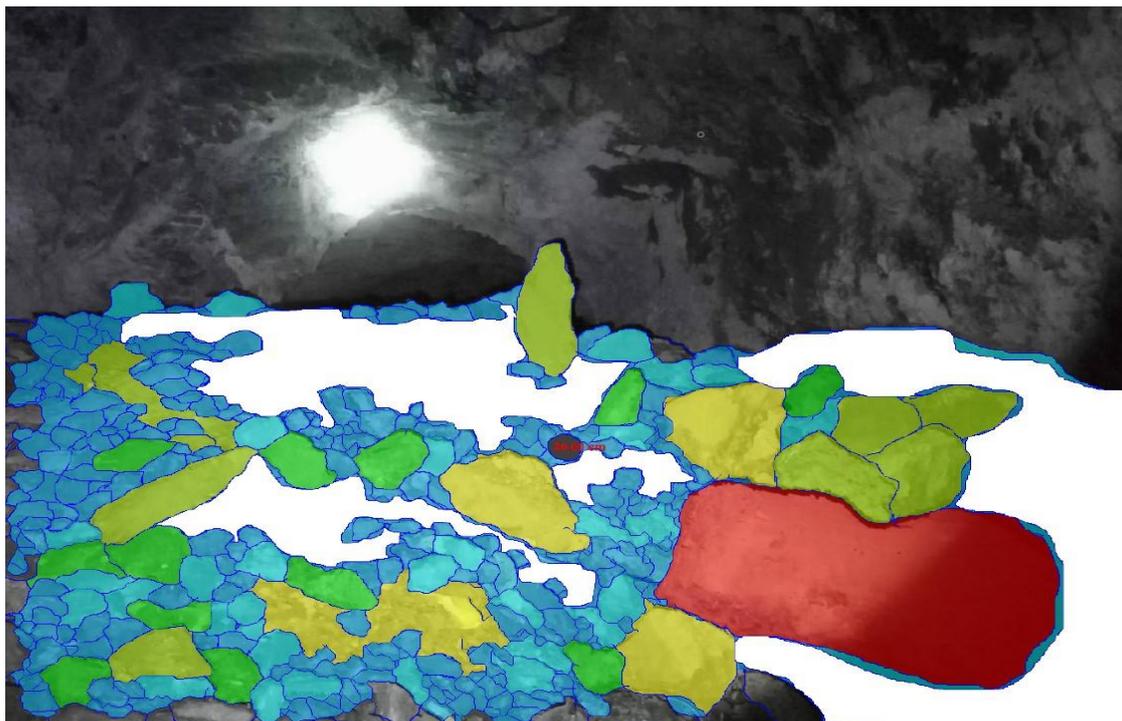
El estudio de análisis de Pareto considera la actividad principal del estudio como limpieza o acarreo de desmonte el cual representa un total de 50.90 horas (incide el 59.95%). Las otras actividades asociadas al presente estudio que representa 34 horas (incide el 40.05%), son actividades que están fuera de la actividad principal a ser desarrollada y las cuales se podría optimizar.

#### **4.4 Análisis del material acarreado**

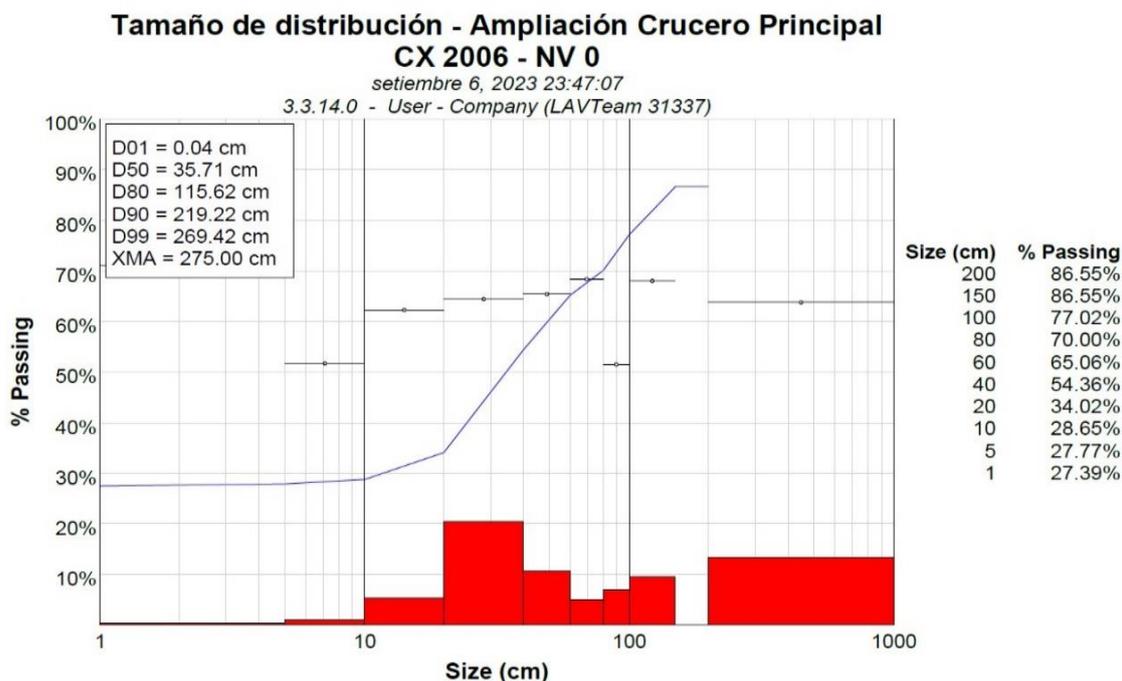
Para realizar el análisis de la capacidad efectiva de los equipos de acarreo *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante la ampliación del crucero principal CX 2006, en el Nv 0, se realizó el análisis de la granulometría del material post voladura y así relacionar con la sobrerotura asociada y su incidencia en el rendimiento del *scoop*.



**Figura 24. Material post voladura, crucero principal CX 2006**



**Figura 25. Análisis de imagen, material post voladura, crucero principal CX 2006**



**Figura 26. Tamaño de distribución, material post voladura, crucero principal CX 2006**

De acuerdo al análisis de granulometría en el material post voladura realizada en la ampliación del crucero principal CX 2006 - Nv 0, se considera el uso del software WipFrag 3.3, el que ayudó a entender el comportamiento de la

granulometría y la sobrerotura asociada, siendo el tamaño mínimo de 0.04 cm y el tamaño máximo de 275 cm.

**Tabla 17. Resumen de distribución, ampliación del crucero principal CX 2006**

<b>TAMAÑO DE DISTRIBUCIÓN - AMPLIACIÓN CRUCERO PRINCIPAL</b>		
<b>CX 2006 - NV 0</b>		
<b>ITEM</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CX 2006</b>
<b>HISTOGRAMA</b>		
Tamaño Mínimo	cm	0.04
Tamaño Máximo	cm	275.0
N° de Partículas Analizados		697
<b>DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA</b>		
El 50% pasa por una malla	cm	35.710
El 80% pasa por una malla	cm	115.62
El 90% pasa por una malla	cm	219.22
El 99% pasa por una malla	cm	269.42

De acuerdo con la sobrerotura obtenida durante los meses de mayo en 23.57 toneladas y en junio de 26.27 toneladas, se consideró realizar el análisis de la granulometría, la que es contrastada por los resultados obtenidos, siendo el tamaño de material post voladura entre el rango de 100 cm a 275 cm, el cual representa el 23 % de material acarreado.

Este análisis de granulometría posterior a la voladura ayudará a controlar el diseño de malla de perforación y control de la voladura, realizando un estudio de mayor detalle en el consumo de explosivo y accesorios de voladura, para controlar la liberación de energía y su efecto en la sobrerotura.

#### **4.5 Análisis económico de la sobrerotura en el CX 2006**

De acuerdo con los resultados obtenidos durante los meses de mayo y junio, cuyo incremento de la sobrerotura en 49.84 toneladas, afectaron directamente en un mayor costo unitario en el proceso de ampliación del crucero principal CX 2006, Nv 0, de secciones 3.5 x 3.5 m a secciones 5.0 x 5.0 m.

**Tabla 18. Precios unitarios ampliación del crucero principal CX 2006**  
**ESTRUCTURA DE COSTOS DE AMPLIACIÓN EN CX. 2006 - SECCIÓN 5 x 5 m**

PARÁMETROS DE AMPLIACIÓN DE CX 2006					
CLIENTE	CONTONGA MINERÍA SAC				
EJECUTA	TOVCOR INGENIEROS SAC		10.60		
PARAMETROS			Nº taladros : 40		
Área de ataque 1	Boca Mina Principal CX - 2006		Nº Talad. Alivio 4		
Sección Inicial	3.5	x	3.5	Longitud Real 12	pies
Sección Final	5	x	5	Longitud Perf. 11.04	pies
Castigo por efecto del arco	98%		Eficiencia Perf. 92%		
Tipo de roca :	SEMIDURA		Eficiencia Vol. 96%		
Malla de Perforación (m xm)			Pies/disp. : 441.60		
Avance por disparo (m/disparo)	3.23	m	Sistema Trabajo 20 x 10		
Volumen roto (m3)	40.36	m3	Horas trabajo 10.28		Horas /día
Factor de Esponjamiento	40%		Factor 1.29		
Volumen a Transportar	56.51	m3			

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Cantidad	Salario+BBSS	Vida	Parcial	COSTO
		(Hr)		(\$)	Util	(\$)	\$/ m.
<b>1.0</b>	<b>PERSONAL</b>						
	Operador de Jumbo	10.28	0.00	63.57		0.00	
	Ayudante Jumbiero	10.28	1.00	37.08		47.65	
	Operador de Scoop	10.28	1.00	52.98		68.07	
	Cargador de explosivo	10.28	0.50	39.73		25.53	
	Operador de utilitario	10.28	0.50	52.98		34.04	
	Operador de SCALER	10.28	0.50	58.27		37.44	
	Supervisor de Mina	10.28	0.33	61.81		26.21	
	<b>TOTAL PERSONAL</b>		<b>3.8</b>			<b>238.94</b>	<b>5.92</b>
<b>2.0</b>	<b>VOLADURA</b>						
	Emulnor 1000 1 1/4"x8"	Kg	0.00	1.85		0.00	
	Emulnon 3000 1 1/8"x12"	Kg	0.00	1.53		0.00	
	Emulsión 5000 1 1/2"x12"	Kg	0.00	1.66		0.00	
	Mecha rápida	M.	0.00	0.42		0.00	
	CARMEX	Pza.	0.00	1.12		0.00	
	<b>TOTAL VOLADURA</b>					<b>0.00</b>	<b>-</b>
<b>3.0</b>	<b>ACCESORIOS PERFORACION</b>						
	Broca Rimadora R32 de 4"	PP	0.00	0.53		0.00	
	Adaptador de Piloto para Broca R32x4"	PP	0.00	0.59		0.00	
	Broca Boart Loanger 45mm	PP	441.60	0.16		1.70	
	Barra R38 x 14 pies	PP	441.60	0.09		0.99	
	Shank adapter T38	PP	441.60	0.05		0.51	
	Coopling	PP	441.60	0.02		0.24	
	Afiladora de copas	PP	441.60	0.03		0.28	
	Aguzadora	PP	147.20	0.02		0.05	
	Barilla de acero de 14'	PP	441.60	0.12		1.31	
	Manguera 1"	m	50	3.11		3.85	
	<b>TOTAL ACCESORIOS PERF.</b>					<b>8.93</b>	<b>8.93</b>
<b>4.0</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>						
	Herramientas	%M.O	5%	5.92		0.30	
	<b>TOTAL HERRAMIENTAS</b>					<b>0.30</b>	<b>0.30</b>
<b>5.0</b>	<b>IMPLEMENTOS</b>						
	Implementos de Seguridad	%M.O	8%	5.92		0.47	
	<b>TOTAL IMPLEMENTOS</b>					<b>0.47</b>	<b>0.47</b>
<b>6.0</b>	<b>EQUIPOS</b>						
	Jumbo Axera DD 311, Longitud de brazo 14 pies	HM	2.4	0.00		0.00	
	Scoop LH 307 , 4.6 yd3	HM	2	0.00		0.00	
	Equipo SCALER3 LORENZANA	HM	1.6	0		0.00	
	Utilitario para servicios	HM	2	45		90.00	
						90.00	2.23
<b>7.0</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (S/ x m3)</b>						<b>17.85</b>
<b>8.0</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
<b>8.1</b>	<b>GASTOS GENERALES+COSTOS FIJOS</b>						-
<b>8.2</b>	<b>UTILIDAD 10%</b>	10.00%					1.78
<b>8.4</b>	<b>TOTAL COSTO INDIRECTO (S/m3)</b>						<b>1.78</b>
	<b>COSTO UNITARIO (\$ m3)</b>						<b>19.63</b>

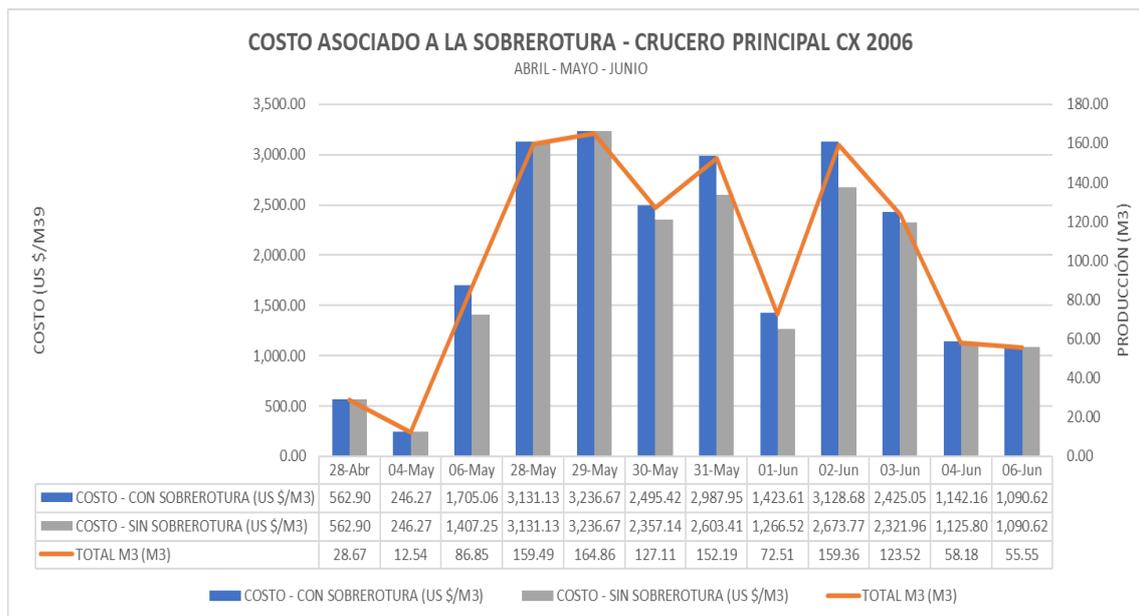
El costo unitario programado en la ampliación del crucero principal CX 2006, Nv 0 en la UM Contonga es de 19.03 \$/m<sup>3</sup>. Estos precios unitarios fueron calculados sin considerar la sobrerotura asociada. El presente estudio nos ayudará a entender la influencia de la sobrerotura generados en el mes de abril con 23.57 toneladas y en el mes de mayo con 26.27 toneladas en los costos unitarios de desarrollo del crucero principal CX 2006.

**Tabla 19. Costos de ampliación del crucero principal CX 2006, periodo abril a junio**

**COSTO AMPLIACIÓN DE CRUCERO PRINCIPAL - CX 2006**

ABRIL - MAYO - JUNIO

FECHA	HRS SCOOP	TONELADAS	M3	SOBREROTURA (M3)	TOTAL DE M3 (CON SOBREROTURA)	SIN SOBREROTURA COSTO (US \$/M3)	CON SOBREROTURA COSTO (US \$/M3)	INCREMENTO COSTO (US \$/M3)
28-Abr	4.00	80.85	28.67	0.00	28.67	562.90	562.90	0.00
04-May	5.50	35.37	12.54	0.00	12.54	246.27	246.27	820.63
06-May	6.00	202.14	71.68	15.17	86.85	1,407.25	1,705.06	
28-May	9.58	449.75	159.49	0.00	159.49	3,131.13	3,131.13	
29-May	6.58	464.91	164.86	0.00	164.86	3,236.67	3,236.67	
30-May	5.75	338.58	120.06	7.04	127.11	2,357.14	2,495.42	
31-May	12.00	373.95	132.61	19.59	152.19	2,603.41	2,987.95	
01-Jun	2.83	181.92	64.51	8.00	72.51	1,266.52	1,423.61	731.45
02-Jun	6.00	384.06	136.19	23.17	159.36	2,673.77	3,128.68	
03-Jun	16.48	333.52	118.27	5.25	123.52	2,321.96	2,425.05	
04-Jun	4.00	161.71	57.34	0.83	58.18	1,125.80	1,142.16	
06-Jun	5.17	156.66	55.55	0.00	55.55	1,090.62	1,090.62	
<b>Total</b>	<b>83.90</b>	<b>3,163.43</b>	<b>1,121.78</b>	<b>79.06</b>	<b>1,200.84</b>	<b>22,023.45</b>	<b>23,575.53</b>	<b>1,552.08</b>



**Figura 27. Costo asociado a la sobrerotura, crucero principal CX 2006**

El total de tonelaje acarreado programado durante el periodo de estudio fue de 1,121.78 m<sup>3</sup> y el ejecutado considerando la sobrerotura fue de 1,200.84 m<sup>3</sup>, siendo un incremento de 79.06 m<sup>3</sup> o de 222.94 toneladas (considerando una densidad de 2.82).

El costo total del tonelaje en la ampliación del crucero principal CX 2006 es de 22,023.45 \$/m<sup>3</sup> para el programado y de \$ 23,575.53 para el ejecutado considerando la sobrerotura. El incremento de costo para 79.06 m<sup>3</sup> de sobrerotura es de 1,552.08 US \$/m<sup>3</sup>, durante el desarrollo del presente estudio.

#### 4.6 Análisis de validación de la hipótesis

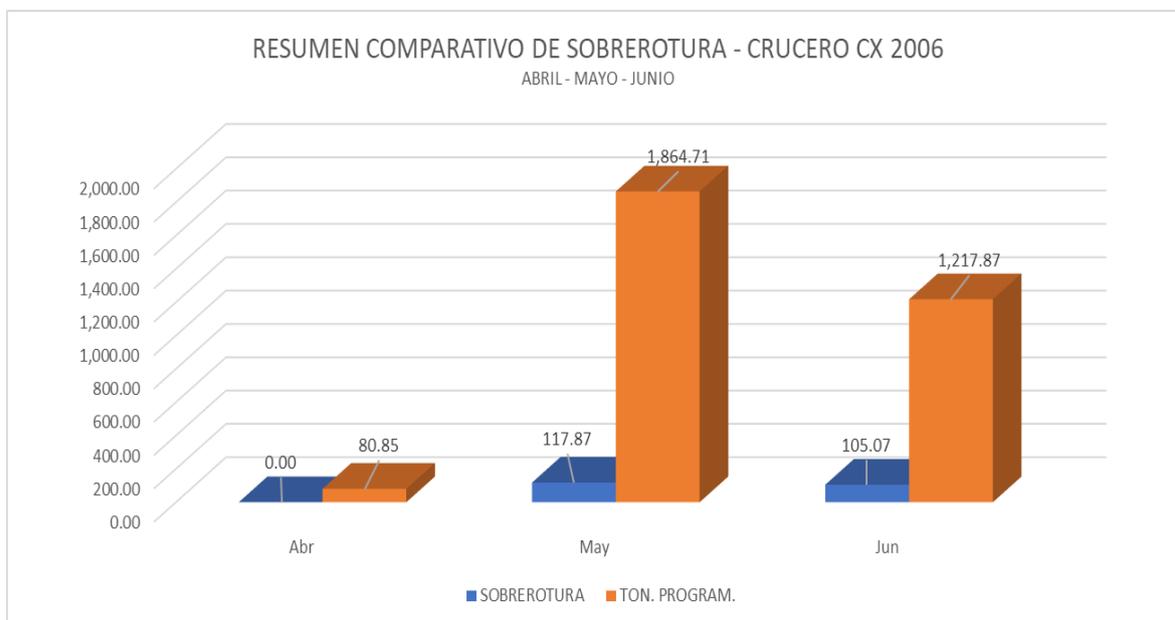
La presente tesis permite el análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006, de sección inicial de 3.5 x 3.5 metros a una sección de 5.0 x 5.0 metros para el control de la sobrerotura en la UEA Contonga. Las variables operacionales asociadas fueron el tonelaje y tiempo de acarreo, así como el análisis de las principales actividades de acarreo que influyeron en las horas efectivas de operación mediante la herramienta de Pareto, para luego analizar la granulometría posterior a la voladura y relacionar a la sobrerotura y su costo asociado.

a) Toneladas y tiempo de acarreo

El resumen comparativo de las toneladas y horas de acarreo relacionado a la sobre rotura influye directamente al rendimiento horario, en scoops de 6 yd<sup>3</sup>.

**Tabla 20. Resumen comparativo de toneladas, horas de acarreo y sobrerotura**

RESUMEN COMPARATIVO DE TONELADAS, HORAS DE ACARREO Y SOBREROTURA							
CRUCERO PRINCIPAL CX 2006							
FECHA	HRS SCOOP	TON. PROGRAM.	TON. EJECUT.	HORAS BUDGET	DIFER. HORAS	SOBREROTURA	REND (Ton/Hr)
Abr	4.00	80.85	80.85	10.2	6.20	0.00	20.21
May	45.42	1,864.71	1,982.58	61.2	15.78	117.87	41.06
Jun	34.48	1,217.87	1,322.94	51.0	16.52	105.07	35.32
<b>TOTAL</b>	<b>84.90</b>	<b>3,163.43</b>	<b>3,386.37</b>	<b>122.40</b>	<b>37.50</b>	<b>222.94</b>	<b>37.26</b>



**Tabla 21. Comparativo de tonelaje acarreado, scoop 4 yd<sup>3</sup>**

El desarrollo del presente trabajo de investigación durante los periodos de abril, mayo y junio, indican un incremento de tonelaje acarreado, siendo el tonelaje programado de 3,163.43 toneladas y el tonelaje ejecutado de 3,386.37 toneladas, siendo el incremento de sobrerotura en 222.94 toneladas.

Asimismo, el tiempo de acarreo programada durante el tiempo de estudio fue de 122.40 horas y el ejecutado fue de 84.90 horas, considerando un déficit de utilización de los equipos de acarreo en 38.50 horas. Este menor tiempo de uso en

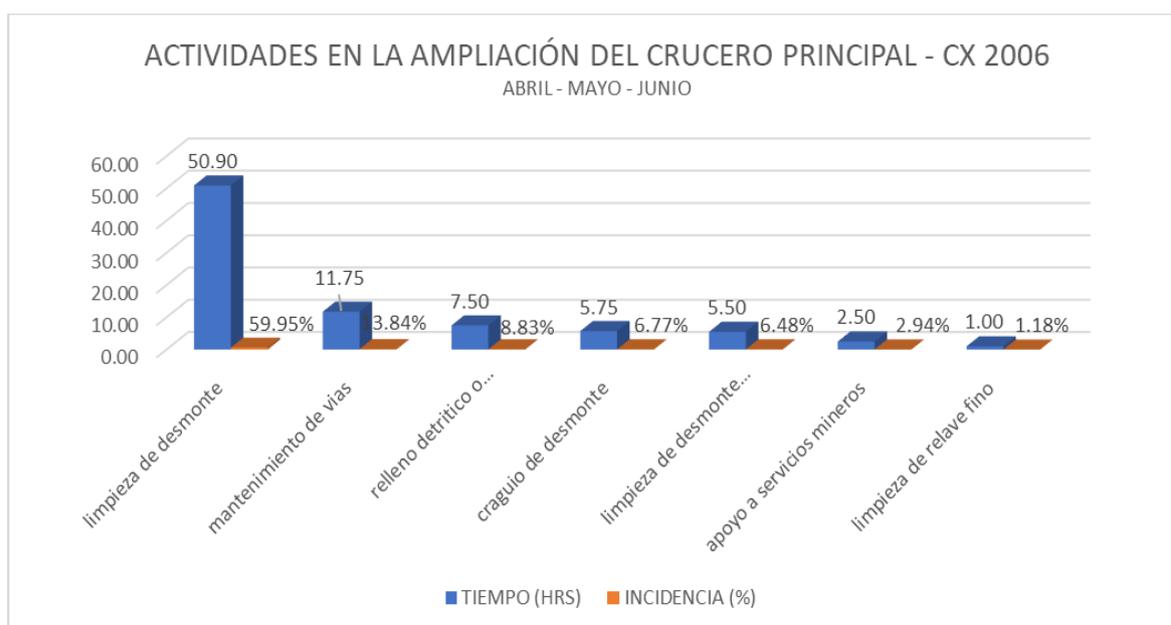
el proceso unitario de acarreo será analizado por sus actividades y ver la pérdida de tiempo operacional.

b) Actividades asociadas al tiempo de acarreo

Las actividades relacionadas al proceso de acarreo de desmonte en la ampliación del crucero principal CX 2006, permite analizar los tiempos asociados y discriminar del tiempo principal de la actividad limpieza de desmonte.

**Tabla 22. Actividades en la ampliación del crucero principal, CX 2006**

ACTIVIDADES EN LA AMPLIACIÓN DEL CRUCERO PRINCIPAL - CX 2006		
ABRIL - MAYO - JUNIO		
ACTIVIDAD	TIEMPO (HRS)	INCIDENCIA (%)
limpieza de desmonte	50.90	59.95%
mantenimiento de vias	11.75	13.84%
relleno detritico o convencional	7.50	8.83%
craguio de desmonte	5.75	6.77%
limpieza de desmonte acumulado	5.50	6.48%
apoyo a servicios mineros	2.50	2.94%
limpieza de relave fino	1.00	1.18%
TOTAL GENERAL	84.90	100.00%



**Figura 28. Actividades en la ampliación del crucero principal, CX 2006**

**Tabla 23. Resumen de actividades en la ampliación del crucero principal, CX 2006**

<b>RESUMEN ACTIVIDADES - CX 2006</b>		
ABRIL - MAYO - JUNIO		
ACTIVIDADES	TIEMPO (HRS)	INCIDENCIA (%)
Limpieza desmonte	50.90	59.95%
Otros	34.00	40.05%
Total	84.90	100.00%

El tiempo total de acarreo durante el estudio fue de 84.90 horas, siendo la actividad principal de limpieza de desmonte con 50.90 horas y las otras actividades secundarias al objetivo principal fueron de 34.0 horas.

La incidencia total de horas de limpieza de desmonte representa el 59,95 % y las actividades secundarias representan el 40.05 %.

Si bien es cierto que la utilización del scoop de 6 yd<sup>3</sup> fue orientado a desarrollar la actividad principal de limpieza de la ampliación del crucero principal CX 2006, está desarrollo otras actividades (secundarias) durante el desarrollo del presente estudio, afectando directamente en el rendimiento y cumplimiento del avance del crucero principal.

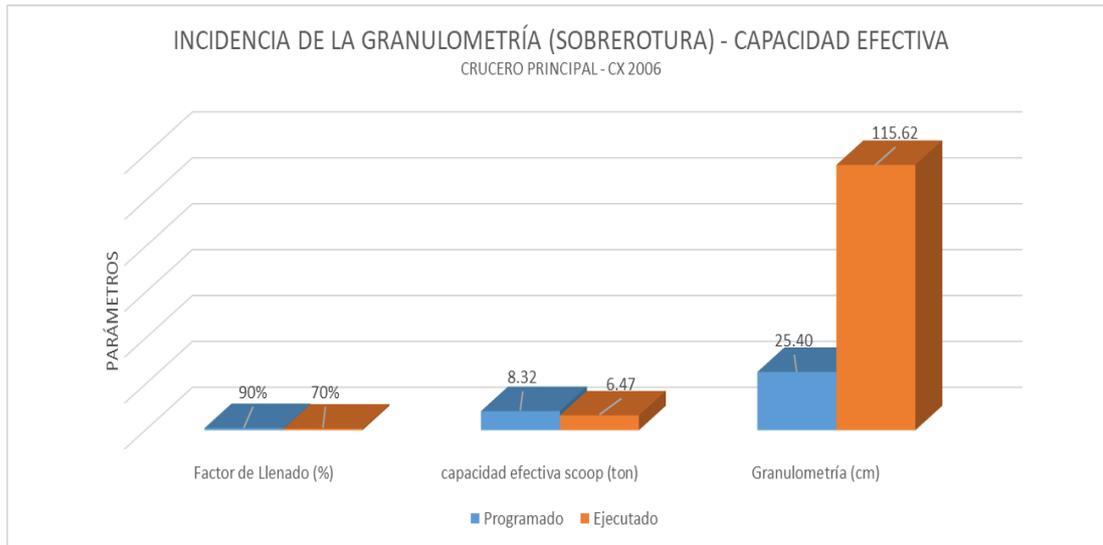
c) Capacidad efectiva, relacionado a la granulometría

El análisis de la granulometría en el desarrollo de la ampliación del crucero principal CX 2006, está directamente relacionado al factor de llenado (resultado de la voladura – granulometría) y a la sobrerotura generada post voladura.

**Tabla 24. Resumen de capacidad efectiva, scoop 6 yd<sup>3</sup>**

**RESUMEN DE CAPACIDAD EFECTIVA - SCOOP 6 YD3**

CRUCERO CX 2006		
	Programado	Ejecutado
Capc. Balde (Yd3)	6	6
Factor de Llenado (%)	90%	70%
Factor esponjamiento (%)	40%	40%
Densidad Insitu (t/m3)	2.82	2.82
Capacidad balde (m3)	4.59	4.59
capacidad efectiva scoop (ton)	8.32	6.47
Granulometría (cm)	25.40	115.62



**Figura 29. Incidencia de la granulometría en la capacidad efectiva, CX 2006**

Uno de los parámetros que incide directamente en la capacidad efectiva de los scoops de 6 yd<sup>3</sup> para la ampliación del crucero principal CX 2006 es el factor de llenado, el cual es influenciado directamente por la granulometría post voladura.

El factor de llenado en el escenario programado es del 90 % considerando una granulometría de 25.40 cm (10 pulgadas), generando una capacidad efectiva de los scoops en 8.32 t/viaje.

Así mismo, el factor de llenado en el escenario ejecutado (considerando la sobrerotura) es del 70 % considerando una granulometría de 115.62 cm (45.52 pulgadas), generando una capacidad efectiva de los scoops en 6.47 t/viaje.

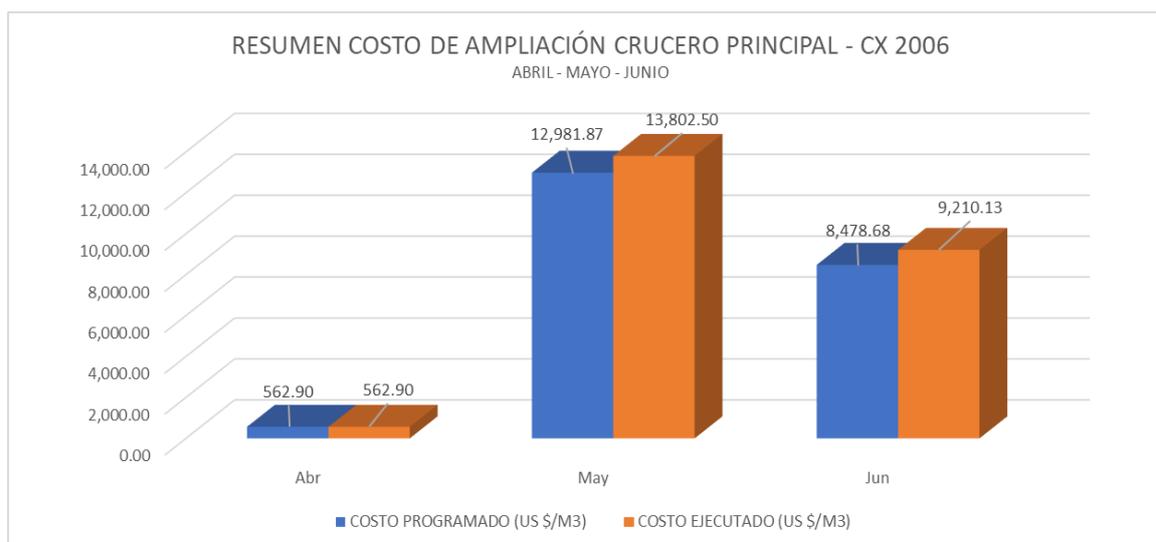
El mayor incremento de la granulometría producto de la sobrerotura en tamaños mínimos de 0.04 cm y tamaños máximos de 275 cm, generaron un menor rendimiento producto de la disminución de la capacidad efectiva en 1.85 ton/viaje.

#### d) Costos de Ampliación del crucero principal CX 2006

Los resultados obtenidos en el tonelaje y sobrerotura, producto de la ampliación del crucero principal CX 2006 de secciones de 3.5 x 3.5 metros a secciones de 5.0 x 5.0 metros, incidieron directamente en la granulometría y capacidad efectiva de los scoops de 6 yd<sup>3</sup>, disminuyendo su rendimiento e incrementando los costos asociados,

**Tabla 25. Resumen de costo de ampliación del crucero principal, CX 2006**

RESUMEN DE COSTO DE AMPLIACIÓN CRUCERO PRINCIPAL - CX 2006						
ABRIL - MAYO - JUNIO						
FECHA	TONELADAS	M3	SOBREROTURA (M3)	SIN SOBREROTURA COSTO (US \$)	CON SOBREROTURA COSTO (US \$)	INCREMENTO COSTO (US \$)
Abr	80.85	28.67	0.00	562.90	562.90	0.00
May	1,864.71	661.24	41.80	12,981.87	13,802.50	820.63
Jun	1,217.87	431.87	37.26	8,478.68	9,210.13	731.45
<b>Promedio</b>	<b>3,163.43</b>	<b>1,121.78</b>	<b>79.06</b>	<b>22,023.45</b>	<b>23,575.53</b>	<b>1,552.08</b>



**Figura 30. Resumen costo de ampliación crucero principal, CX 2006**

Durante el desarrollo del presente estudio, periodos de abril, mayo y junio, se genera un tonelaje de 3,163.43 toneladas o 1,121.78 m<sup>3</sup> y considera una sobrerotura de 79.06 m<sup>3</sup>.

El costo asociado al tonelaje sin considerar sobrerotura fue de 22,023.45 \$ y el costo asociado con sobrerotura fue de 23,575.53. El presente análisis de la sobrerotura influyó directamente en el incremento de costos en 1,552.08 \$ durante la ejecución del presente estudio.

## CONCLUSIONES

1. La presente tesis realiza el análisis de las variables operacionales en la ampliación del crucero principal CX 2006, de sección inicial de 3.5 x 3.5 metros a una sección de 5.0 x 5.0 metros para el control de la sobrerotura en la UEA Contonga.
2. Las variables operacionales asociadas fueron el tonelaje y tiempo de acarreo, así como el análisis de las principales actividades de acarreo que influyeron en las horas efectivas de operación mediante la herramienta de Pareto, para luego analizar la granulometría posterior a la voladura y relacionar a la sobrerotura y su costo asociado.
3. El desarrollo del presente trabajo de investigación durante los periodos de abril, mayo y junio indican un incremento de tonelaje acarreado, siendo el tonelaje programado de 3,163.43 toneladas y el tonelaje ejecutado de 3,386.37 toneladas, siendo el incremento de sobrerotura en 222.94 toneladas.
4. El tiempo de acarreo programado durante el tiempo de estudio fue de 122.40 horas y el ejecutado fue de 84.90 horas, considerando un déficit de utilización de los equipos de acarreo en 38.50 horas. Este menor tiempo de uso en el proceso unitario de acarreo será analizado por sus actividades y ver la pérdida de tiempo operacional.
5. El tiempo total de acarreo durante el estudio fue de 84.90 horas, siendo la actividad principal de limpieza de desmonte con 50.90 horas y las otras actividades secundarias al objetivo principal fueron de 34.0 horas. La incidencia total de horas de limpieza de desmonte representa el 59,95 % y las actividades secundarias representan el 40.05 %.

6. El factor de llenado en el escenario programado es del 90 % considerando una granulometría de 25.40 cm (10 pulgadas), generando una capacidad efectiva de los scopps en 8.32 t/viaje.
7. El factor de llenado en el escenario ejecutado (considerando la sobrerotura) es del 70 % considerando una granulometría de 115.62 cm (45.52 pulgadas), generando una capacidad efectiva de los scopps en 6.47 t/viaje.
8. El mayor incremento de la granulometría producto de la sobrerotura en tamaños mínimos de 0.04 cm y tamaños máximos de 275 cm generaron un menor rendimiento producto de la disminución de la capacidad efectiva en 1.85 t/viaje.
9. El costo asociado al tonelaje sin considerar sobrerotura fue de 22,023.45 \$ y el costo asociado con sobrerotura fue de 23,575.53.
10. Finalmente, el análisis de la sobrerotura influyó directamente en el incremento de costos en 1,552.08 \$ durante la ejecución del presente estudio.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar realizando estudios similares de sobrerotura en labores de preparación y explotación, considerando el detalle de los diferentes dominios geomecánicos y geometalúrgicos, considerando la influencia en la dilución y recuperación de mineral.
2. Se recomienda realizar estudios de la granulometría (P80) en los diferentes tajos de producción y determinar el rendimiento asociado a las etapas de carguío, acarreo y conminución.
3. Se recomienda realizar estudios de costos unitarios, producto del análisis de la granulometría y dilución asociada en los diferentes tajos de producción.
4. Asimismo, realizar estudios de análisis de información o *big data* para generar modelos de predictibilidad en los procesos unitarios de perforación y voladura, para el control de la fragmentación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, C. Modelamiento numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por Sublevel Stopping. Tesis (Título de Magíster en Minería). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2015, 221 pp.
2. REBOLLEDO, F. Desarrollo de metodología de diseño y planificación de tronadura controlada para administrar y controlar riesgos geotécnicos. Tesis (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2018, 96 pp.
3. CEMA, Y. Reducción de la sobrerotura mediante la perforación y voladura controlada en la profundización de la rampa 210 mina Coturcan – 2022. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Santiago Antunez de Mayolo, 2022, 111 pp.
4. BELITO, Y. Reducción de sobrerotura mediante el uso de voladura controlada del precorte en el crucero Cx 1160 del nivel 2360 de la zona candelaria de la Cía. Consorcio Minero Horizonte – 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2021.
5. MENDOZA, P. Reducción de los costos de voladura e incremento del avance lineal, usando emulsiones encartuchadas en Cía. Minera Yanaquihua S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2021.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

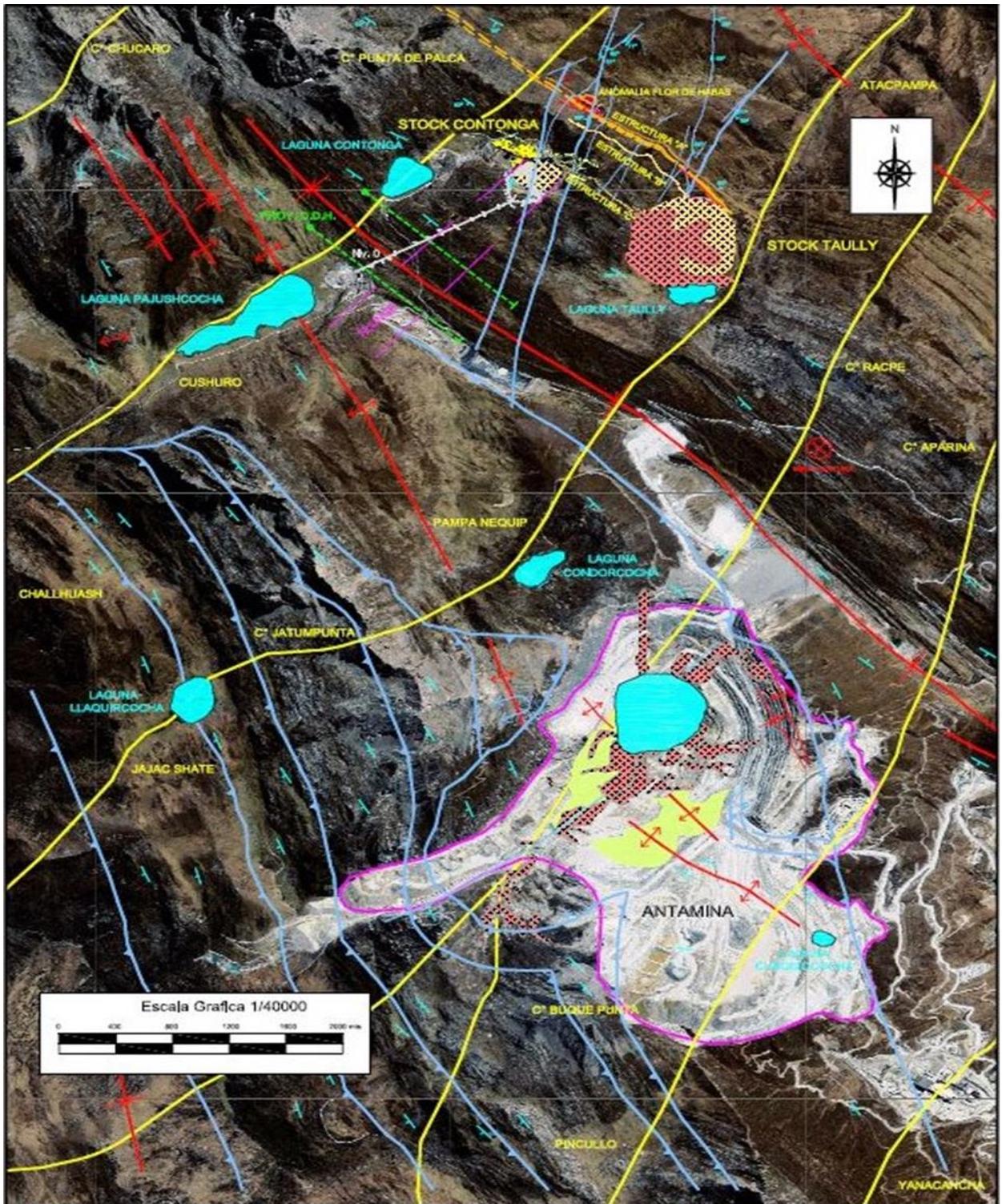
### Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables**

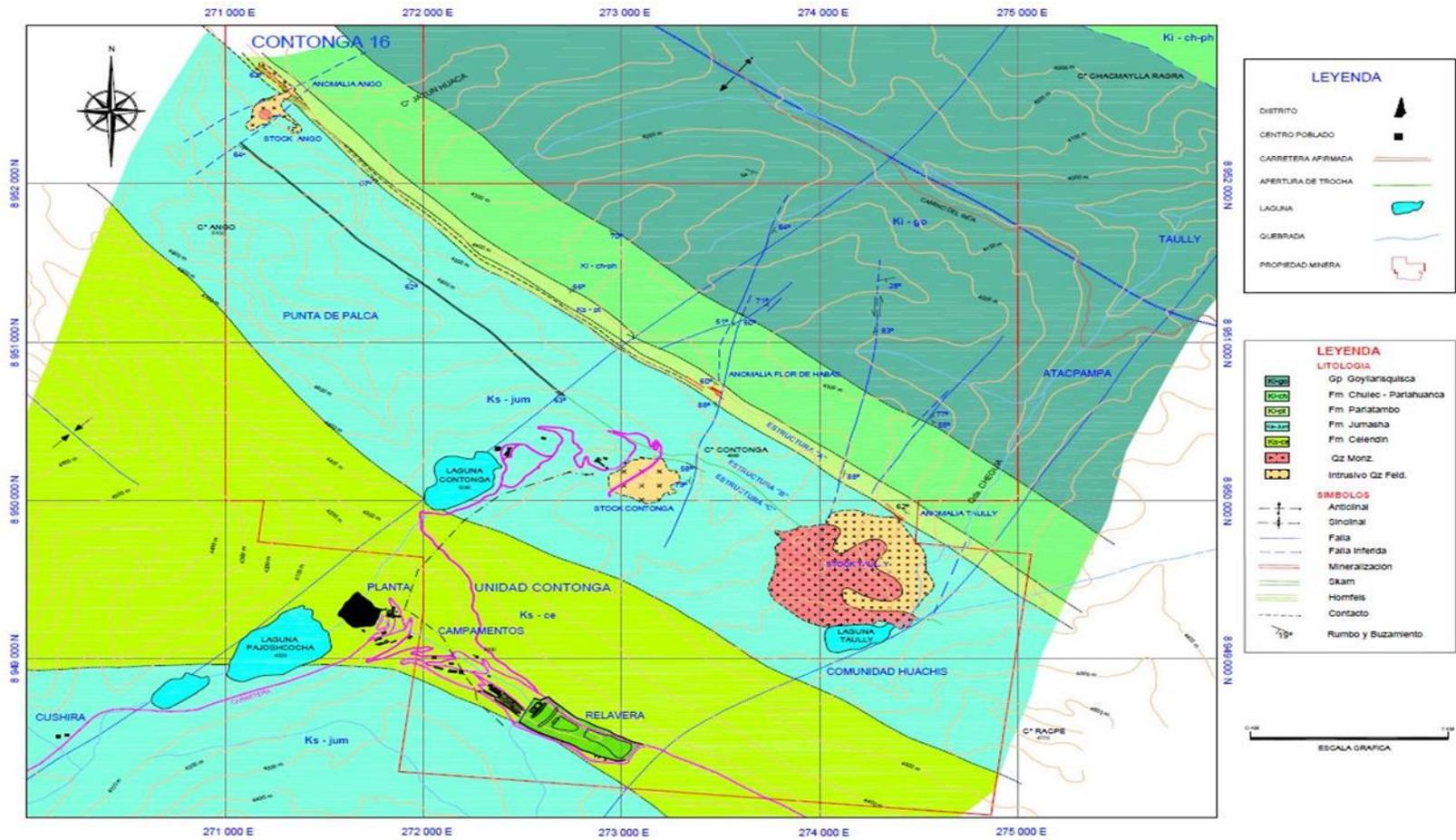
Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Control de la sobrerotura del crucero principal CX 2006	El efecto que genera la sobrerotura influye directamente en los KPIs de la unidad minera, incidiendo en un mayor tonelaje acarreado, mayor tiempo y variables económicas asociadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominio Geológico</li> <li>• Dominio Geomecánico</li> <li>• Parámetros Operacionales</li> </ul>	Variabilidad geológica  Variabilidad de dominios geomecánicos  Variabilidad de indicadores operacionales	Tipo de roca, alteración, densidad, dureza, etc.  Propiedades físicas del macizo rocoso, como dureza, RMR, GSI, etc.  Toneladas acarreadas, tiempo de acarreo, capacidad efectiva, etc.
VD:  Análisis de las variables operacionales como tonelaje, tiempo y costos de acarreo.	Analizar las variables operacionales asociados a la sobrerotura en el CX 2006, ayudará a explicar el comportamiento y rendimiento operacional..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de operación en equipos de acarreo.</li> <li>• Indicadores de capacidad efectiva en equipos de acarreo.</li> </ul>	Programa de avance del CX 2006  Rendimiento de scoops de 6 yd <sup>3</sup> .	Producción, tiempo de acarreo, actividades unitarias de acarreo, etc.  Capacidad efectiva, tiempo de acarreo, grado de fragmentación, etc.

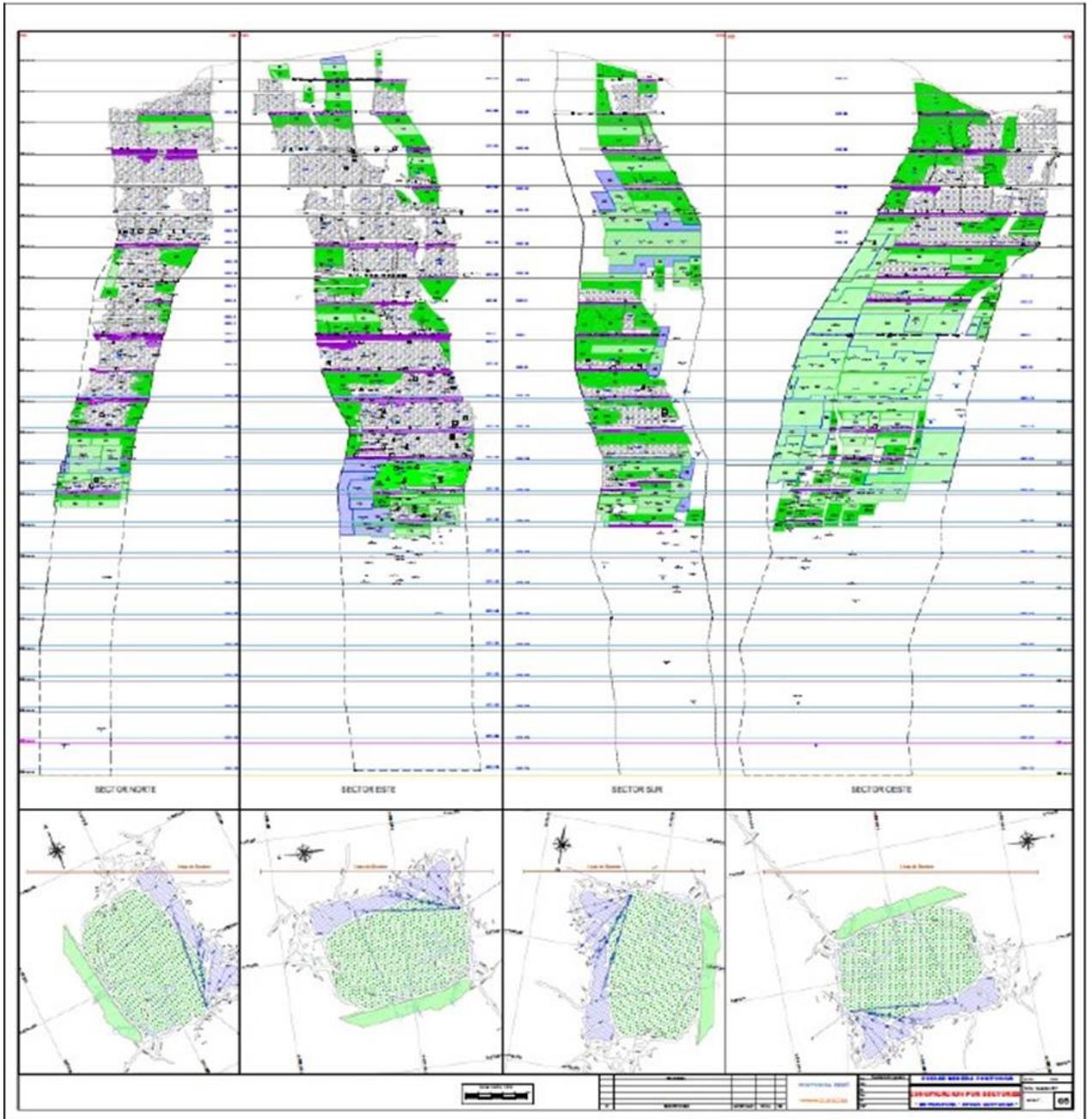
## Anexo B

### Planos en planta y perfil

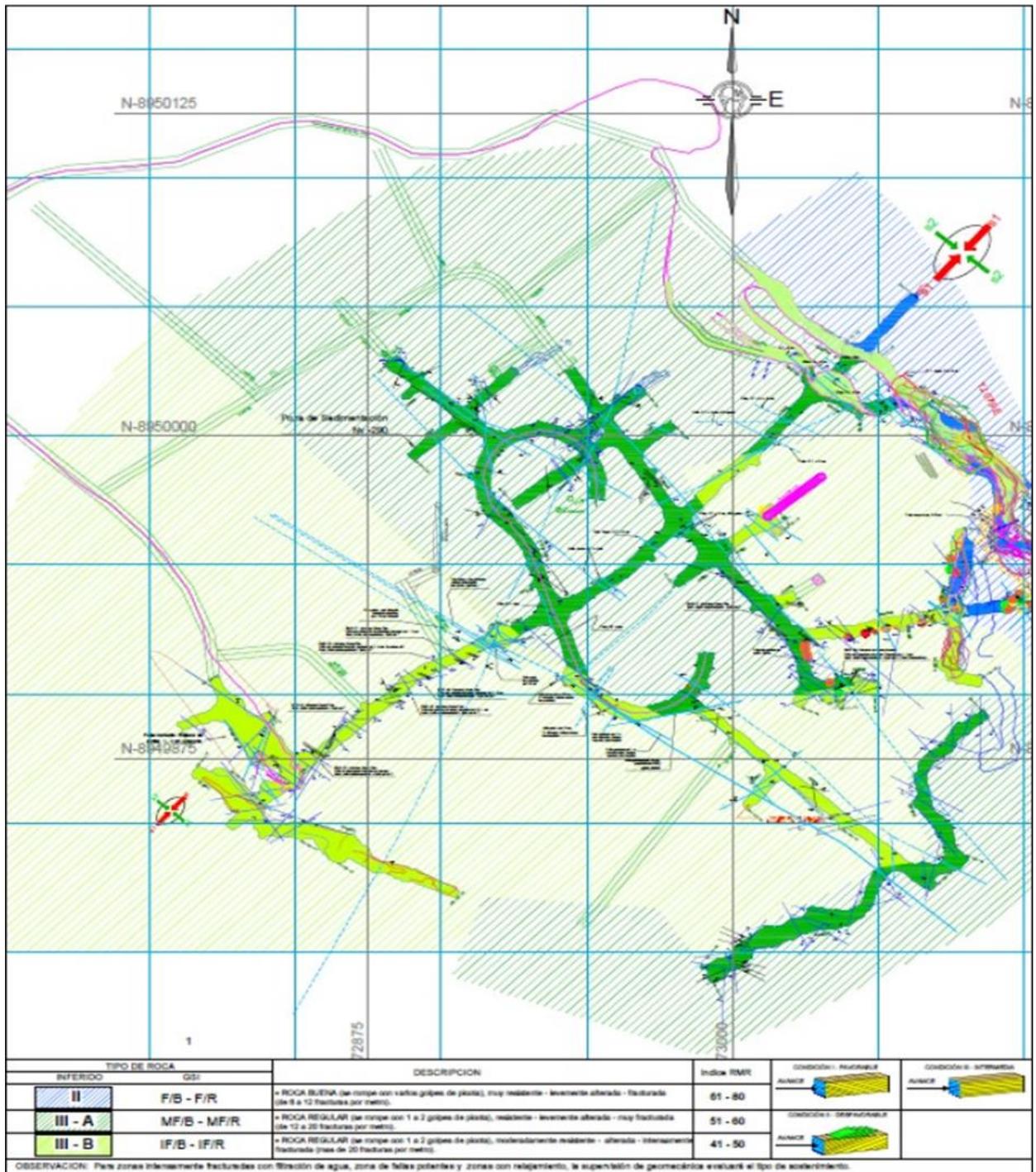


**Figura 2. Geología regional de la UEA Contonga  
Tomada del Área de Geología**

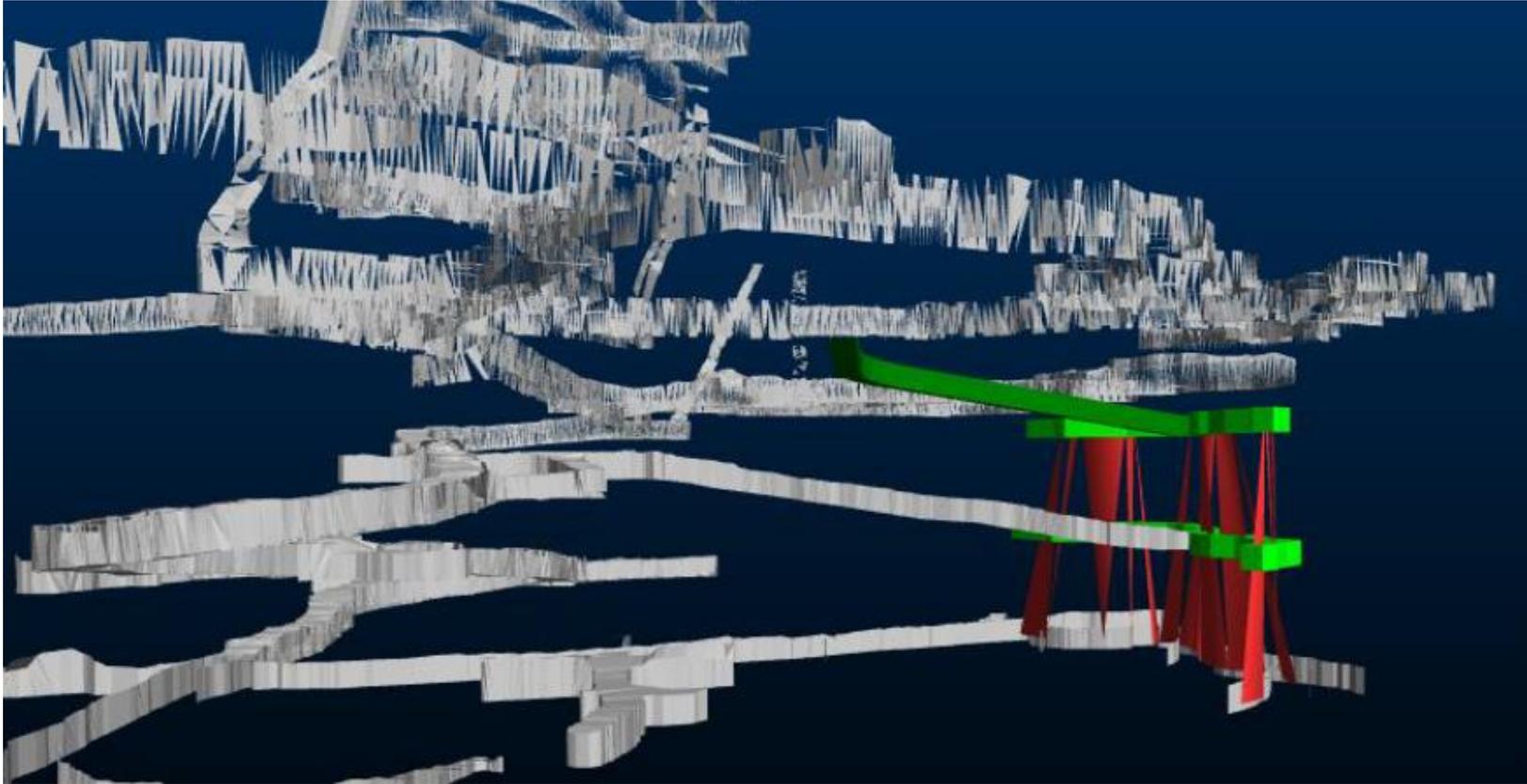




**Figura 6. Zonificación geomecánica, perfil de sectores de la UEA Contonga  
Tomada del Área de Geomecánica**



**Figura 7. Zoneamiento geomecánico por subniveles de la UEA Contonga  
Tomada del Área de Geomecánica**



*Figura 9. Vista 3d, tajos piloto, método de minado por subniveles en la UEA Contonga  
Tomada del Área de Planeamiento*

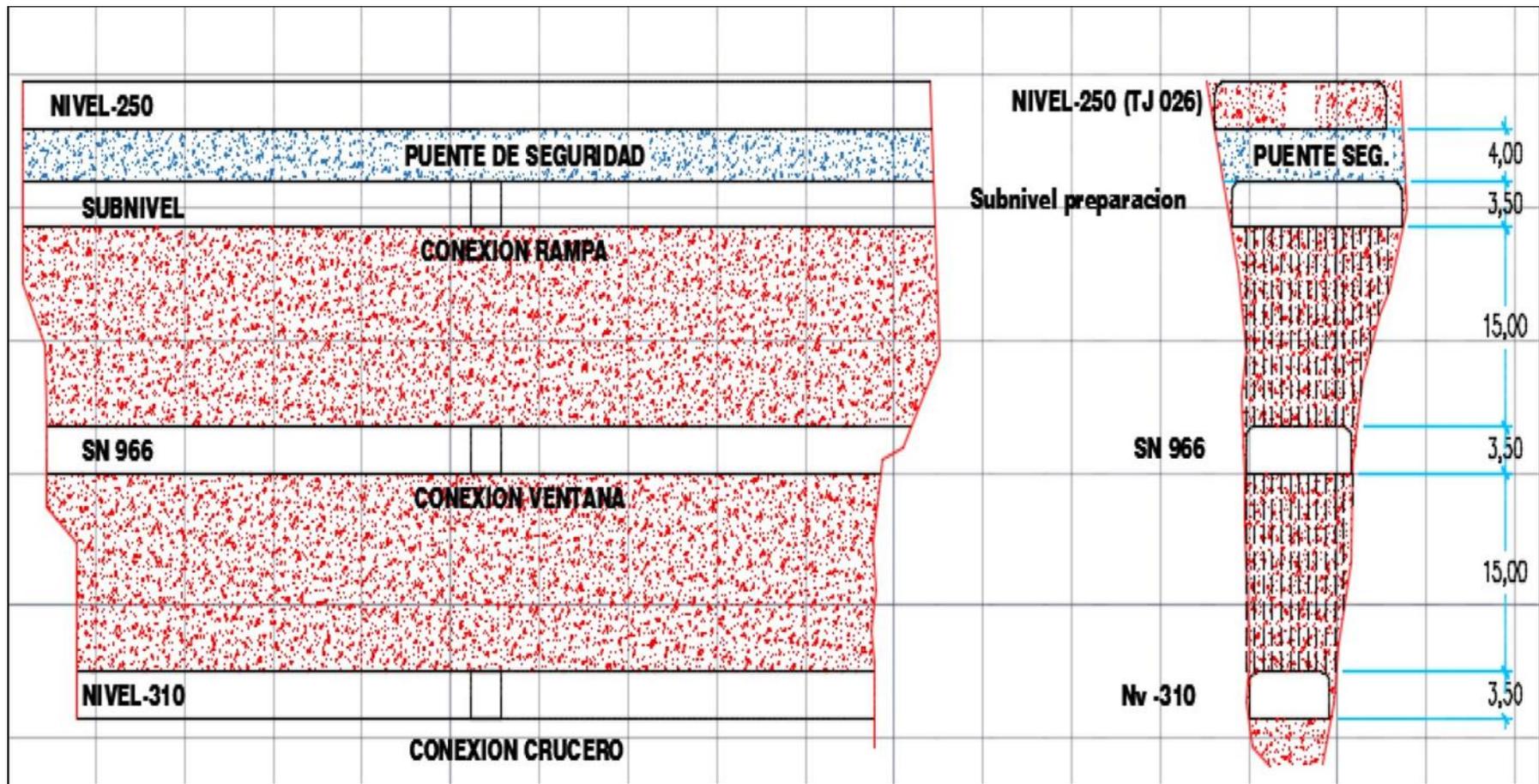
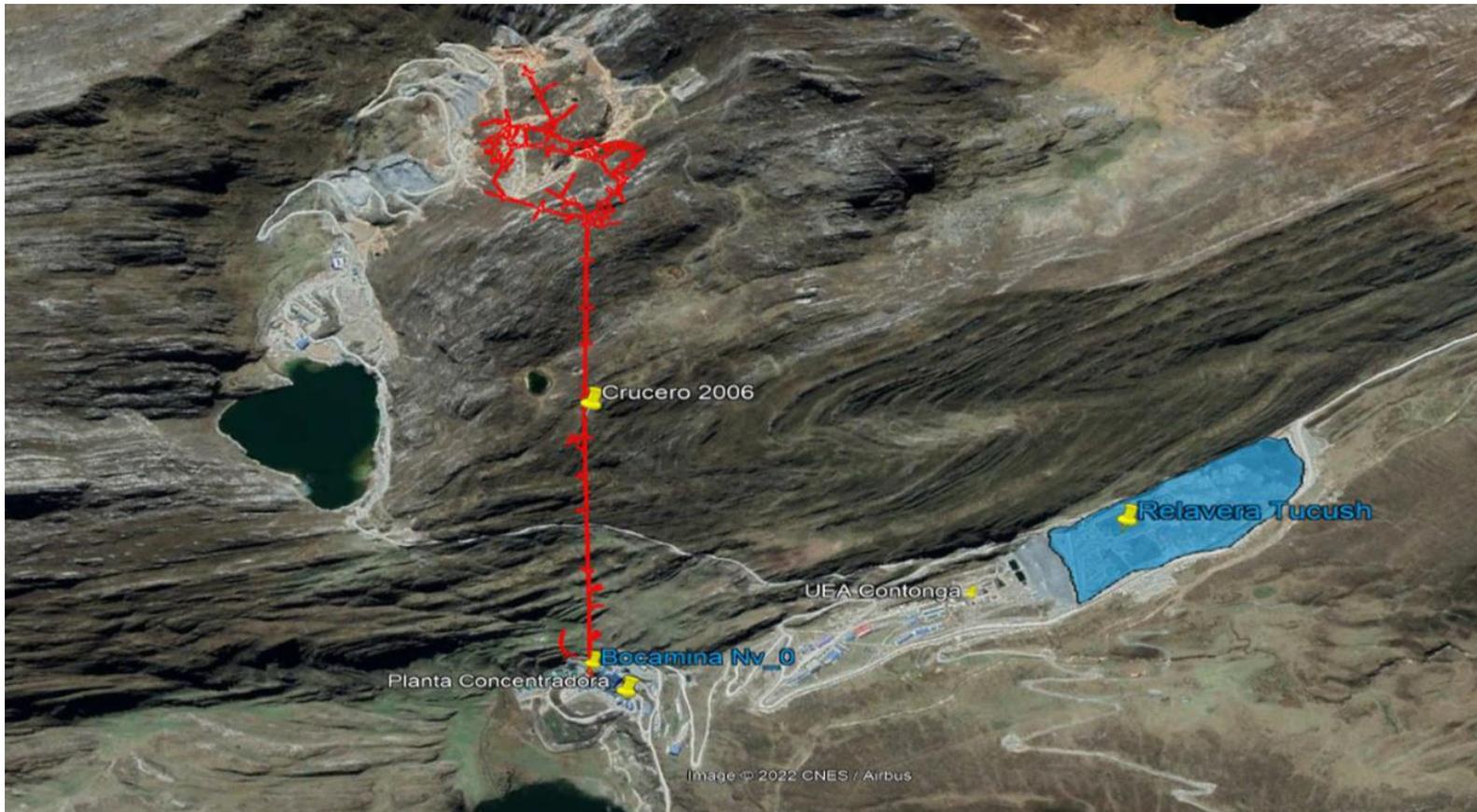


Figura 10. Diseño de vista en sección del método de minado por subniveles en la UEA Contonga Tomada del Área de Planeamiento



### Anexo 3

### Imágenes



**Figura 11. Vista en planta del proyecto de ampliación, crucero principal CX 2006 en la UEA Contonga  
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 16. Granulometría post voladura, ampliación del crucero principal CX 2006.**



**Figura 16.1. Granulometría post voladura, ampliación del crucero principal CX 2006.**

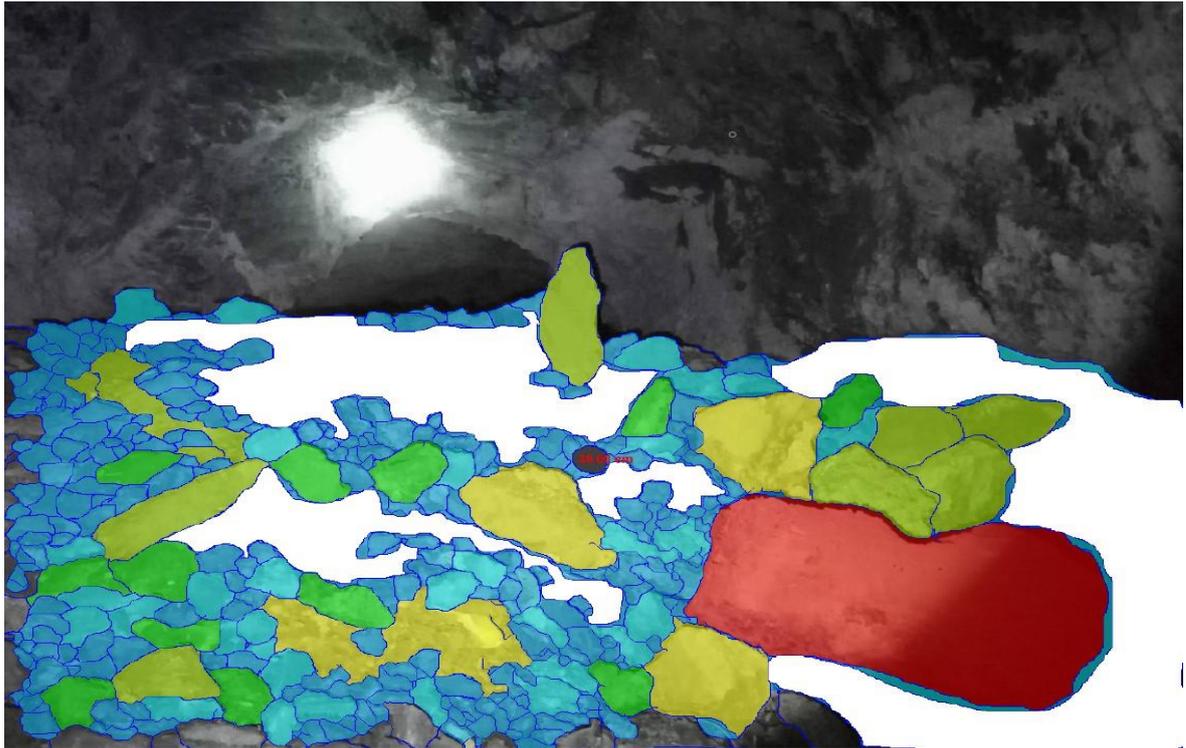


Figura 25. Análisis de imagen, material post voladura, crucero principal CX 2006

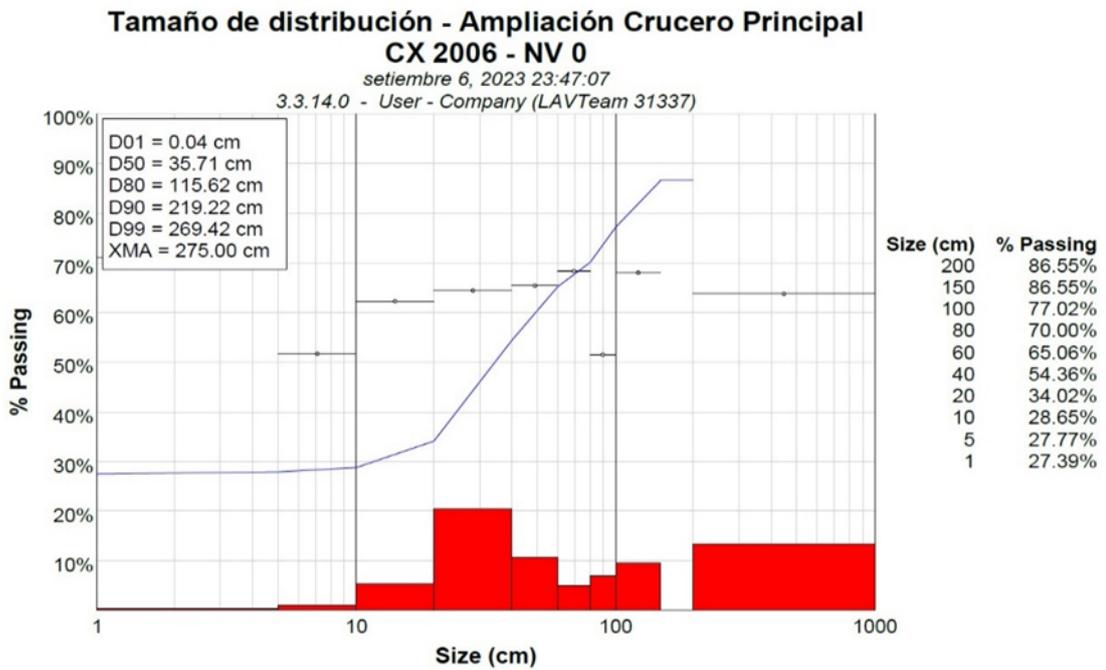


Figura 26. Tamaño de distribución, material post voladura, crucero principal CX 2006