

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales del  
método de minado bench and fill para la mejora  
de la producción en la veta 658 – NV 1370 de la  
Unidad Minera San Cristóbal - Volcan CIA.  
minera SAA, 2022**

Miguel Angel Cuadros Espinoza

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** : 9 de Setiembre 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 DEL MÉTODO DE MINADO BENCH AND FILL PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN LA VETA 658 – NV 1370 DE LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL – VOLCAN CIA. MINERA SAA, 2022", perteneciente al estudiante MIGUEL ANGEL CUADROS ESPINOZA, 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 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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

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

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

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, MIGUEL ANGEL CUADROS ESPINOZA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 20596127, 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 DEL MÉTODO DE MINADO BENCH AND FILL PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN LA VETA 658 - NV 1370 DE LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL - VOLCAN CIA. MINERA SAA, 2022", 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.

14 de setiembre de 2023.

**La firma del autor y del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

# ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DEL MÉTODO DE MINADO BENCH AND FILL PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN LA VETA 658 – NV 1370 DE LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL – VOLCAN CIA. MINERA SAA, 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1 Submitted to Universidad Continental 10%  
Trabajo del estudiante

2 hdl.handle.net 6%  
Fuente de Internet

3 repositorio.undac.edu.pe <1%  
Fuente de Internet

4 repositorio.uncp.edu.pe <1%  
Fuente de Internet

5 Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga <1%  
Trabajo del estudiante

6 repositorio.uap.edu.pe <1%  
Fuente de Internet

7 repositorio.unasam.edu.pe <1%  
Fuente de Internet

repositorio.unsa.edu.pe

8	Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://www.trabajo.gob.pe">www.trabajo.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
14	(6-29-03) <a href="http://157.92.20.135/AGA/56(1)res.htm">http://157.92.20.135/AGA/56(1)res.htm</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.parana.gov.ar">www.parana.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **ASESOR**

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro señor Dios todo poderoso por haber guiado mi camino en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi tutor: Ing. Javier Carlos Córdova Blancas, por haber aceptado el asesoramiento en este proyecto, por su dedicación, comprensión, paciencia, respeto y profesionalismo, gracias a eso no me resultó complejo desarrollar este trabajo.

A Volcan Compañía Minera S. A. A. por haberme acogido en el trabajo y poder desarrollarme en lo personal y profesional.

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta tesis primeramente a mi Dios todopoderoso, gracias a él doy por concluido esta etapa de mi vida.

A las personas que estuvieron conmigo en todo momento siendo mi soporte y motivación y son lo que más amo.

A mi amada esposa Lesly y mis hijos: Megan, Iron y Cattleya que están a mi lado brindándome su apoyo, comprensión, tolerancia e infinita paciencia. Cedieron su tiempo para que “papá estudie”.

A mis padres, por el apoyo incondicional y por estar en momentos especiales en mi vida, muchas gracias por forjar en mí, un buen profesional y una persona de bien.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA -----	I
ASESOR -----	IV
AGRADECIMIENTO -----	V
DEDICATORIA -----	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	VII
ÍNDICE DE TABLAS -----	X
ÍNDICE DE FIGURAS -----	XII
RESUMEN-----	XIV
ABSTRACT -----	XVI
INTRODUCCIÓN -----	XVII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	18
1.1.1. Planteamiento del problema -----	18
1.1.2. Formulación del problema -----	19
1.2. Objetivos-----	19
1.2.1. Objetivo general -----	19
1.2.2. Objetivos específicos -----	19
1.3. Justificación e importancia -----	19
1.3.1. Justificación social - práctica-----	20
1.3.2. Justificación académica -----	20
1.3.3. Justificación económica -----	20
1.4. Hipótesis de la investigación -----	21
1.4.1. Hipótesis general-----	21
1.4.2. Hipótesis específicas-----	21
1.5. Identificación de las variables -----	21
1.5.1. Variable independiente -----	21
1.5.2. Variables dependientes -----	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-----	23
2.1. Antecedentes del problema-----	23
2.1.1. Antecedentes internacionales -----	23

2.1.2. Antecedentes nacionales -----	24
2.2. Generalidades de la unidad minera -----	25
2.2.1. Historia -----	25
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	25
2.3. Geología general -----	27
2.3.1. Geología local -----	27
2.3.2. Evolución tectónica y geología estructural -----	29
2.3.3. Mineralización presente -----	31
2.3.4. Reservas minerales -----	32
2.4. Consideraciones geomecánicas del método de minado -----	32
2.5. Bases teóricas del estudio -----	35
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	50
3.1. Método y alcances de la investigación -----	50
3.1.1. Método de la investigación -----	50
3.1.2. Alcances de la investigación -----	51
3.2. Diseño de la investigación -----	51
3.2.1. Tipo de diseño de investigación -----	51
3.3. Población y muestra -----	52
3.3.1. Población -----	52
3.3.2. Muestra -----	52
3.3.3. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	52
3.3.4. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	52
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	53
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	53
4.1.1. Análisis del plan de producción programado -----	53
4.1.2. Análisis del plan de producción programado zona 2 -----	56
4.1.3. Análisis del plan de producción ejecutado V658 – Nv 1370 - Tj_SP5W ---	58
4.1.4. Análisis del plan de producción V658 – Nv 1370 - Tj_SP5W con la dilución asociada -----	60
4.1.5. Análisis de la producción de la veta V658 – Nv 1370 - Tj_SP5W con el tonelaje diluido -----	70

4.1.6. Análisis del ancho de minado de la veta V658 – Nv 1370 - Tj_SP5W con la dilución asociada -----	73
4.2. Validación de las hipótesis -----	76
CONCLUSIONES -----	82
RECOMENDACIONES -----	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	85
ANEXOS -----	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables .....	22
Tabla 2. Accesibilidad de la mina San Cristobal.....	25
Tabla 3. Reservas de la mina San Cristobal .....	32
Tabla 4. Características geomecánicas .....	35
Tabla 5. Familias de discontinuidades .....	37
Tabla 6. Clasificación geomecánica del macizo rocoso, RMR de Bieniawski .....	38
Tabla 7. Clasificación geomecánica del macizo rocoso, RMR de Bieniawski .....	38
Tabla 8. Parámetros de Índice Q.....	40
Tabla 9. Parámetros de Índice Q.....	43
Tabla 10. Parámetros de diseño de minado.....	45
Tabla 11. Análisis de sobre rotura y dilución esperada .....	45
Tabla 12. Plan de producción programada, periodo 2022.....	49
Tabla 13. Programa de producción programado – periodo enero a diciembre 2022 .....	55
Tabla 14. Programa de producción programado, zona 2 del periodo enero a diciembre 2022 .....	57
Tabla 15. Programa de producción programada y ejecutada de la veta V658-Nv1370_Tj SP 5W, periodo julio a octubre 2022 .....	59
Tabla 16. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658- Nv1370_Tj SP 5W, periodo julio.....	61
Tabla 17. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658- Nv1370_Tj SP 5W, periodo agosto .....	62
Tabla 18. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658- Nv1370_Tj SP 5W, periodo setiembre .....	65
Tabla 19. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658- Nv1370_Tj SP 5W, periodo octubre .....	66
Tabla 20. Resumen de la producción y la dilución asociada a la veta V658- Nv1370_Tj SP 5W, periodo julio a octubre.....	69
Tabla 21. Resumen tonelaje programado – ejecutado y tonelaje diluido de la veta 658 .....	71

Tabla 22. Resumen de ancho de minado programado – ejecutado y la dilución de la veta 658 .....	73
Tabla 23. Resumen variables programado y ejecutado, periodo julio - agosto de la veta 658.....	76
Tabla 24. Resumen variables programado y ejecutado, periodo setiembre-octubre, veta 658.....	78
Tabla 25. Resumen de variables operacionales por etapas, periodo julio-octubre, veta 658 .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina San Cristobal.....	26
Figura 2. Geología local .....	28
Figura 3. Dominio estructural .....	30
Figura 4. Sección longitudinal, mineralización presente en el grupo Pucará .....	31
Figura 5. Geología global de la zona del proyecto, veta 658 – Nv.1370 Sector Sp5.....	33
Figura 6. Unidades geotécnicas de la zona del proyecto, veta 658 – Nv.1320 ....	34
Figura 7. Diagrama estereográfico de compósito de contornos .....	36
Figura 8. Diagrama de compósitos de familias principales .....	36
Figura 9. Diagrama de rosetas del sistema estructural .....	37
Figura 10. Plano geomecánico de la veta 658 – Nv 1370 .....	38
Figura 11. Análisis de estabilidad de aberturas máximas de la veta 658 – Nv 1370 .....	39
Figura 12. Selección del sostenimiento, ábaco de Barton.....	40
Figura 13. Dimensionamiento de los pernos de anclaje, ábaco de Lang y Bischoff.....	41
Figura 14. Diseño de sostenimiento para labores de sección 3.8m x 4.0m .....	41
Figura 15. Diseño de sostenimiento para labores de sección 7.0m x 6.5m .....	42
Figura 16. Esquema de minado por bench and fill, veta 658 .....	42
Figura 17. Modelamiento numérico para la estimación de esfuerzos inducidos, veta 658.....	43
Figura 18. Esquema representativo para la estimación del radio hidráulico, veta 658.....	44
Figura 19. Back análisis de sobre rotura, veta 658 Sp 5 Nv. 1320.....	44
Figura 20. ELOS esperado para el minado de la veta 658 Nv. 1370 .....	45
Figura 21. Preparación, método de minado Bench and Fill de la veta 658 Nv. 1370 .....	47
Figura 22. Secuencia de minado, método de minado bench and fill de la veta 658 Nv. 1370.....	48

Figura 23. Producción programada sector 1, 2 y 3, aplicando el método de minado bench and fill.....	54
Figura 24. Relación de producción – leyes de mineral, escenario programado ...	55
Figura 25. Relación de producción – leyes de mineral, escenario programado, zona 2 .....	57
Figura 26. Comparativo de producción –valor de mineral, programado y ejecutado, V658-Nv1370 .....	59
Figura 27. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de julio .....	63
Figura 28. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de agosto.....	63
Figura 29. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de setiembre.....	67
Figura 30. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de octubre.....	67
Figura 31. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo julio a octubre .....	69
Figura 32. Relación tonelaje producido y tonelaje diluido, veta 658 Nv. 1370 .....	71
Figura 33. Relación tonelaje producido y dilución, veta 658 Nv. 1370 .....	71
Figura 34. Relación entre ancho de minado y el valor de mineral, veta 658 Nv. 1370 .....	74
Figura 35. Relación entre ancho de minado y dilución, veta 658 Nv. 1370.....	74
Figura 36. Relación producción – valor mineral, veta 658 Nv. 1370 .....	76
Figura 37. Relación ancho minado – dilución, veta 658 Nv. 1370.....	77
Figura 38. Relación producción – valor mineral, veta 658 Nv. 1370 .....	78
Figura 39. Relación de ancho minado – dilución, veta 658 Nv. 1370.....	79
Figura 40. Resumen producción – valor de mineral, veta 658 Nv. 1370 .....	80
Figura 41. Relación de ancho minado – dilución, veta 658 Nv. 1370.....	81

## RESUMEN

La presente tesis analiza las variables operacionales del método de minado *bench and fill* con el objetivo de mejorar la producción en la veta 658, Nv. 1370 en la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera. Las variables operacionales y económicas analizadas fueron: el tonelaje, las leyes de cabeza, el valor de mineral, la dilución y el tonelaje diluido. El trabajo de investigación se comparó en los escenarios programado y ejecutado: periodos julio – agosto y setiembre – octubre.

La tesis aplica el método analítico, describiendo y explicando las variables operacionales del método de minado *bench and fill*. El trabajo es preexperimental, en el que se analizó y se interpretó las variables operacionales y económicas, para la mejora de la producción en la veta 658, Nv 1370, considerando el análisis comparativo en los periodos julio – agosto y setiembre – octubre.

Para el periodo de julio – agosto, se programó un tonelaje diario de 16,660 toneladas y el ejecutado fue de 27,095, generando una dilución del 28 % y un tonelaje diluido de 7,511.63 toneladas. El valor de mineral programado fue de 388.44 US \$/t y el valor de mineral real fue de 391.15 US \$/t. Este mayor incremento del valor de mineral en 2.72 US\$/t es producto del incremento de las leyes de Zn y Cu.

Para el periodo de setiembre – octubre, se programó un tonelaje diario de 23,750 toneladas, siendo el ejecutado de 32,023, generando una dilución del 17 % y un tonelaje diluido de 5,376.70 toneladas. El valor de mineral programado fue de 277.54 US \$/t y el valor de mineral real fue de 345.19 US\$/t. Este mayor incremento del valor de mineral es de 67.65 US\$/t, producto del incremento de las leyes en Zn@ 1.72 %, Pb@ 0.84 %, Cu@ 0.03 % y Ag@ 1.04Oz.

El análisis de las variables operacionales y económicas permitió validar la mejora del tonelaje producido en el segundo periodo, con el incremento de 4,928 toneladas.

**Palabras clave:** producción, dilución, leyes de cabeza, tonelaje diluído, *bench and fill*, valor de mineral, programado, ejecutado, etc.

## ABSTRACT

This thesis analyzes the operational variables of the Bench and Fill mining method with the objective of improving production in vein 658, Nv. 1370 in the San Cristobal mining unit of Volcan Compañía Minera. The operational and economic variables analyzed were: tonnage, head grades, ore value, dilution and diluted tonnage. The research work was compared in the programmed and executed scenarios, periods July - August and September - October.

The thesis applies the analytical method, describing and explaining the operational variables of the bench and fill mining method. The work is pre-experimental, where the operational and economic variables were analyzed and interpreted, for the improvement of production in vein 658, Nv 1370, considering the comparative analysis in the periods July - August and September - October.

For the July-August period, a daily tonnage of 16,660 t was scheduled and the executed tonnage was 27,095 t, generating a dilution of 28% and a diluted tonnage of 7,511.63 t. The programmed mineral value was US\$388.44/t and the actual mineral value was US\$391.15/t. This greater increase in the mineral value of 2.72 US\$/ton is the product of the increase in the grades of Zn and Cu.

For the period of September - October, a daily tonnage of 23,750 tons was programmed, with the executed tonnage of 32,023 tons, generating a dilution of 17% and a diluted tonnage of 5,376.70 tons. The programmed mineral value was US\$277.54/t and the actual mineral value was US\$345.19/t. This greater increase in mineral value is 67.65 US\$/t, due to the increase in grades in Zn@ 1.72%, Pb@ 0.84 %, Cu@ 0.03 %, and Ag@ 1.04Oz.

The analysis of the operational and economic variables allowed us to validate the improvement in the tonnage produced in the second period, with an increase of 4,928 tons.

**Keywords:** production, dilution, head grades, diluted tonnage, bench and fill, ore value, scheduled, executed, etc.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación permite analizar las variables operacionales y económicas del método de minado *bench and fill* para la mejora de la producción de la veta 658 – Nv 1370 de la unidad minera San Cristóbal de Volcan Compañía Minera.

Uno de los grandes inconvenientes en operaciones subterráneas con taladros largos es cumplir con los planes de producción y controlar la dilución, disminuyendo las leyes y el valor de mineral, generando una disminución de la rentabilidad operacional. Por tal motivo, se realizó el análisis de las variables operacionales y económicas en los escenarios programado y ejecutado de la veta 658, Nv 1370 en los periodos julio – agosto y setiembre – octubre.

Las variables operacionales y económicas analizadas permitieron entender el comportamiento de la dilución, asociado con el ancho de minado en ambos escenarios y su influencia en el tonelaje producido y tonelaje diluido, determinado el comportamiento del valor de mineral con las leyes asociadas.

El cumplimiento del desarrollo del trabajo de investigación se dividió en cuatro capítulos: el Capítulo I, describe el problema general y específicos, el objetivo general y específicos, la hipótesis general y específicas. En el Capítulo II, se describe las generalidades de la operación minera, los antecedentes nacionales e internacionales y el marco teórico del tema de investigación. En el Capítulo III, se describe la metodología de investigación del presente estudio, describe la población y muestra, así, como las herramientas de toma de datos. Finalmente, en el Capítulo IV, se describe el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, así como la validación de la hipótesis.

El autor

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

La industria minera viene evolucionando durante las últimas décadas con el desarrollo de diferentes herramientas tecnológicas, así como la implementación de métodos de minado semimasivos y masivos en operaciones subterráneas, incrementando los niveles de producción y generando programas de reducción de costos.

Minar operaciones subterráneas con taladros largos involucra un incremento en la producción y una reducción importante de los costos operacionales. La unidad minera San Cristóbal no es ajena a dicha mejora en la aplicación de métodos de minado con taladros largos.

La aplicación del método de minado *bench and fill* en la unidad minera San Cristóbal permitirá realizar el análisis de las variables operacionales para el incremento de la producción en la veta 658 – Nv 1370.

La incidencia que genera la sobre rotura y su influencia en la dilución asociada al método de minado tendrá un efecto directo en el valor de mineral y el cumplimiento de los planes de producción.

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

#### **a) Problema general**

¿Cómo se puede mejorar la producción en la veta 658 – Nv 1370, mediante el análisis de las variables operacionales del método de minado *bench and fill* en la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022?

#### **b) Problemas específicos**

a) ¿Cómo relacionar las variables de dilución y tonelaje producido para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022?

b) ¿Cómo relacionar las variables de ancho de minado y valor de mineral para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022?

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Mejorar la producción en la veta 658 – Nv 1370 mediante el análisis de las variables operacionales del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

a) Relacionar las variables de dilución y tonelaje producido para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022.

b) Relacionar las variables de ancho de minado y valor de mineral para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022.

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

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

El desarrollo del presente trabajo permite la aplicación de diferentes formulismos para determinar la dilución y control de la sobre rotura mediante la aplicación del método de minado *bench and fill*. El análisis de las variables operacionales para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370, en la unidad minera San Cristobal, permitirá el uso de diferentes formulismos y modelos numéricos, para la generación de resultados positivos.

Esta mejora de la producción, producto de un control de la dilución o sobre rotura y la mejora del valor de mineral, incrementando la rentabilidad operacional, ayudará a generar programas de gestión social e interrelacionar de forma adecuada con las comunidades aledañas al proyecto minero.

### **1.3.2. Justificación académica**

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permitirán a estudiantes, docentes y público en general utilizar los resultados obtenidos como una herramienta comparativa en estudios similares.

La aplicabilidad del presente trabajo de investigación permite la descripción de las diferentes variables operacionales de métodos de minado modernos como el método de minado *bench and fill* y su influencia en la rentabilidad operacional en diferentes unidades mineras.

### **1.3.3. Justificación económica**

Los resultados obtenidos, mediante la aplicación del método de minado *bench and fill* incrementando el tonelaje y controlando las diferentes variables operacionales como la dilución, sobre rotura y mejora del NSR, permitirá la mejora de la rentabilidad operacional, controlando o disminuyendo diferentes costos unitarios.

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

### **1.4.1. Hipótesis general**

Al analizar las variables operacionales del método de minado Bench and Fill influye positivamente en la mejora de la producción de la veta 658 – Nv 1370, de la Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al relacionar las variables de dilución y tonelaje producido influye en la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022.
  
- b) Al relacionar las variables de ancho de minado y valor de mineral influye en la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 del método de minado *bench and fill* de la unidad minera San Cristóbal – Volcan Cía. Minera SAA - 2022.

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

### **1.5.1. Variable independiente**

- Análisis de las variables operacionales del método de minado *bench and fill* como: tonelaje, dilución, valor de mineral, ancho de minado, tonelaje diluido.

### **1.5.2. Variables dependientes**

- Cumplimiento del plan de producción

### **1.5.3. Matriz de operacionalización de variables**

**Tabla 1. Tabla de variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Análisis de las variables operacionales del método de minado bench and fill.	Considerar el análisis de las variables operacionales en el método de minado bench and fill, influye en el cumplimiento del plan de minado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios geológicos</li> <li>• Criterios geomecánicos</li> <li>• Criterios Operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables geológicas</li> <li>Variables geomecánicas</li> <li>Variables operacionales</li> </ul>	<p>Mapeo geológico (potencia, litología, alteración, mineralización, etc).</p> <p>Mapeo geomecánico, considerando las propiedades del macizo rocoso</p> <p>Método de minado, etc..</p>
VD: Cumplimiento del Plan de producción.	Cumplir el plan de producción, por tonelaje, leyes y valor de mineral, genera una estabilidad económica en la unidad minera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones operacionales</li> <li>• Dimensiones económicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de minado</li> <li>• Consideraciones económicas</li> </ul>	<p><u>Indicadores:</u></p> <p>Tonelaje, leyes, tonelaje diluido, ancho de minado.</p> <p>Valor de mineral</p>

**Elaboración: propia**

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

- Tesis titulada: «*Método de explotación bench & fill y su aplicación en minera Michilla*». Uno de los objetivos del presente trabajo fue reemplazar el método de minado *cut and fill* con el método de minado *bench and fill*, producto del incremento de costos operacionales. Este cambio de método en labores profundas permitió la mejora del rendimiento operacional y la reducción de costos en el desarrollo, preparación y explotación. El costo de operación de *cut and fill* era de 77.7 US \$/t disminuyendo con la aplicación del método del *bench and fill* en 52.76 US \$/t, generando el incremento de la rentabilidad operacional (1).
  
- Tesis titulada: «*Secuenciamiento óptimo de caserones en minería subterránea selectiva*». El objetivo del presente trabajo, es comparar 2 modelos numéricos para ver el comportamiento de la dilución no planificada y su impacto en el plan de producción y consideraciones económicas. Los resultados obtenidos, en el método de minado *bench and fill*, considerando la dilución en el plan de producción, se observa un impacto en la secuencia de extracción y disminuyendo el VAN en 2 %, afectando directamente en el rendimiento operacional (2).

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

- Tesis titulada: «*Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la mina Marsa-Retamas-2017*». El objetivo principal del trabajo de tesis fue reducir la dilución y su implicancia en la reducción de costos. Se consideró el análisis de un nuevo diseño de malla de perforación y voladura considerando la calidad del macizo rocoso de un RMR de 28 a 40, con alto fracturamiento, filtraciones y zonas de brecha. Los resultados permitieron la reducción de desmonte en 746 m<sup>3</sup> y el factor de carga en 12.7 % (3).
- Tesis titulada: «*Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stoping para incrementar la productividad en mina Marca punta Sur de Sociedad Minera El Brocal S. A. A.*». El objetivo fue plantear un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para obtener la rotura planificada. La mejora de la rotura involucró el control del *burden*, espaciamiento y la carga explosiva, generando un control de la fragmentación, mejorando el rendimiento productivo y económico, con una mejora del 90 % de la eficiencia. (4)
- Tesis titulada: «*Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U.E.A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S. A. A.*». El objetivo fue la optimización de la producción mediante la aplicación del método de minado *sublevel stoping*. La optimización y mejora de la producción se realizó mediante el control de la sobrerotura, disminuyendo la dilución y mejorando las leyes de cabeza. Así mismo el control de la dilución, permitió la mejora del rendimiento de los siguientes procesos unitarios como carguío, acarreo y conminución, por la optimización de la producción (5).
- Tesis titulada: «*Aplicación de taladros largos en vetas angostas, caso mina Austria Duvaz-Morococha*». El objetivo relacionado al diseño de malla de perforación y voladura con taladros largos en vetas angostas. Los resultados

obtenidos, consideraron el nuevo diseño de block con altura de banco con 11 metros, longitud de block de 250 metros y 2.4 metros de potencia. (6)

## **2.2. Generalidades de la unidad minera**

### **2.2.1. Historia**

Volcan Compañía Minera está considerada como uno de los principales productores de Zn, Pb y Ag en el mundo. Durante el año de 1943 inició sus operaciones en el abra de Ticlio, las operaciones asociadas a la empresa se ubican en la sierra central del Perú.

La unidad minera Yauli está compuesta por 4 minas entre ellas: San Cristobal, Andaychagua, Ticlio y Carahuacra, con una capacidad de tratamiento anual de 4 MM TM, considerando un promedio anual de 139 k de TMF de Zn, 23 k de TMF de Pb, 7 MM de Oz de Ag y 3 k de TMF de Cu.

La mina San Cristobal inició sus operaciones en el año de 1896, se ubica aun altura de 4,684 m s. n. m.

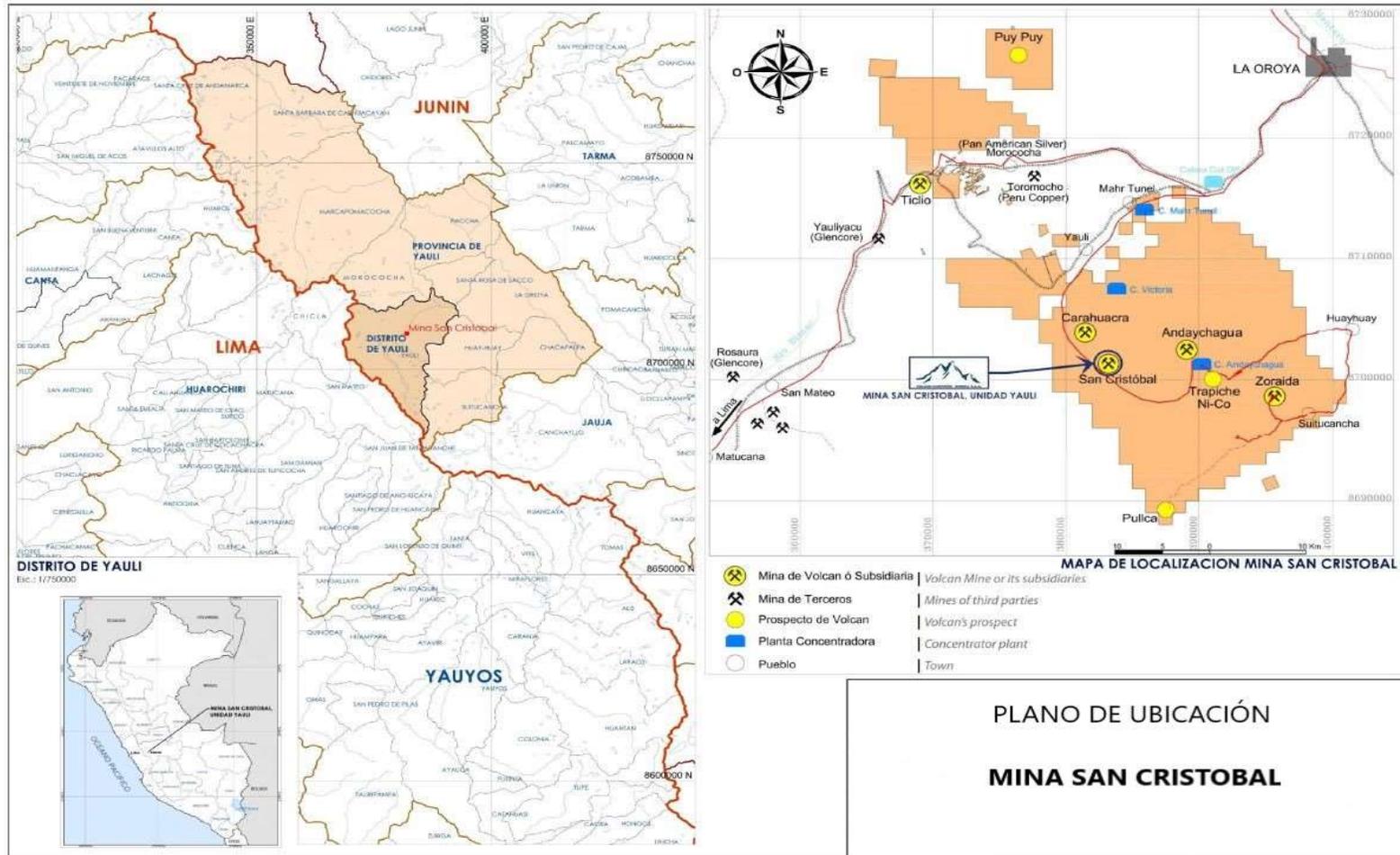
### **2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades**

La mina San Cristobal, se ubica en el distrito y provincia de Yauli, en el departamento de Junín, emplazada en la cordillera occidental de los andes centrales peruanos a una altura media de 4684 m s. n. m.

**Tabla 2. Accesibilidad de la mina San Cristobal**

Tramo - Ruta	Distancia - Kilómetros
Lima – Oroya – Yauli – Mina San Cristobal por carretera asfaltada	380 km
<b>TOTAL</b>	<b>380 km</b>

*Tomada del Departamento de Geología*



**Figura 1. Ubicación de la mina San Cristobal  
Tomada del Departamento de Geología**

## **2.3. Geología general**

### **2.3.1. Geología local**

El distrito minero San Cristóbal, ubicado en el sur oeste del domo de Yauli, está asociado a rocas sedimentarias, metamórficas e intrusivas. Las edades geológicas abarcan desde el cuaternario hasta el Paleozoico del grupo Excelsior, presentándose mineralización tipo vetas, cuerpos, diseminados, asociados a metasomatismo de contacto y sistemas tipo pórfido en niveles profundos.

#### **a) Grupo Excelsior**

Asociada principalmente a rocas del Paleozoico, compuesta principalmente por fillitas, presenta un grado de fracturamiento intermedio a alto, con venillas de cuarzo y pirritas, con niveles de arcillas compactas y escasa oxidación.

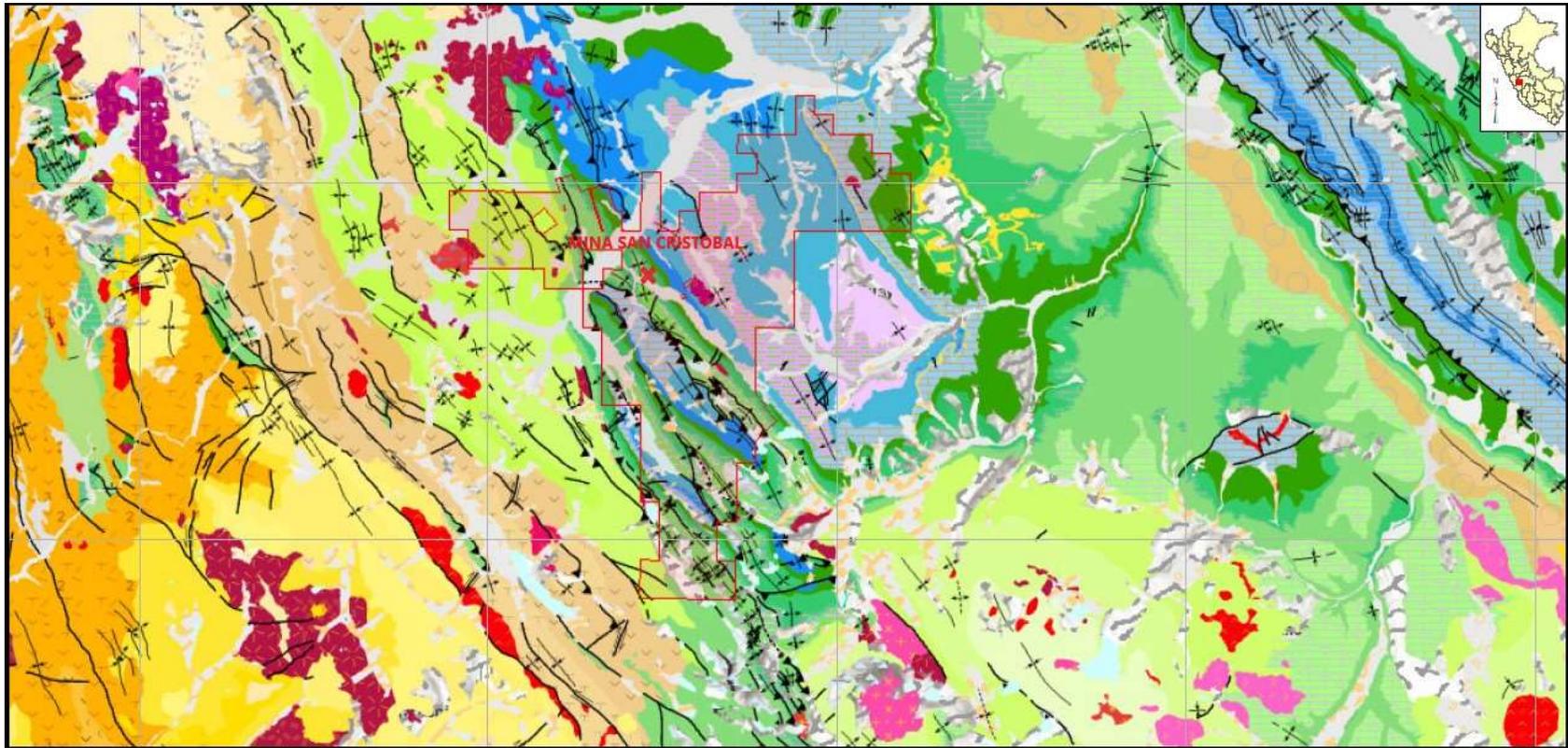
#### **b) Metavolcánicos**

La zona de metavolcánicos, es considerado entre la zona de transición entre el grupo Excelsior y el grupo Mitu.

La litología presente en esta zona de transición consiste en secuencia volcánica, las que han sufrido un metamorfismo de bajo grado que presentan una textura brechoide, con un grado de fracturamiento débil a moderado, con un venilleo intenso de calcita y leve presencia de sulfuros.

#### **c) Grupo Mitu**

Compuesta principalmente de rocas volcano sedimentarias, principalmente de rocas volcánicas tipo andesitas, areniscas, conglomerados, etc. Las rocas volcánicas presentan alto grado de fracturamiento, con presencia de venillas y cavidades de sulfuros, con una fuerte presencia de óxidos, con una presencia de textura brechada y algunos niveles de arcilla.



**Figura 2. Geología local**  
**Tomada del Departamento de Geología**

#### **d) Grupo Pucará**

Compuesta principalmente por rocas sedimentarias, considerado como un metalotecto polimetálico. La litología principal asociada son calizas con un nivel de fracturamiento medio a alto, con relleno de calcita en fracturas y presencia de alteración hidrotermal (argilización).

Las calizas se intercalan ocasionalmente con lutitas gris violáceas y rojizas moderadamente fracturadas, la mineralización se presenta como relleno de fracturas y diseminados con venillas de sílice.

#### **e) Grupo Goyllarisquizga**

Compuesta principalmente de areniscas cuarcíferas con intercalaciones de lutitas y limolitas rojizas en el nivel inferior, y areniscas calcáreas con lutitas grises en el nivel superior. La mineralización presente es en forma diseminado y relleno de fracturas de sílice, en un ambiente moderadamente fracturado.

#### **f) Intrusivos**

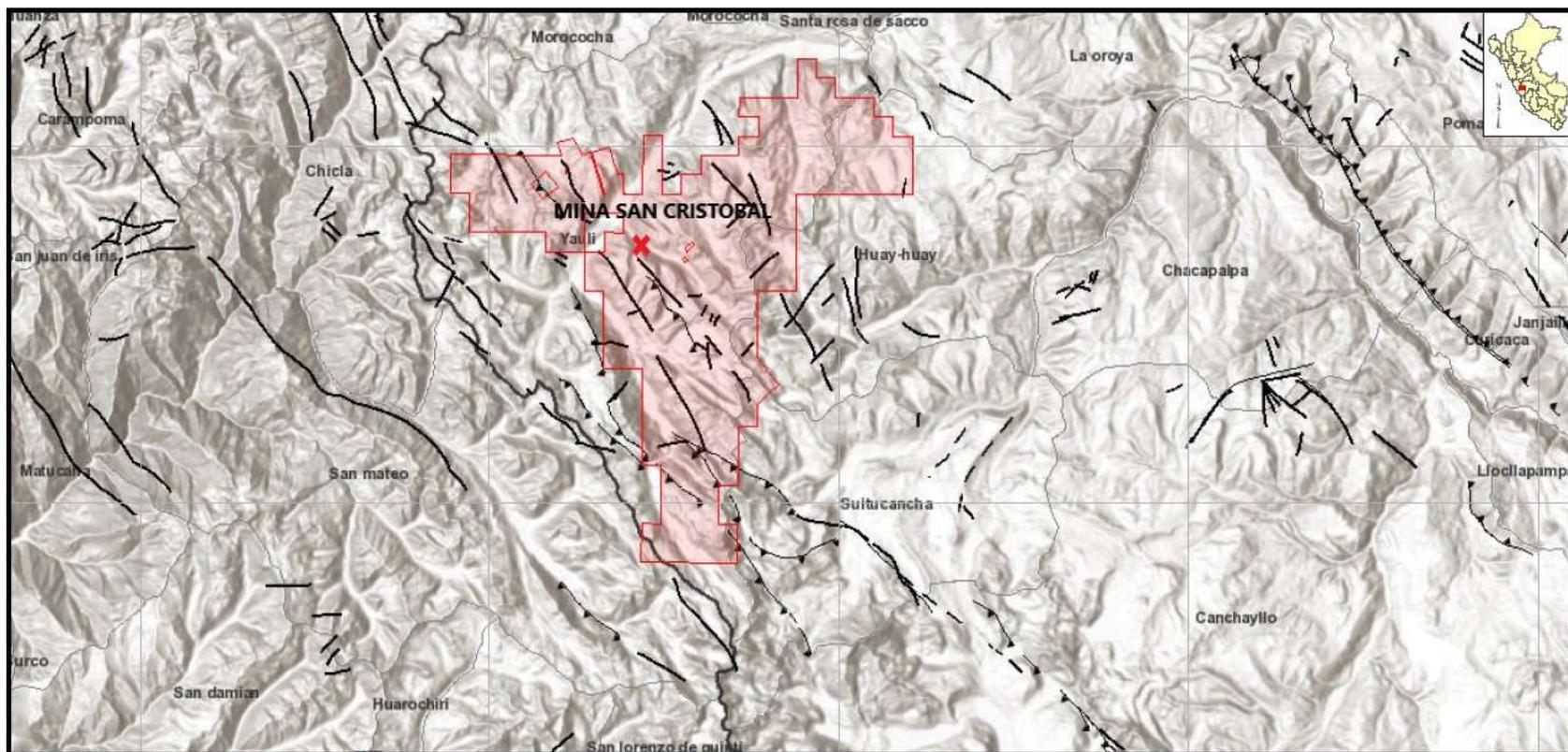
Se asocia el emplazamiento de intrusivos como stocks de cuarzo monzonita y micro dioríticos con textura fanerítica de color verde parduzco, con un nivel de fracturamiento leve a moderado con relleno de venillas de calcita y venillas de cuarzo.

### **2.3.2. Evolución tectónica y geología estructural**

El comportamiento tectónico asociado principalmente a un ambiente de rumbo andino, cuya principal estructura presente es el domo de Yauli, donde se han emplazada algunas estructuras mineralizadas.

El comportamiento estructural se asocia a lineamientos de rumbo andino N 40 – 60°W, asociadas a fallas tensionales EW y N 70 – 80° E.

La presencia del comportamiento estructural permitió zonas de debilidad para la circulación y deposición de diferentes tipos de yacimientos polimetálicos, actualmente en operación.



**Figura 3. Dominio estructural  
Tomada del Departamento de Geología**

### 2.3.3. Mineralización presente

La mineralización presente en el distrito de San Cristóbal está asociada a vetas mantos y cuerpos, los cuales han sido formados en la última etapa “Quechua” con la presencia de fracturas de tensión.

#### a) Vetas

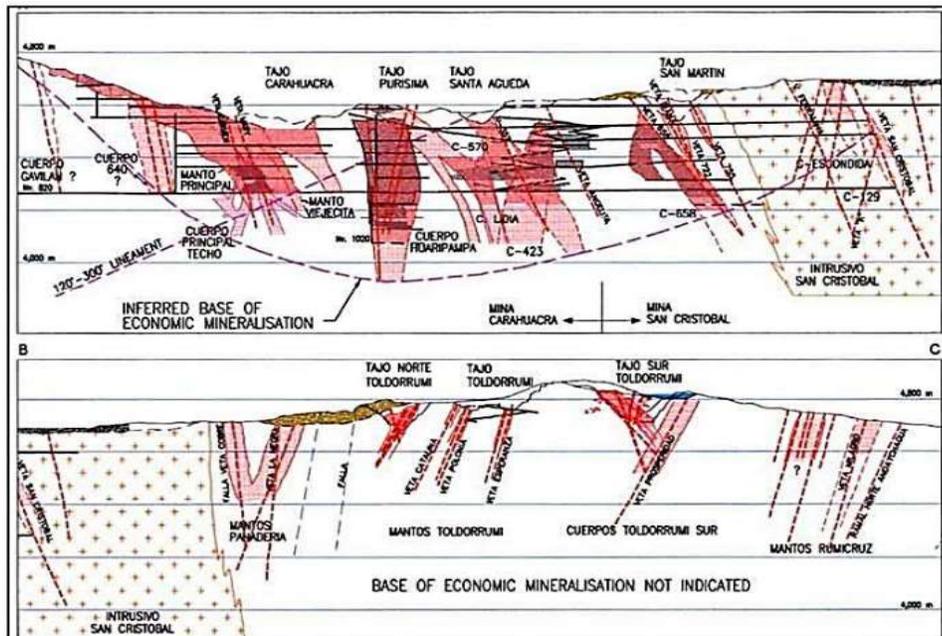
Formadas principalmente por relleno de fracturas, siendo la mineralización importante en estructuras de tensión, las fallas de cizalla tienen escasa mineralización o pobre mineralización, se encuentran emplazadas a lo largo de todo el yacimiento, principalmente en volcánicos del grupo Mitu.

#### b) Mantos

Se emplazan en las calizas del grupo Pucará en el flanco oeste del anticlinal, en contacto con el grupo mitu concordante a la estratificación.

#### c) Cuerpos

Se emplazan en el flanco oeste del anticlinal de las calizas Pucará, formados en la unión de diversos mantos o de una veta con algún manto.



**Figura 4. Sección longitudinal, mineralización presente en el grupo Pucará  
Tomada del departamento de Geología**

### 2.3.4. Reservas minerales

Las reservas asociadas a la mina San Cristobal son de 13'558,882 toneladas, con leyes media de Zn@6.20 %, Pb@0.88 %, Ag@3.81 Oz y Cu@0.19 %.

Tabla 3. Reservas de la mina San Cristobal

RESERVAS	TMS	A.veta	A. minado	Dilución %	Densidad dilución	%zn	%Pb	%cu	Oz Ag/t	\$ vpt
Probada	5543863	2.32	3.36	43.9	3.16	6.09	0.95	0.20	4.26	142.2
Probable	8015019	3.00	3.81	42.1	3.18	6.28	0.83	0.18	3.51	131.1
Total	13558882	2.70	3.63	42.9	3.17	6.20	0.88	0.19	3.81	135.7

Tomada del departamento de Geología

### 2.4. Consideraciones geomecánicas del método de minado

Las condiciones geomecánicas del yacimiento de San Cristóbal permitió el uso del método de minado *cut and fill*, con el incremento de la producción se empezó a utilizar el método de minado AVOCA o *bench and fill*.

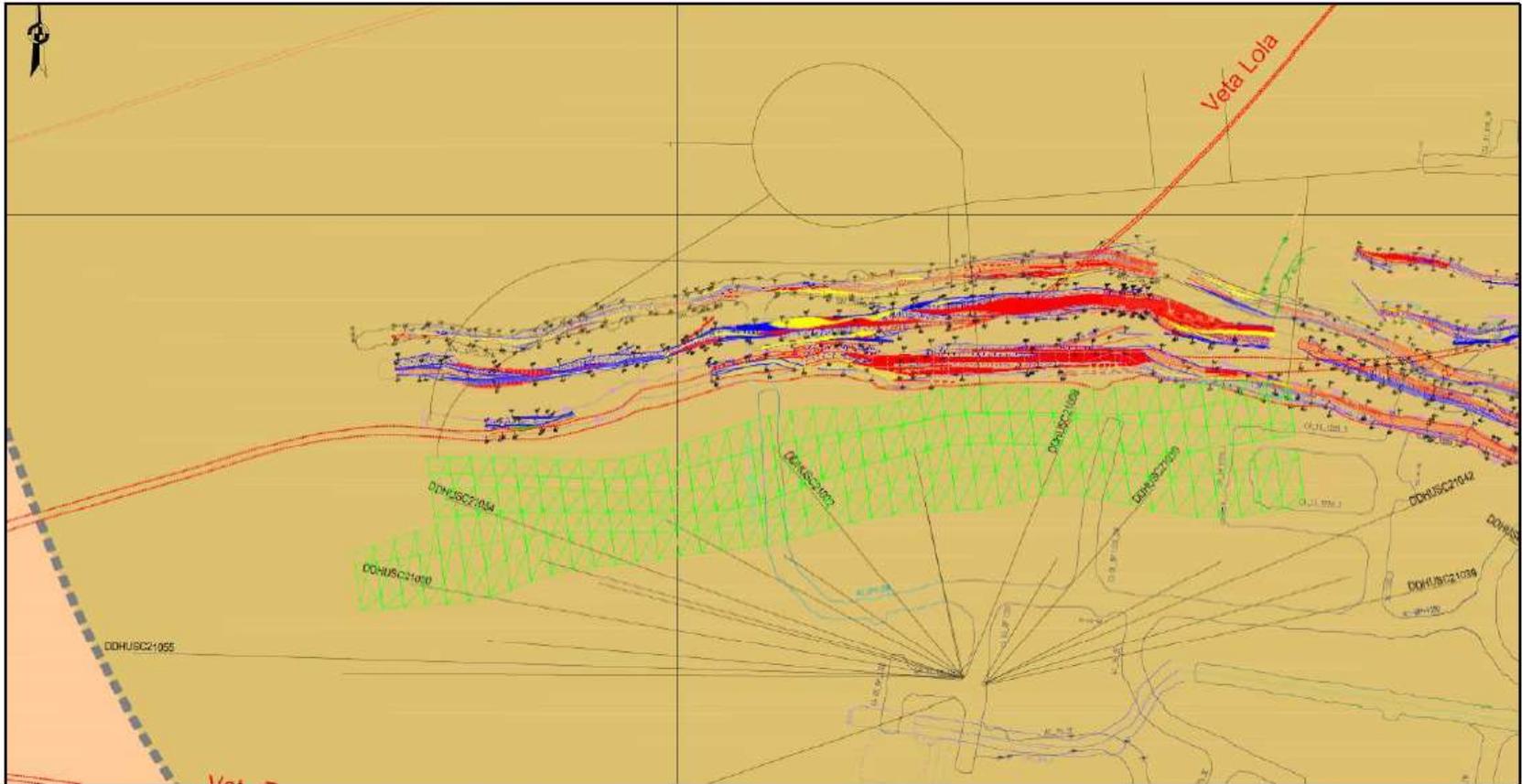
La geología global nos indica que el macizo rocoso identificado en este sector este asociado a la filita perteneciente al grupo Excelsior y muy cerca al contacto de las rocas ígneas.

Del análisis realizado en las secciones geotécnicas, se han podido identificar 3 unidades geotécnicas principales:

- UGT filita
- UGT filita gris
- UGT zona de alto fracturamiento

La zona de alto fracturamiento se encuentra asociado principalmente a la alteración como producto de la mineralización. Además, puede observarse diferentes estructuras adicionales como: diques, contactos litológicos, etc.

Asimismo, se identificó una mayor presencia de brechas y dacitas, considerándose como producto de la cercanía del contacto litológico entre el grupo Excelsior e Ígneo.



**Figura 5. Geología global de la zona del proyecto, veta 658 – Nv.1370 Sector Sp5  
Tomada del Departamento de Geología**



Las características geomecánicas de cada unidad geotécnica son descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Características geomecánicas**

ID UGT	Descripción	IRS	RQD(%)	RMR <sub>(1989)</sub>	
				Promedio	Rango
FLT	Filita	R2 - R3	77 – 100	54	45 – 64
FLT GRIS	Filita Gris	R3	90 – 100	62	54 – 70
AND	Andesita	R3	88 – 100	59	50 – 68
ZAF	Zona de Alto Fracturamiento	R0 – R1	0 - 16	21	16 - 25

**Tomada del Departamento de Geomecánica**

## 2.5. Bases teóricas del estudio

El desarrollo del presente trabajo de investigación realiza el análisis de las variables del método de minado *bench and fill* para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 de la unidad minera San Cristobal.

Así mismo, la variable a ser analizada y la implicancia que tiene con la aplicación del método de minado *bench and fill* con el incremento de la producción es la dilución, el cual afectará en forma directa al valor de mineral (NSR).

Por tal motivo el análisis de estas variables operacionales entre los escenarios aplicados con el método de minada *cut and fill* y el método de minado *bench and fill* permitirá realizar una visión de mayor rentabilidad operacional.

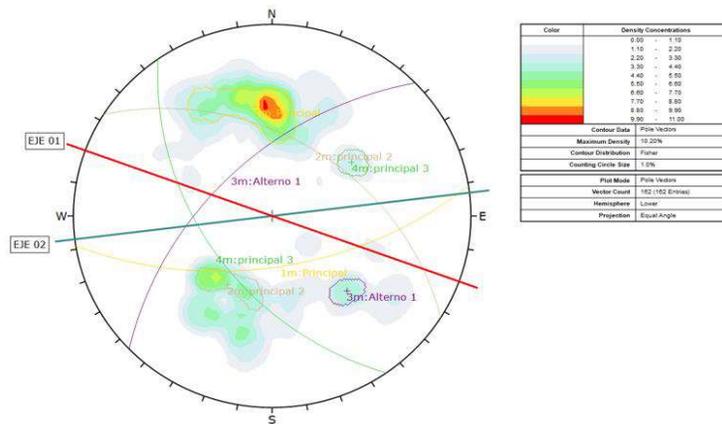
El análisis de estas variables permitirá realizar el análisis de las condiciones geomecánicas de la veta 658 – Nv 1370, para la aplicación del método de minado *bench and fill*, los cuales son resumidos en:

### a) Condiciones estructurales, veta 658 – Nv 1370

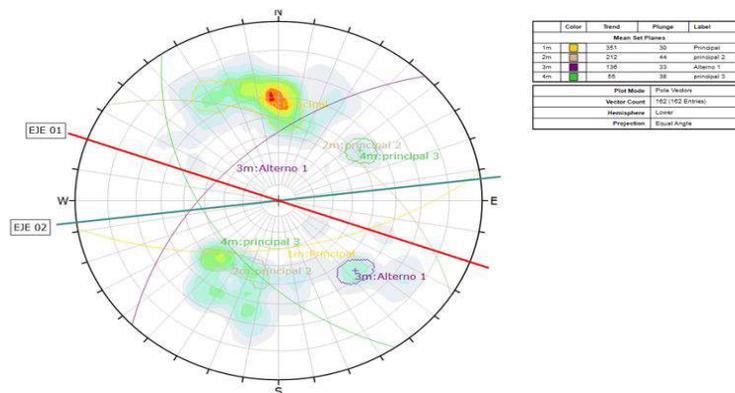
El procesamiento de toda la información estructural registrada del área de estudio se realizó empleando la recopilando de los mapeos de campo registrado

con brújula y se analizó bajo la metodología de proyección estereográfica, para ello se hace uso del programa Dips versión 6.1 para tal fin.

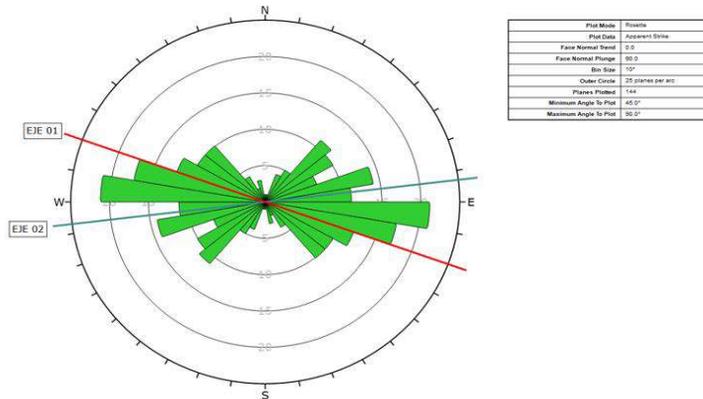
Las discontinuidades registradas abarcan en su mayoría juntas y fallas, la representación estereográfica de toda esta información se presenta en las siguientes figuras:



**Figura 7. Diagrama estereográfico de compósito de contornos Tomada del Departamento de Geomecánica**



**Figura 8. Diagrama de compósitos de familias principales Tomada del Departamento de Geomecánica**



**Figura 9. Diagrama de rosetas del sistema estructural  
Tomada del Departamento de Geomecánica**

De los resultados obtenidos, es posible deducir la existencia de 03 sistemas de discontinuidades estructurales bien definidas y 1 sistema de discontinuidades aleatorio. De acuerdo con esto, podemos resumir:

**Tabla 5. Familias de discontinuidades**

Set	Buzamiento	Dirección de buzamiento	Tipo
S-01	60	171	Principal
S-02	46	32	Principal
S-03	52	235	Principal
S-04	57	316	Secundario

**Tomada del Departamento de Geomecánica**

**b) Clasificación del maciso rocoso, veta 658 – Nv 1370**

Con el fin de dar una clasificación al macizo rocoso han sido empleados los criterios de clasificación desarrollados por Bieniawski (Rock Mass Rating - RMR versión 1989), Barton (Índice Q, 1974) y Hoek & Marinos (GSI, 2002).

Los resultados de la clasificación geomecánica correspondiente a los dominios estructurales de la zona de estudio y son resumidos en las siguientes tablas:

**Tabla 6. Clasificación geomecánica del macizo rocoso, RMR de Bieniawski**

Zona	RMR <sub>(1989)</sub>
Techo	41
ZAF	38
Veta	34
Piso	42

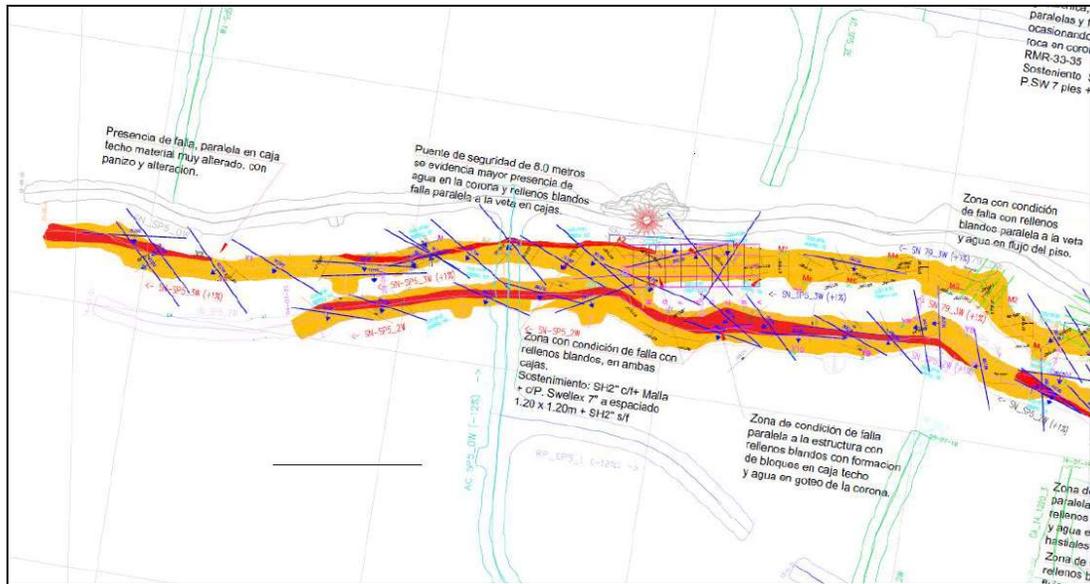
*Tomada del Departamento de Geomecánica*

**Tabla 7. Clasificación geomecánica del macizo rocoso, RMR de Bieniawski**

Zona	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	Q'	RMR
Techo	60	12	3	2	1	10	0.75	7.50	41.4
ZAF	30	9	3	2	1	10	0.50	5.00	37.8
Veta	40	9	2	4	1	10	0.22	2.22	30.5
Piso	60	9	3	2	1	10	1.00	10.00	44.0

*Tomada del Departamento de Geomecánica*

Tomando como base la información registrada en campo (mapeos) y el modelo de bloques RMR se ha determinado que la calidad del macizo rocoso asociado a la caja piso y techo es Regular III-B (RMR de 41 a 43), la zona de alto fracturamiento Mala IV-A (RMR de 36 a 40) y la veta Mala IV-A (RMR de 33 a 35).



**Figura 10. Plano geomecánico de la veta 658 – Nv 1370**  
*Tomada del Departamento de Geomecánica*

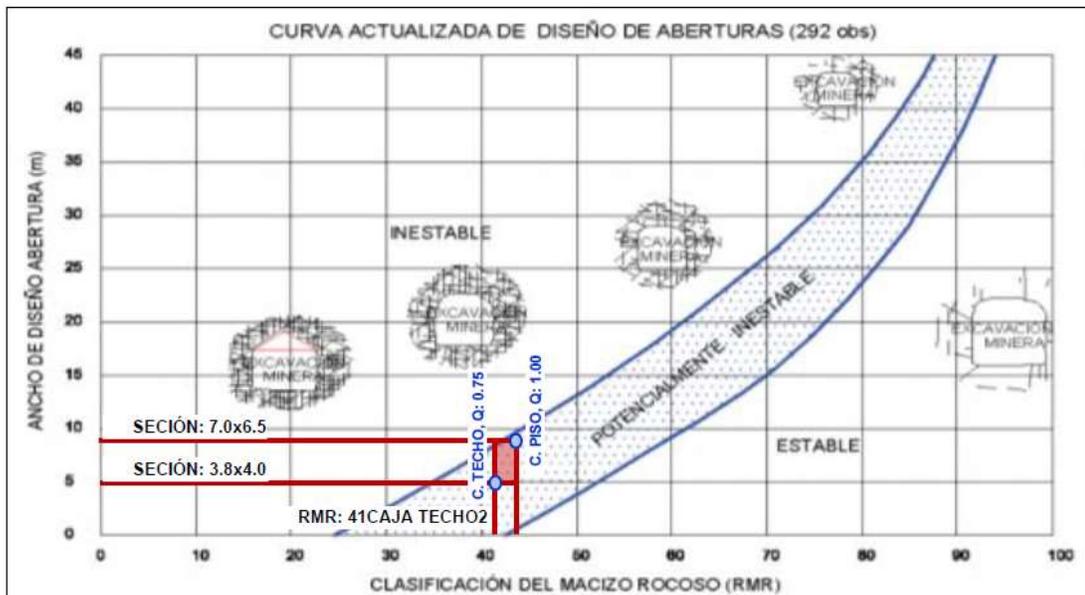
c) Análisis de estabilidad, veta 658 – Nv 1370

Para el cálculo de estabilidad mediante métodos empíricos, se realiza un análisis del ancho máximo que se tendrá según diseño. Este análisis se realizará mediante el ábaco formulado por Pakalnis. 2002, que considera el RMR y el ancho de diseño.

Para el proyecto de explotación de veta 658 – sector SP5, obtenemos:

- Sección de diseño del subnivel: 3.8 x 4.0 metros (zonas de veta angosta)
- Sección de diseño del subnivel: 7.0 x 6.5 metros (zonas de veta ancha)

Los rangos de RMR fueron detallados en la tabla 6: La calidad del macizo rocoso asociado a la caja piso y techo es: Regular III-B (RMR de 41 a 43), la zona de alto fracturamiento Mala IV-A (RMR de 36 a 40) y la veta Mala IV-A (RMR de 33 a 35).



**Figura 11. Análisis de estabilidad de aberturas máximas de la veta 658 – Nv 1370  
Tomada del Departamento de Geomecánica**

Fueron considerados 2 escenarios diferentes para dos tipos de calidad de roca Q (0.75-1.0) ubicándose el proyecto en una zona potencialmente inestable, lo cual significará que el área de estudio requerirá de soporte especial.

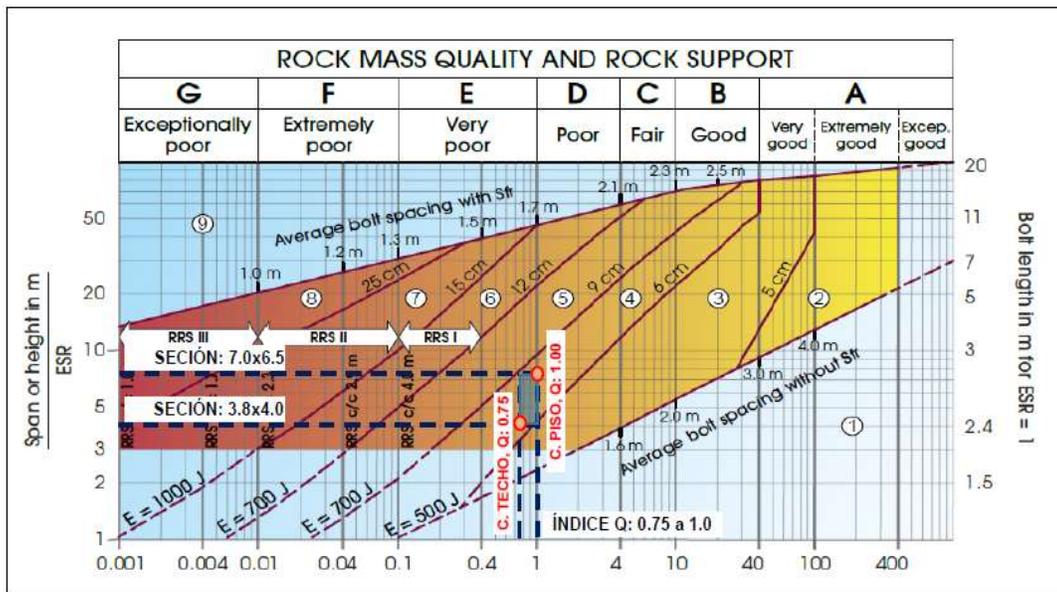
d) Diseño de soporte, veta 658 – Nv 1370

Con las consideraciones de estabilidad basada en la abertura a generar, se realiza el cálculo de soporte a utilizar, para ello se hará uso del ábaco de sostenimiento basado en el índice Q (NGI, 2015). Considerando los valores de Q del mapeo de las labores se tiene:

**Tabla 8. Parámetros de Índice Q**

Parámetro	Magnitud
Q <sub>máx</sub>	1.00
Q <sub>mín</sub>	0.75
ESR	1.60
Sección de diseño	7.0m x 6.5m
Span	7.0m

**Tomada del Departamento de Geomecánica**

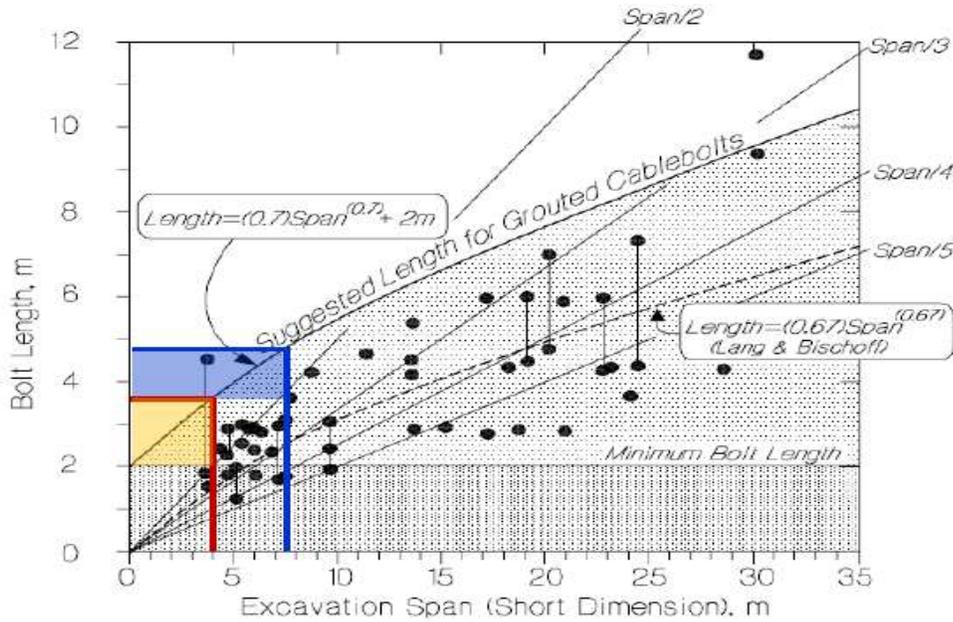


**Figura 12. Selección del sostenimiento, ábaco de Barton  
Tomada del Departamento de Geomecánica**

Tomando como referencia el ábaco de Barton para la selección del sostenimiento se obtiene lo siguiente:

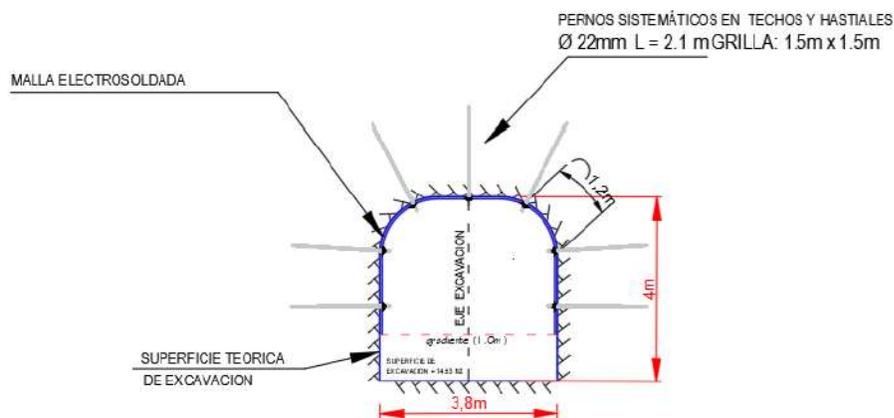
- Secciones menores a 4.0 metros de ancho: *shotcrete* de 5.0 a 7.5 cm (con fibra = 4 kg) + pernos de anclaje de 7 pies instalados sistemáticamente.

- Secciones mayores a 4.0 metros de ancho: *shotcrete* de 10.0 cm (5.0 cm con fibra = 4 kg, 5.0 cm sin fibra sobre malla) + malla electrosoldada + pernos de anclaje de 7 pies instalados sistemáticamente.

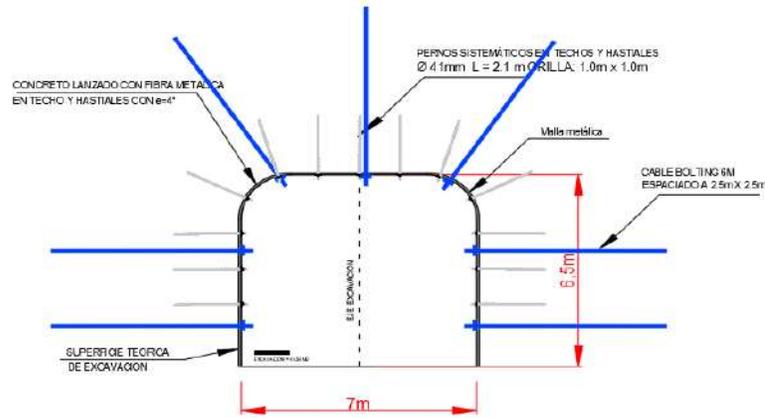


**Figura 13. Dimensionamiento de los pernos de anclaje, ábaco de Lang y Bischoff Tomada del Departamento de Geomecánica**

Tomando como base el ábaco de Lang y Bischoff (1984) empleado, la longitud de los elementos de anclaje deben estar entre 2.0 y 3.5 metros (longitud mínima) y de 3.5 a 4.8 metros (longitud máxima). Por lo tanto, se tendrá 2 tipos de soporte: Soporte primario y soporte secundario.



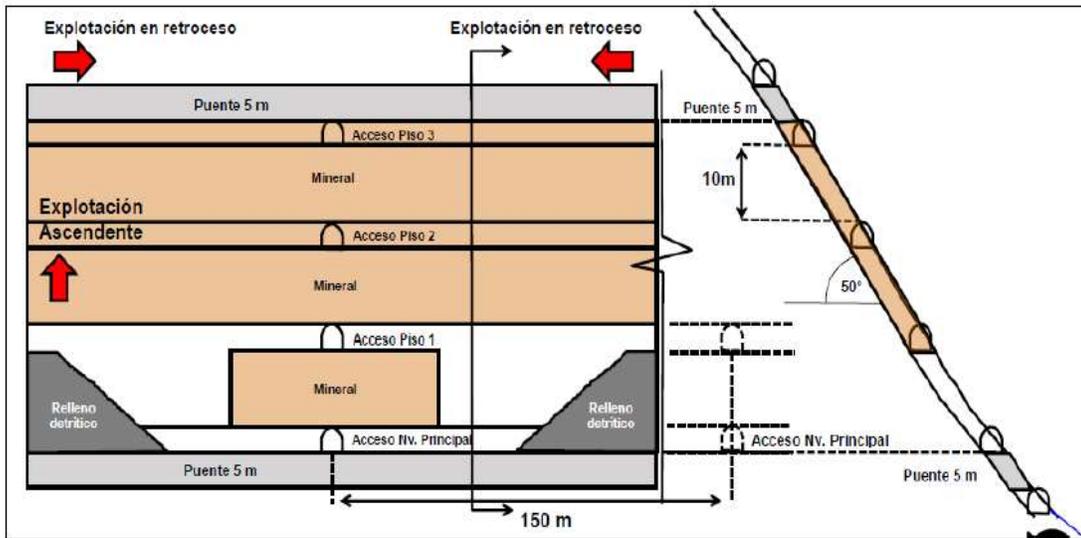
**Figura 14. Diseño de sostenimiento para labores de sección 3.8m x 4.0m Tomada del Departamento de Geomecánica**



**Figura 15. Diseño de sostenimiento para labores de sección 7.0m x 6.5m Tomada del Departamento de Geomecánica**

e) Evaluación de bancos de explotación, veta 658 – Nv 1370

Para la evaluación de los bancos de explotación, se realizará un análisis basado en el método gráfico de estabilidad. La explotación mediante taladros largos considerará sólo 50 metros de block de minado para posterior a ello dejar un sill pilar e iniciar la preparación del siguiente sector en la zona de mayor profundidad.



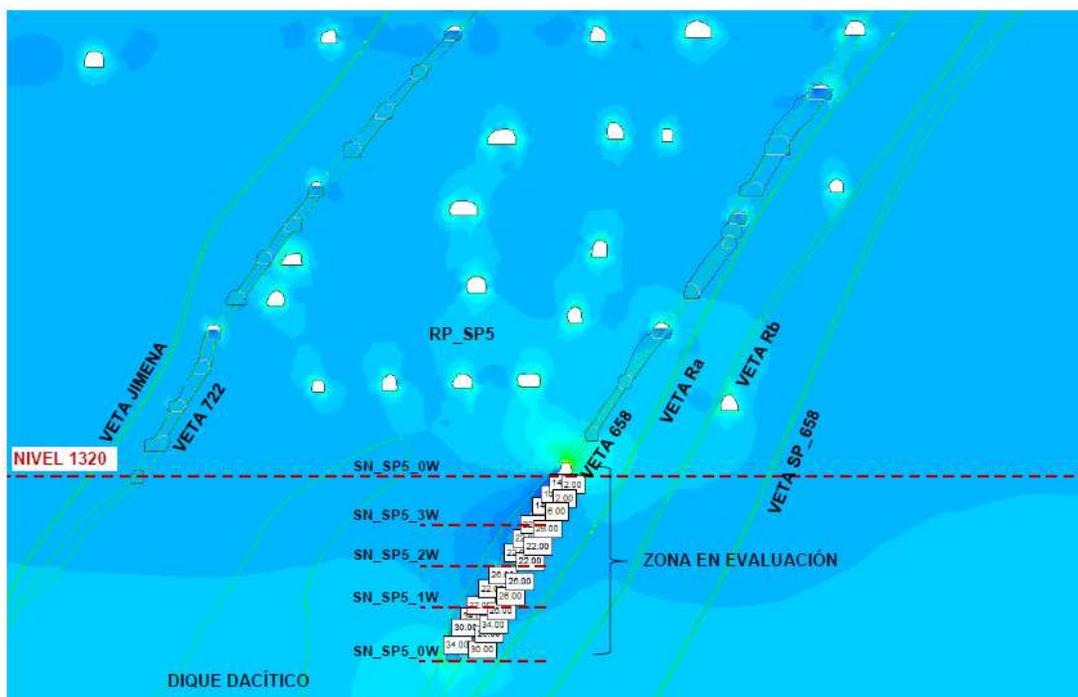
**Figura 16. Esquema de minado por bench and fill, veta 658 Tomada del Departamento de Geomecánica**

En el análisis de la evaluación del minado mediante el método de *bench and fill* se hará uso de la metodología de Potvín, con tal fin se estimará el Número de estabilidad (N').

**Tabla 9. Parámetros de Índice Q**

Zona	UCS	S1	A	B	C	N'
Techo	55	15	0.29	0.20	3.91	1.7
ZAF	40	15	0.18	0.20	3.91	0.7
Veta	40	30	0.10	0.67	5.00	0.7
Piso	55	10	0.49	0.20	3.91	3.8

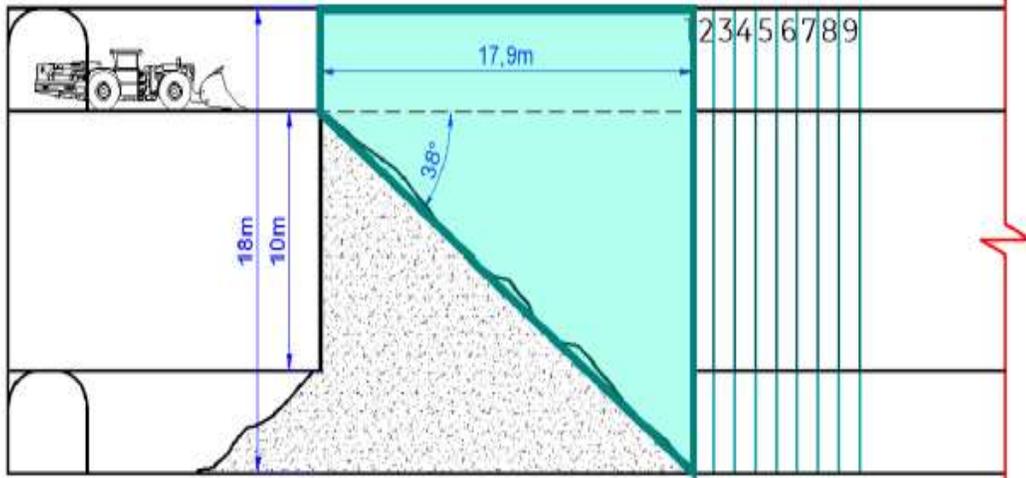
**Tomada del Departamento de Geomecánica**



**Figura 17. Modelamiento numérico para la estimación de esfuerzos inducidos, veta 658**  
**Tomada del Departamento de Geomecánica**

f) Radio hidráulico, veta 658 – Nv 1370

El radio hidráulico estimado considera la secuencia de minado y aplicación de relleno detrítico, por lo cual se ha tomado como referencia hasta 9 filas de voladura.

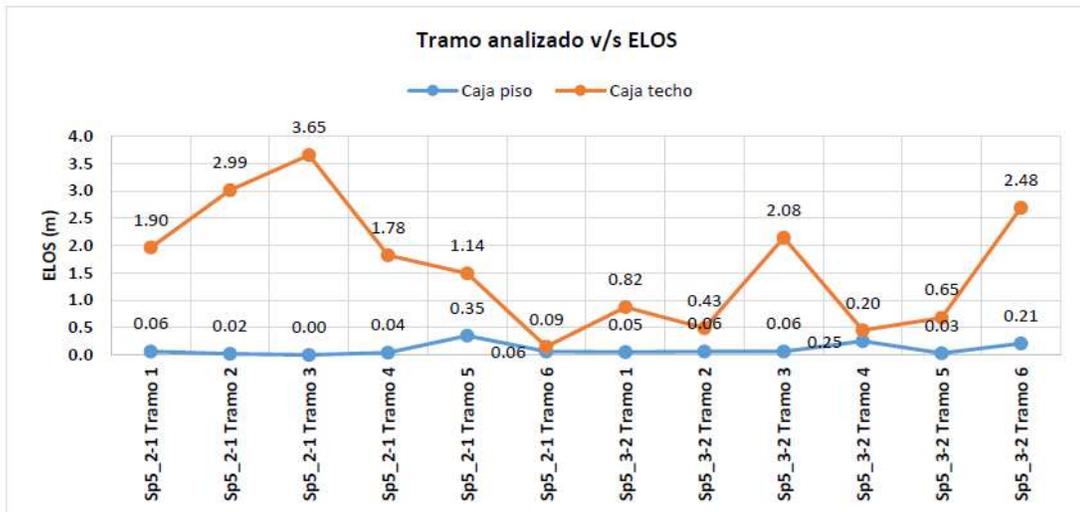


**Figura 18. Esquema representativo para la estimación del radio hidráulico, veta 658 Tomada del Departamento de Geomecánica**

g) Análisis de ELOS y sobre rotura

Se realizó el back-análisis de la información obtenida del minado de la veta 658, nivel 1320, pisos: 3 al 2 y 2 al 1, en cada tajo fueron analizados 6 tramos, abarcando una longitud total de 192 metros.

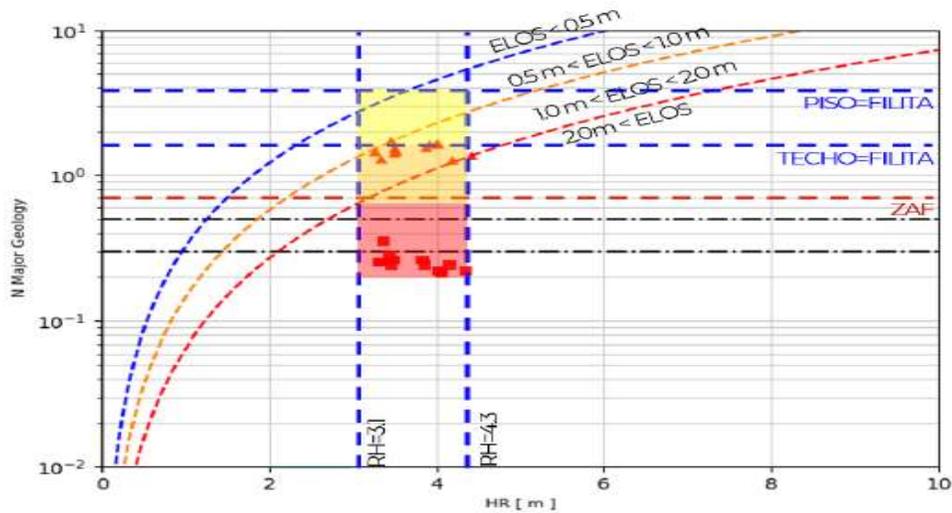
- Tajo Sp5\_3-2: 87 metros.
- Tajo Sp5\_2-1: 105 metros.



**Figura 19. Back análisis de sobre rotura, veta 658 Sp 5 Nv. 1320 Tomada del Departamento de Geomecánica**

Descripción general de las condiciones de dilución en función a la sobre-rotura generada:

- ✓  $ELOS \leq 0.1$  [m]: zona más asociado a la pérdida o baja recuperación de mineral.
- ✓  $0.1$  [m] <  $ELOS \leq 0.5$  [m]: se asocia principalmente a daño por voladura.
- ✓  $0.5$  [m] <  $ELOS \leq 1.0$  [m]: considerado como dilución menor.
- ✓  $1.0$  [m] <  $ELOS \leq 2.0$  [m]: considerado como dilución moderada.
- ✓  $ELOS > 2.0$  [m]: considerado como dilución severa.



**Figura 20. ELOS esperados para el minado de la veta 658 Nv. 1370**  
Tomada del Departamento de Geomecánica

**Tabla 10. Parámetros de diseño de minado**

Zona	N'	Banco	Inclinado	Minado	Pot. Veta (m)	LMA' (m)
Techo	1.7	10.0	13.5	21.5	8.0	18.0
ZAF	0.7	10.0	13.5	21.5	8.0	18.0
Piso	3.8	10.0	13.5	21.5	8.0	18.0

Tomada del Departamento de Geomecánica

**Tabla 11. Análisis de sobre rotura y dilución esperada**

Zona	Vol. Diseño (m <sup>3</sup> )	ELOS (m)	Vol. Sobre-rotura (m <sup>3</sup> )	Dilución
Techo	3089.7	1.0	386.2	13%
ZAF	3089.7	2.0	772.4	25%
Piso	3089.7	0.5	193.1	6%

Tomada del Departamento de Geomecánica

La probabilidad de falla (PoF) esperada para la zona de alto fracturamiento se encuentra en el rango de 25 % a 40 %, mientras que en filita se encuentra por debajo del 20 %.

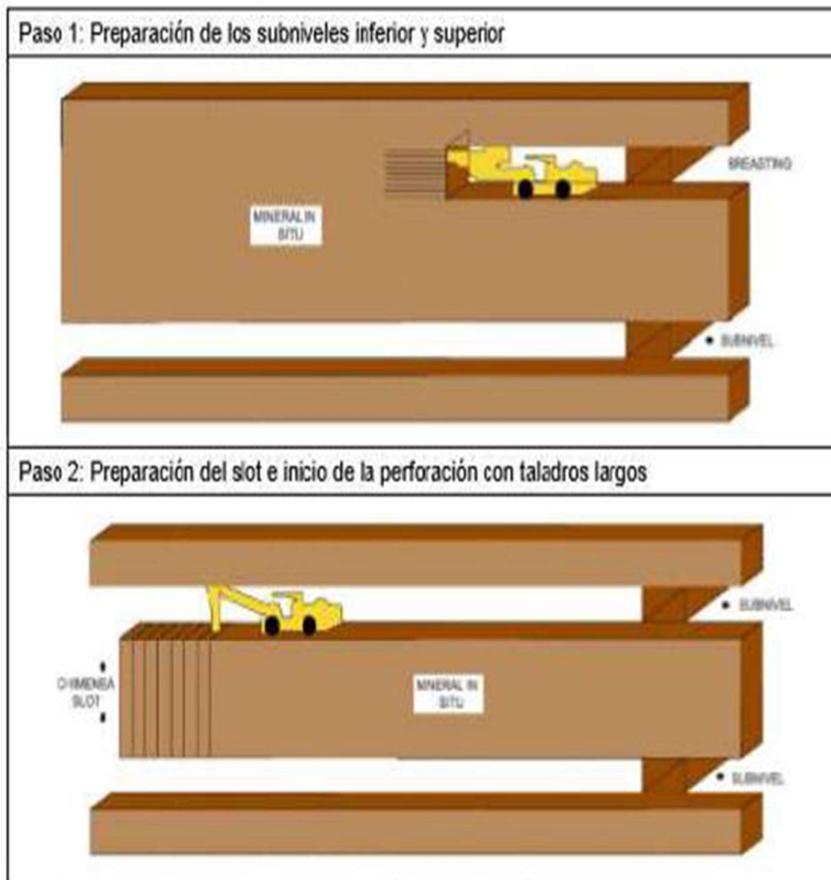
La dilución estimada en base al back-análisis durante el minado del tajo en la zona de alto fracturamiento será de un 25 % en la caja techo y un máximo de 6% en la caja piso.

La dilución estimada en base al back-análisis durante el minado del tajo en donde no se presente el ZAF será de un 13 % en la caja techo y un máximo de 6 % en la caja piso.

#### h) Método de minado – *bench and fill*

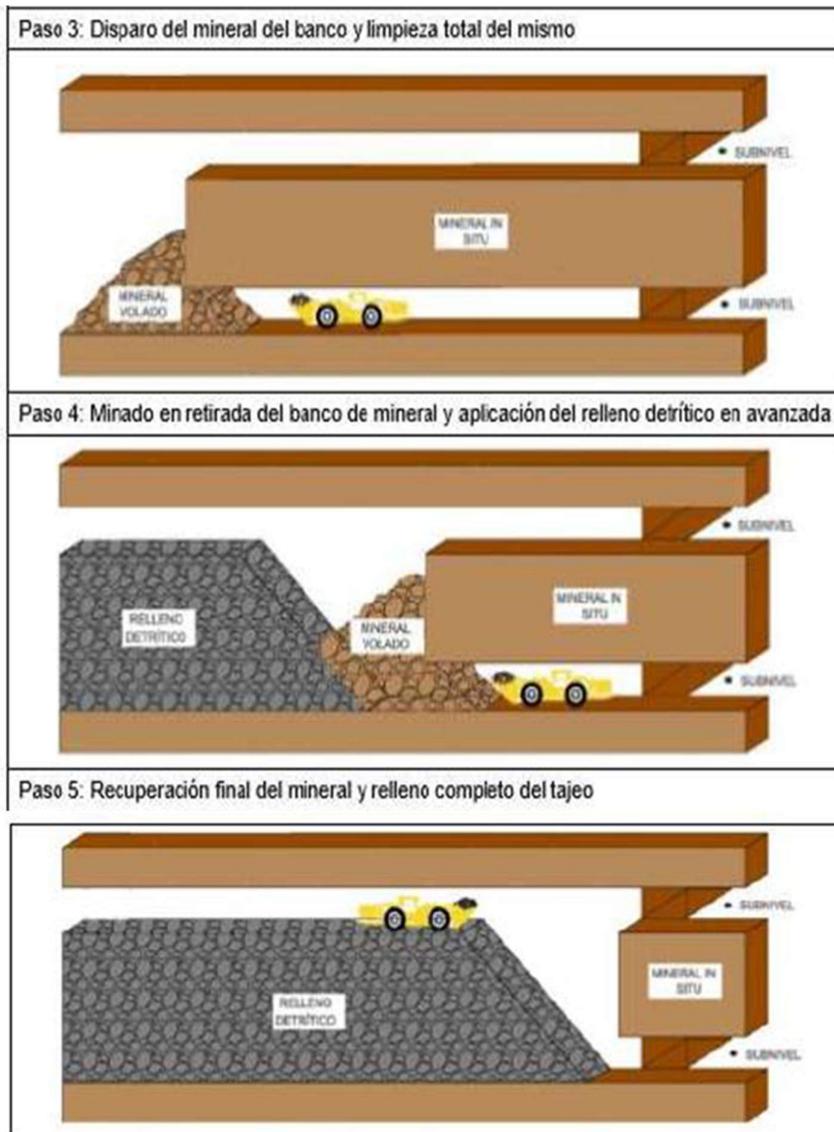
También conocida como AVOCA, el cual es variante del método de minado *cut and fill*, considerando un RMR >35, buzamiento > 55° con roca de mala calidad tipo A y dilución entre 10 a 20 %.

La secuencia de extracción se realiza en retirada y seguida por la implementación de relleno detrítico en avanzada. La preparación se inicia desde la rampa (-12 %), ingresando con un crucero hacia el *by pass*, desde aquí se generan los accesos de una longitud de 50 - 60 m según la evaluación geomecánica, estos accesos de 3.8 m x 4.0 m cortan la veta lo que dará lugar al inicio de las galerías o subniveles de explotación. Los accesos se ubican a una distancia de 150 m entre sí.



**Figura 21. Preparación, método de minado Bench and Fill de la veta 658 Nv. 1370 Tomada del Departamento de Geomecánica**

Los bancos de explotación son de 10 a 12 metros altura vertical. Para la limpieza y extracción de mineral se utiliza scoops a diésel de 6.0 yd<sup>3</sup> de capacidad, con telemando. Luego es cargado a volquetes de 10 m<sup>3</sup>, que transportan el mineral hacia las parrillas y/o hacia superficie. Una vez realizada la etapa de limpieza de mineral se utiliza el relleno detrítico proveniente principalmente de los desarrollos y preparaciones para continuar con el ciclo de minado.



**Figura 22. Secuencia de minado, método de minado bench and fill de la veta 658 Nv. 1370 Tomada del Departamento de Geomecánica**

i) Producción programada

La producción programada durante el periodo 2022 en las zonas 1, 2 y 3 será de 1'717,482.36 toneladas, con leyes promedio de: Zn@5.19 %, Pb@0.93, Cu@0.13 % y Ag@3.21 Oz.

**Tabla 12. Plan de producción programada, periodo 2022**

**PROGRAMA DE PRODUCCIÓN - BUDGET**

ZONA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Budget 2022
<b>Z1</b>													
TM	60,855.45	60,277.94	64,943.67	57,031.65	53,069.19	51,506.75	45,978.99	46,866.67	42,603.29	47,367.62	45,406.33	44,426.40	620,333.93
% ZN	5.16	4.92	4.83	6.09	4.36	3.95	5.27	6.85	5.35	3.76	3.66	3.17	4.81
% PB	1.18	1.38	1.16	1.55	1.18	1.05	1.33	1.31	1.05	0.83	0.85	0.72	1.15
% CU	0.09	0.12	0.16	0.24	0.14	0.20	0.15	0.16	0.11	0.09	0.12	0.13	0.15
Oz/t AG	4.15	4.70	4.32	5.64	4.60	4.47	5.04	6.04	4.53	3.67	3.97	3.64	4.57
<b>Z2</b>													
TM	31,543.28	32,114.96	46,646.88	50,966.74	58,521.85	56,493.27	78,021.01	77,133.33	77,392.91	76,632.39	74,593.44	91,569.67	751,629.72
% ZN	6.76	5.37	4.51	5.28	5.43	7.16	5.89	4.97	5.42	5.41	4.98	5.97	5.57
% PB	0.52	0.50	0.42	0.41	0.33	0.78	0.49	0.53	0.59	0.50	0.55	0.67	0.53
% CU	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.09	0.12	0.12	0.11	0.22	0.13	0.27	0.14
Oz/t AG	2.10	2.10	1.79	1.94	1.85	2.89	2.01	2.29	2.49	2.61	2.43	3.29	2.39
<b>Z3</b>													
TM	39,392.74	39,354.14	34,135.11	33,584.04	34,318.88	32,862.35	21,929.12	21,879.30	20,994.99	21,826.34	21,251.02	23,990.68	345,518.71
% ZN	4.48	4.96	4.61	5.48	4.81	5.49	5.47	5.52	5.05	5.14	4.10	5.88	5.05
% PB	0.93	1.34	0.86	1.86	0.54	1.56	1.66	1.36	3.34	0.73	1.23	2.20	1.40
% CU	0.07	0.10	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.11	0.04	0.08	0.07
Oz/t AG	1.97	3.45	2.54	2.43	1.64	1.95	2.97	2.13	4.08	3.48	1.55	2.95	2.54
<b>Total TM</b>	<b>131,791.46</b>	<b>131,747.04</b>	<b>145,725.66</b>	<b>141,582.43</b>	<b>145,909.93</b>	<b>140,862.37</b>	<b>145,929.12</b>	<b>145,879.29</b>	<b>140,991.19</b>	<b>145,826.34</b>	<b>141,250.79</b>	<b>159,986.75</b>	<b>1,717,482.36</b>
Total % ZN	5.34	5.04	4.67	5.65	4.90	5.60	5.63	5.66	5.34	4.83	4.42	5.18	5.19
Total % PB	0.94	1.15	0.85	1.22	0.69	1.06	0.93	0.90	1.14	0.64	0.75	0.91	0.93
Total % CU	0.09	0.12	0.13	0.15	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.16	0.11	0.20	0.13
Total Oz/t AG	3.01	3.69	3.09	3.55	2.80	3.25	3.11	3.47	3.34	3.08	2.79	3.34	3.21

*Tomada del Departamento de Planeamiento*

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

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

##### 3.1.1. Método de la investigación

La metodología de investigación para el desarrollo de la presente tesis es una investigación aplicada con un nivel explicativo, cuyo propósito es explicar las causas de la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370, mediante el análisis de las variables operacionales del método de minado *bench and fill*.

##### a) Método general

El trabajo de investigación relaciona las variables operacionales asociadas al método de minado *bench and fill* con la finalidad de mejorar la producción en la veta 658 – Nv 1370 de la unidad minera San Cristobal – Volcan Cía. Minera.

##### b) Métodos específicos

Durante el desarrollo del trabajo de investigación se analizaron las variables: producción de mineral de corto plazo programado y ejecutado, leyes de Zn, Pb, Cu y Ag asociadas a ambos periodos, dilución programada y ejecutada y el valor de mineral (NSR), asociados a la aplicación del método de minado *bench and fill* de la veta 658 – Nv 1370, presentando las actividades siguientes:

- **Recopilación de informes.** Se recolectó información asociada a las condiciones geológicas, geomecánicas del método de minado Bench and Fill, al programa de

producción Budget de la veta 658 - Nv 1370, así mismo a las variables operacionales en el diseño del método de minado.

- **Trabajo de campo.** Se observó el cumplimiento del plan de producción y el nivel de extracción de mineral de la veta 658 – Nv 1370, considerando el análisis de las variables asociadas al método de minado Bench and Fill.
- **Trabajo de gabinete.** Se analizó y evaluó las diferentes variables asociadas al plan de producción programado y ejecutado, la influencia de la dilución en el cumplimiento del tonelaje producido y el efecto que genera este en el valor de mineral (NSR).
- **Resultados.** Se analizó e interpretó los resultados obtenidos de las diferentes variables operacionales del método de minado Bench and Fill, durante el periodo enero a diciembre del 2022.

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

Es del tipo explicativo, porque en el desarrollo del presente trabajo analiza las variables operacionales del método de minado *bench and fill* para la mejora de la producción de la veta 658 – Nv 1370 de la UM San Cristóbal.

## **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación permite cumplir con la mejora de la producción en la explotación de la veta 658 – Nv 1370, mediante la aplicación del método de minado *bench and fill*. El cumplimiento en la mejora de producción permite el análisis de las variables operacionales como: tonelaje programado y ejecutado, dilución asociada al método de minado, leyes diluidas asociadas al parámetro de dilución y el valor de mineral (NSR).

### **3.2.1. Tipo de diseño de investigación**

El desarrollo de la tesis es de diseño no experimental de corte longitudinal. Las variables operacionales aplicadas en el método de minado *bench and fill* se analizarán durante el periodo de enero a diciembre del 2022 considerando los escenarios programados y ejecutados.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población pertenece a la unidad minera San Cristóbal de Volcan Cía. Minera, con la aplicación *bench and fill*.

#### **3.3.2. Muestra**

Representa a las variables operacionales asociados a la veta 658 – Nv 1370 de la unidad minera San Cristobal.

#### **3.3.3. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- ✓ Revisión de los planes de producción programado.
- ✓ Revisión de tonelaje de producción programado y producción ejecutada.
- ✓ Revisión de data geomecánica del método de minado *bench and fill*, veta 658 – Nv 1370.
- ✓ Observación de ciclo de minado en la veta 658 – Nv 1370.
- ✓ Revisión de información de proceso metalúrgico.

#### **3.3.4. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Reportes técnicos relacionados al método de minado *bench and fill*.
- ✓ Informes asociados a las variables operacionales (dilución, recuperación NSR) del método de minado *bench and fill* en la unidad minera San Cristobal.
- ✓ Reportes de internet asociados a *sublevel stoping*.
- ✓ Uso de plantillas en Excel.
- ✓ Otros asociados.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

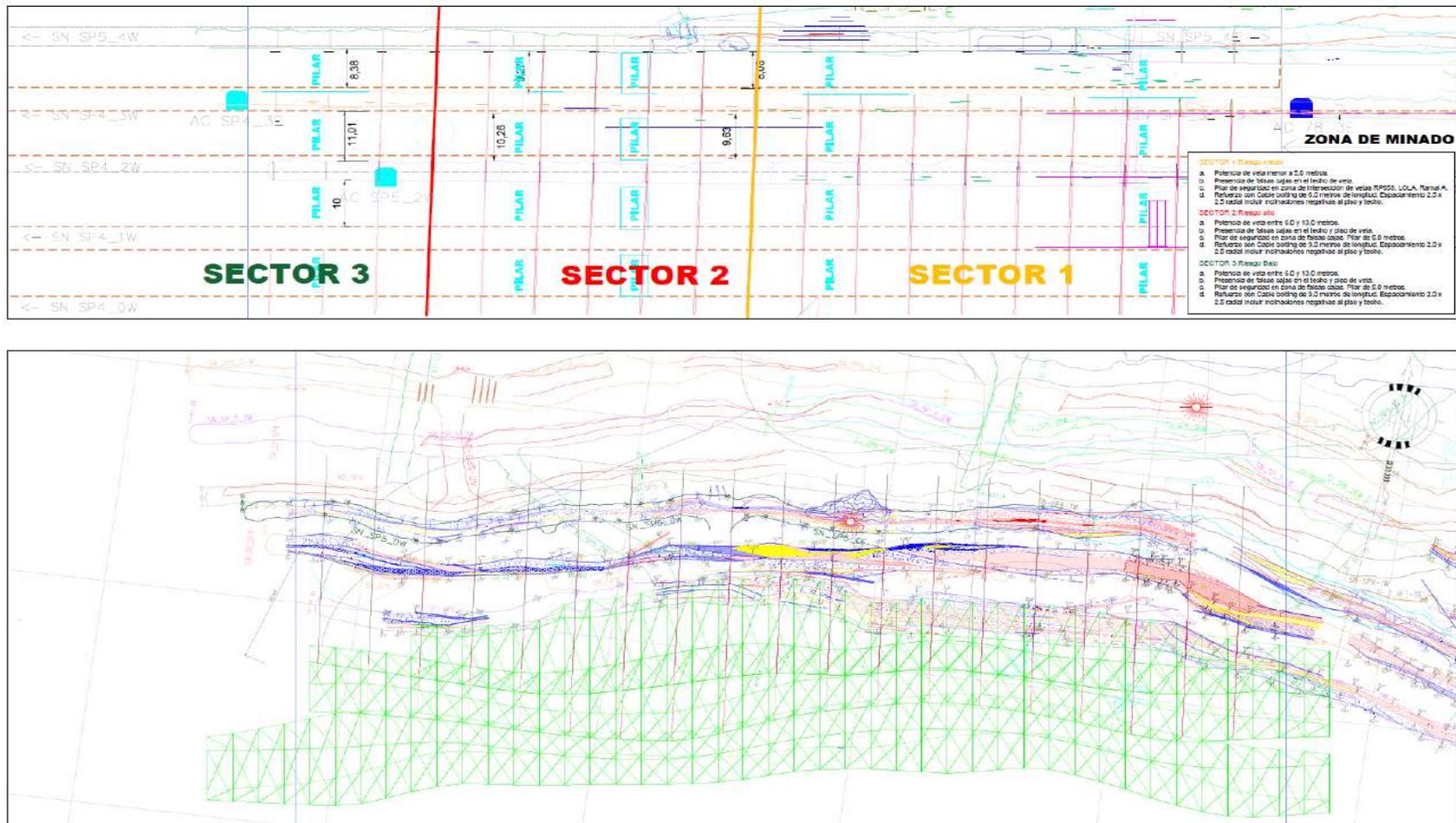
En el presente capítulo, se presenta los resultados del tratamiento de información para la mejora de la producción en la veta 658 – Nv 1370 considerando el análisis de las variables operacionales tales como el plan de producción programado y ejecutado, la dilución asociada a ambos escenarios, el valor de mineral (NSR), etc. del método de minado *bench and fill* en la unidad minera San Cristóbal.

##### **4.1.1. Análisis del plan de producción programado**

El desarrollo de la presente tesis tiene por objetivo la mejora de la producción mediante la aplicación del método de minado *bench and fill* y el análisis de las variables operacionales que éstas inciden.

Por tal motivo, se realizará un análisis comparativo de la producción en los escenarios tipo Budget (programado) y ejecutado (real), para determinar algunos indicadores que permitan conocer los resultados planteados.

El tonelaje programado para el periodo enero a diciembre del 2022, considera la explotación de las zonas 1, 2 y 3, y será de 1'717,482.36 toneladas, con leyes promedio de: Zn@5.19 %, Pb@0.93, Cu@0.13 % y Ag@3.21 Oz.



**Figura 23. Producción programada sector 1, 2 y 3, aplicando el método de minado bench and fill  
Tomada del Departamento de Planeamiento**

Tabla 13. Programa de producción programado – periodo enero a diciembre 2022

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN - BUDGET													
ZONA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Budget 2022
Total TM	131,791.46	131,747.04	145,725.66	141,582.43	145,909.93	140,862.37	145,929.12	145,879.29	140,991.19	145,826.34	141,250.79	159,986.75	1,717,482.36
Total % ZN	5.34	5.04	4.67	5.65	4.90	5.60	5.63	5.66	5.34	4.83	4.42	5.18	5.19
Total % PB	0.94	1.15	0.85	1.22	0.69	1.06	0.93	0.90	1.14	0.64	0.75	0.91	0.93
Total % CU	0.09	0.12	0.13	0.15	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.16	0.11	0.20	0.13
Total Oz/t AG	3.01	3.69	3.09	3.55	2.80	3.25	3.11	3.47	3.34	3.08	2.79	3.34	3.21

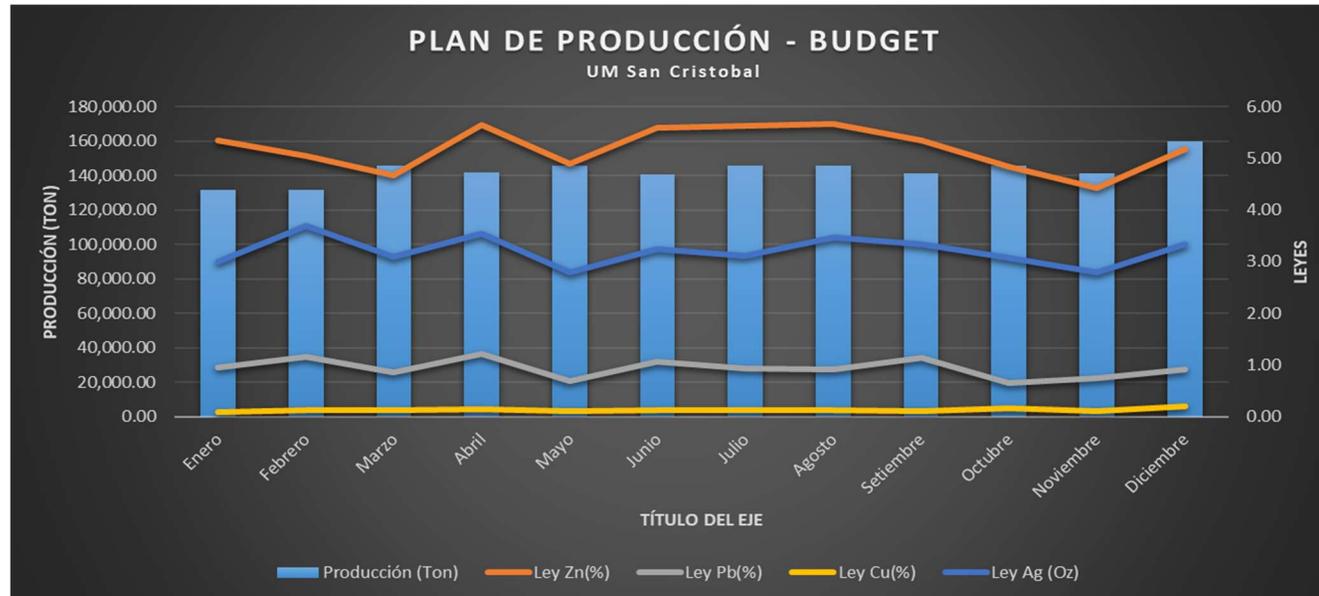


Figura 24. Relación de producción – leyes de mineral, escenario programado

Los sectores de producción han sido caracterizados en 3 zonas siendo las características:

- ✓ Zona 1: considerado de riesgo medio, potencia < 5 m, presencia de falsas cajas en el techo de veta, pilar de seguridad en zona de intersección de vetas, refuerzo con cable bolting de 5 m de longitud y espaciamiento de 2.5 x 2.5 radial, incluir inclinaciones negativas al piso y techo.
  
- ✓ Zona 2: considerado de riesgo alto, potencia entre 6 y 13 m, presencia de falsas cajas en el techo y piso de la veta, pilar de seguridad en zonas de falsas cajas (5 m), refuerzo con cable bolting de 9 m de longitud, espaciamiento de 2 x 2.5 radial, incluir inclinaciones negativas al piso y techo.
  
- ✓ Zona 3: considera riesgo bajo, potencia de veta entre 6 y 13 m, presencia de falsas cajas en el techo y piso de la veta, pilar de seguridad en zona de falsas cajas (5 m), refuerzo con cable bolting de 9 m de longitud, espaciamiento de 2 x 2.5 radial incluir inclinaciones negativas al piso y techo.

#### **4.1.2. Análisis del plan de producción programado zona 2**

El presente estudio abarcará el análisis de la Zona 2, considerando los meses de julio, agosto, setiembre y octubre del 2022 por considerarse periodos con producciones programadas muy homogéneas.

Asimismo, se definió la influencia de la sobre rotura en la dilución, tonelaje, NSR (valor de mineral), ancho de minado y su influencia económica en el proceso de acarreo, en los escenarios programado y ejecutado.

El tonelaje programado en la zona 2 durante el periodo enero a diciembre del 2022 fue de 751,629.72 toneladas, con ley media de Zn@ 5.57 %, Pb@ 0.53 %, Cu@ 0.14 % y Ag@ 2.39 Oz.

Tabla 14. Programa de producción programado, zona 2 del periodo enero a diciembre 2022

**PROGRAMA DE PRODUCCIÓN - BUDGET**

ZONA 2

ZONA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Budget 2022
<b>Z2</b>													
TM	31,543.28	32,114.96	46,646.88	50,966.74	58,521.85	56,493.27	78,021.01	77,133.33	77,392.91	76,632.39	74,593.44	91,569.67	751,629.72
% ZN	6.76	5.37	4.51	5.28	5.43	7.16	5.89	4.97	5.42	5.41	4.98	5.97	5.57
% PB	0.52	0.50	0.42	0.41	0.33	0.78	0.49	0.53	0.59	0.50	0.55	0.67	0.53
% CU	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.09	0.12	0.12	0.11	0.22	0.13	0.27	0.14
Oz/t AG	2.10	2.10	1.79	1.94	1.85	2.89	2.01	2.29	2.49	2.61	2.43	3.29	2.39

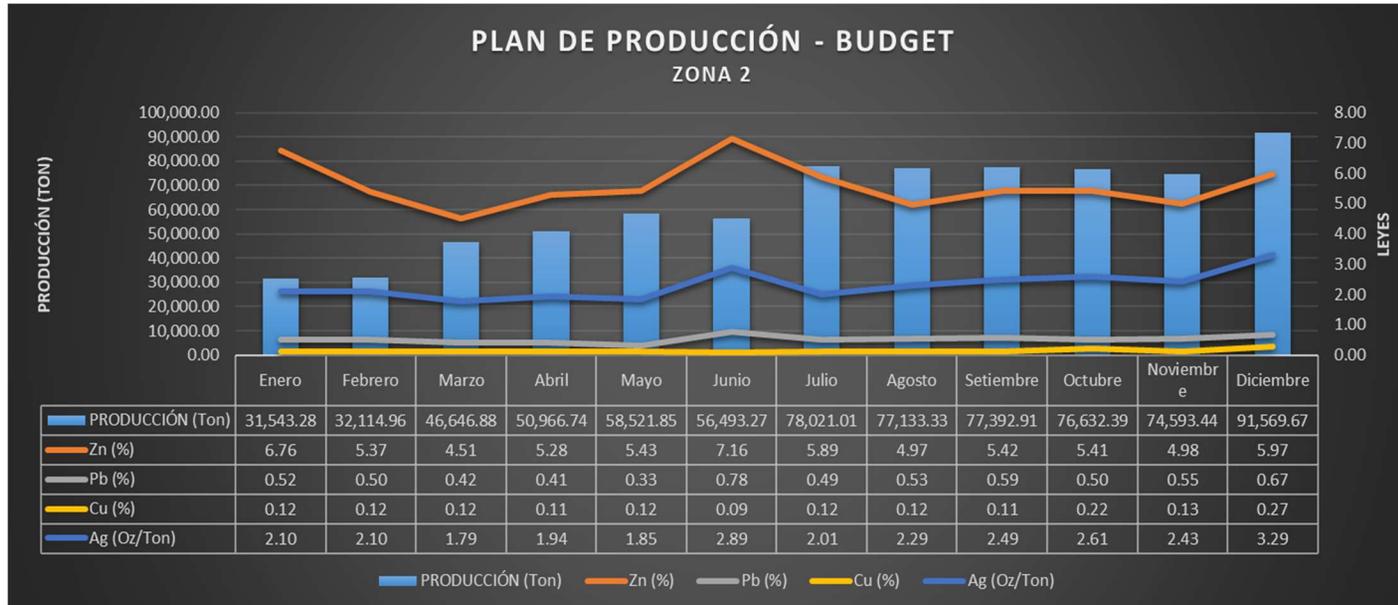


Figura 25. Relación de producción – leyes de mineral, escenario programado, zona 2

El área de estudio considera el análisis de las variables operacionales y económicas de la zona 2, considerando los periodos de julio, agosto, setiembre y octubre, donde las variables operacionales programadas son las siguientes:

- ✓ Mes de julio: el tonelaje programado fue de 78,021.01 toneladas con leyes programadas de Zn@ 5.89 %, Pb@ 0.49 %, Cu@ 0.12 % y Ag@ 2.01 Oz.
- ✓ Mes de agosto: el tonelaje programado fue de 77,133.33 toneladas con leyes programadas de Zn@ 4.97 %, Pb@ 0.53 %, Cu@ 0.12 % y Ag@ 2.29 Oz.
- ✓ Mes de setiembre: el tonelaje programado fue de 77,392.91 toneladas con leyes programadas de Zn@ 5.42 %, Pb@ 0.59%, Cu@ 0.11 % y Ag@ 2.49 Oz.
- ✓ Mes de octubre: el tonelaje programado fue de 76,632.39 toneladas con leyes programadas de Zn@ 5.41 %, Pb@ 0.50 %, Cu@ 0.22 % y Ag@ 2.61 Oz.

#### **4.1.3. Análisis del plan de producción ejecutado V658 – Nv 1370 - Tj\_SP5W**

El presente estudio permitió el análisis de las variables operacionales de la veta 658, del nivel 1370, en la explotación del tajo Tj\_SP5W mediante la aplicación del método de minado *bench and fill*, realizando el análisis de la sobre rotura determinado la dilución y su influencia en la producción programada.

Asimismo, se analizará la influencia de la sobre rotura en las leyes de Zn, Pb, Cu y Ag en el valor de mineral (NSR), el ancho de minado en los escenarios programados y ejecutados.

Los periodos de análisis fueron de julio a octubre del 2022, considerando un comparativo de los periodos julio a agosto primera etapa de estudio y de setiembre a octubre segunda etapa de estudio.

Tabla 15. Programa de producción programada y ejecutada de la veta V658-Nv1370\_Tj SP 5W, periodo julio a octubre 2022

RESUMEN PRODUCCIÓN: PERIODO JULIO A OCTUBRE - ZONA 2													
Nv 1370 - SLS - V658 - TJ_SP5W_P10 - SN_78_2W													
MES	PROGRAMADO						EJECUTAD						DIFERENCIA PRODUCCIÓN
	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ	
JULIO	9,830.00	13.67	2.42	0.08	6.79	439.85	12,423.35	13.55	1.99	0.07	5.91	417.75	2,593.35
AGOSTO	6,830.00	9.61	1.78	0.05	5.04	314.44	14,671.57	11.65	1.85	0.12	5.38	368.64	7,841.57
SETIEMBRE	12,200.00	9.44	1.36	0.08	3.94	289.61	12,335.91	10.92	2.11	0.11	4.61	345.77	135.91
OCTUBRE	11,550.00	8.37	1.38	0.05	3.94	264.79	19,687.09	10.46	2.27	0.07	5.21	344.83	8,137.09
<b>Total /Prom</b>	<b>40,410</b>	<b>10.19</b>	<b>1.70</b>	<b>0.06</b>	<b>4.82</b>	<b>323.26</b>	<b>59,118</b>	<b>11.50</b>	<b>2.07</b>	<b>0.09</b>	<b>5.27</b>	<b>1,519.23</b>	<b>18,707.92</b>

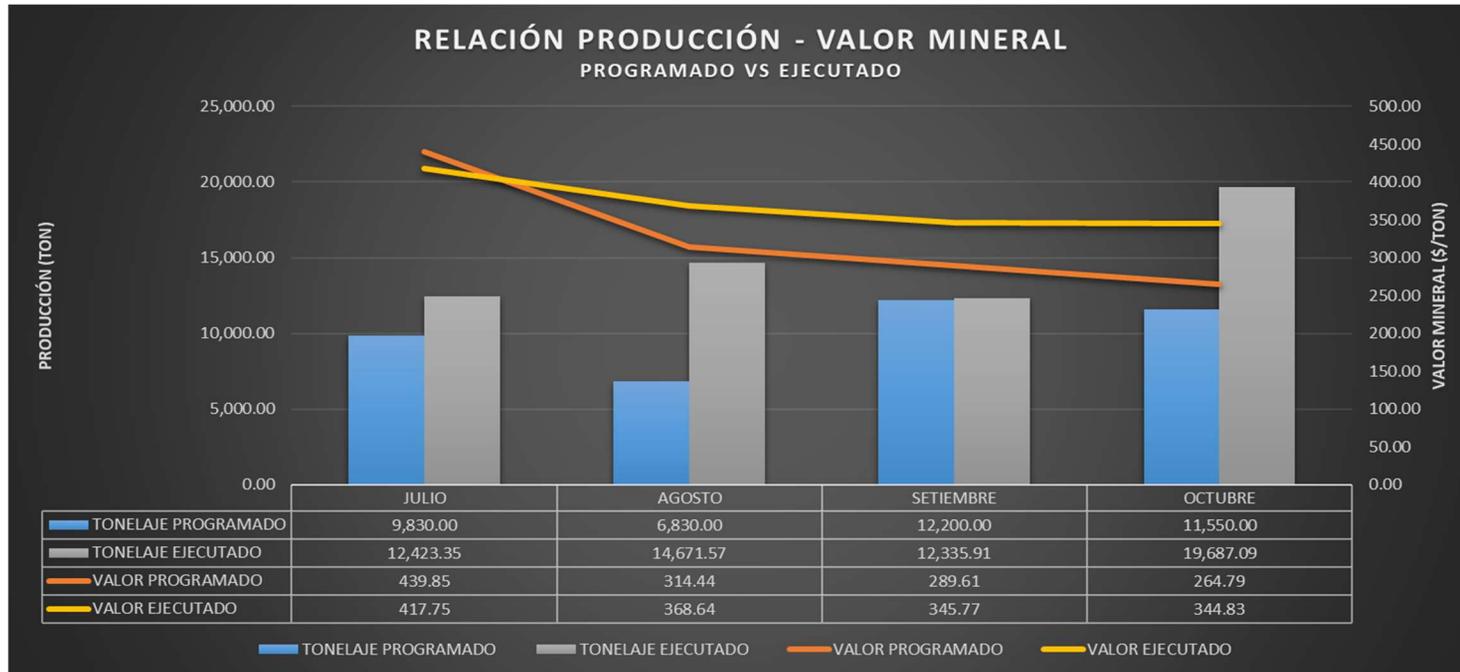


Figura 26. Comparativo de producción –valor de mineral, programado y ejecutado, V658-Nv1370

El análisis de la producción programada y ejecutada, durante el periodo julio a octubre, considera la explotación de la veta V658 – Nv 1370 – Tj SpEW, mediante el método de minado *bench and fill*, siendo los siguientes resultados:

- ✓ El tonelaje programado durante el periodo julio a octubre fue de 40,410 toneladas, siendo el real de 59,118, considerando un incremento de 18,708. Si bien es cierto que hay incremento del tonelaje producido en el periodo de estudio, esto es producto de la sobre rotura generada y esto influye directamente en las otras variables operacionales como el valor de mineral, el costo de acarreo, etc.
  
- ✓ El valor de mineral programado durante el periodo de estudio fue de 323.26 US\$/t siendo el real de 366.26 US \$/t. Este mejor valor de mineral, si bien es cierto tiene un incremento de 43 US\$/t, es directamente relacionado al ancho de minado, el cual se explicará en párrafos posteriores.

#### **4.1.4. Análisis del plan de producción V658 – Nv 1370 - Tj\_SP5W con la dilución asociada**

La relación del plan de producción de la veta V658 – Nv1370 – Tj SP5W con la sobre rotura y su dilución asociada es directamente proporcional con el valor de mineral y el mayor costo de acarreo.

Para el presente estudio se consideró 2 escenarios para entender el comportamiento de las variables operacionales y económicas mediante la aplicación del método de minado *bench and fill* en la veta V658 – Nv1370 – Tj SP5W, siendo los periodos analizados:

##### **a) Periodo julio – agosto**

Durante el periodo de estudio de julio a agosto, en los escenarios programado y ejecutado, se considera el análisis del ancho de minado, plan de producción, valor de mineral (NSR) y tonelaje diluido.

Tabla 16. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658-Nv1370\_Tj SP 5W, periodo julio

JULIO - ZONA 2

Nv 1370 - SLS - V658 - Tj\_SP5W\_P10 - SN\_78\_2W

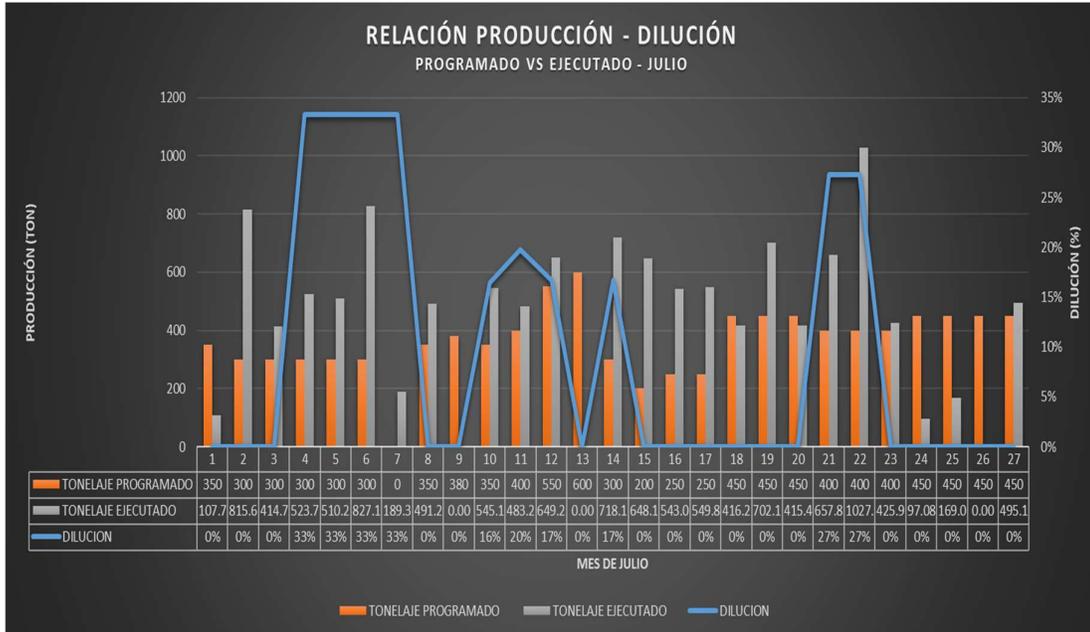
FECHA	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						DIFERENCIA			Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_EJ	DIF_TMS	TMF_ZN	OzF_AG	
3	6.0	6.0	0%	350	12.83	1.89	0.07	5.23	390.78	107.73	15.00	2.00	0.05	4.85	434.50	-242.27	-28.73	-1,306.86	
4	6.0	6.0	0%	300	13.06	2.06	0.08	5.62	404.19	815.63	12.98	1.61	0.08	4.30	377.22	515.63	66.70	1,821.82	
5	6.0	6.0	0%	300	15.51	2.06	0.08	5.62	458.40	414.76	15.25	2.05	0.09	5.82	456.13	114.76	16.73	728.48	
6	9.0	6.0	33%	300	13.66	2.21	0.08	5.90	424.17	523.72	12.56	1.56	0.07	4.98	375.83	223.72	24.79	837.09	223.72
7	9.0	6.0	33%	300	13.95	2.46	0.08	6.59	444.41	510.27	15.01	2.38	0.06	6.41	462.97	210.27	34.75	1,292.88	210.27
8	9.0	6.0	33%	300	15.37	2.83	0.08	7.78	498.21	827.17	11.48	1.72	0.06	4.45	346.93	527.17	48.84	1,346.05	527.17
9	9.0	6.0	33%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	189.32	12.02	2.28	0.05	3.90	360.33	189.32	22.76	737.58	189.32
12	5.0	6.2	0%	350	16.83	2.80	0.09	7.94	532.59	491.21	16.62	3.15	0.08	8.00	534.38	141.21	22.75	1,150.39	
13	0.0	0.0	0%	380	16.23	2.73	0.09	7.65	514.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-380.00	-61.66	-2,907.91	
14	7.3	6.1	16%	350	15.10	2.62	0.07	7.01	477.92	545.10	11.71	5.23	0.09	6.74	444.55	195.10	10.98	1,221.14	195.10
15	8.1	6.5	20%	400	14.60	2.83	0.08	7.78	481.21	483.29	16.07	2.40	0.14	8.82	523.64	83.29	19.25	1,149.48	83.29
16	8.1	6.8	17%	550	13.96	2.80	0.08	7.77	466.37	649.23	14.64	1.97	0.18	10.42	508.45	99.23	18.26	2,490.93	99.23
17	0.0	0.0	0%	600	13.80	2.71	0.08	7.69	459.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-600.00	-82.78	-4,614.15	
18	8.1	6.8	17%	300	15.11	2.95	0.09	8.42	503.84	718.17	14.33	2.12	0.10	6.17	442.33	418.17	57.57	1,906.06	418.17
19	6.2	6.2	0%	200	15.14	2.80	0.09	7.94	495.37	648.10	14.29	2.32	0.09	7.10	456.97	448.10	62.31	3,013.32	
20	6.2	6.2	0%	250	15.41	2.73	0.09	7.65	496.20	543.00	13.21	1.67	0.04	4.38	382.60	293.00	33.19	465.26	
21	6.2	6.2	0%	250	15.10	2.62	0.07	7.01	477.92	549.83	17.61	1.50	0.05	5.23	488.88	299.83	59.09	1,124.71	
22	3.5	3.5	0%	450	13.84	2.83	0.08	7.78	464.21	416.28	17.90	1.60	0.05	5.90	506.17	-33.72	12.25	-1,046.24	
23	3.8	3.8	0%	450	13.96	2.80	0.08	7.77	466.37	702.12	14.69	1.99	0.07	5.48	437.08	252.12	40.31	352.58	
24	4.0	4.0	0%	450	13.80	2.71	0.08	7.69	459.93	415.46	13.80	0.85	0.05	3.08	364.25	-34.54	-4.75	-2,180.99	
25	5.5	4.0	27%	400	14.23	2.95	0.09	8.42	484.17	657.88	13.65	2.18	0.06	7.38	442.55	257.88	32.88	1,488.43	257.88
26	5.5	4.0	27%	400	13.46	2.80	0.09	7.94	458.15	1027.91	8.77	1.31	0.04	5.05	287.01	627.91	36.31	2,014.59	627.91
27	5.5	5.5	0%	400	13.79	2.73	0.09	7.65	460.31	425.94	14.19	1.85	0.05	6.44	435.72	25.94	5.27	-317.92	
28	5.5	5.5	0%	450	13.59	2.62	0.07	7.01	444.52	97.08	14.26	0.88	0.05	5.88	413.13	-352.92	-47.32	-2,582.83	
29	5.5	5.5	0%	450	9.71	1.10	0.05	3.55	284.33	169.02	10.16	2.01	0.05	5.96	342.75	-280.98	-26.52	-590.99	
30	0.0	0.0	0%	450	9.17	0.88	0.05	3.05	261.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-450.00	-41.27	-1,372.24	
31	4.0	4.0	0%	450	9.17	0.88	0.05	3.05	261.79	495.12	9.88	0.85	0.05	3.58	284.36	45.12	7.65	400.29	
<b>Total /Prom</b>	<b>6.4</b>	<b>4.6</b>	<b>26%</b>	<b>9,830</b>	<b>13.67</b>	<b>2.42</b>	<b>0.08</b>	<b>6.79</b>	<b>439.85</b>	<b>12,423</b>	<b>13.55</b>	<b>1.99</b>	<b>0.07</b>	<b>5.91</b>	<b>417.75</b>	<b>2,593</b>	<b>340</b>	<b>6,621</b>	<b>2,832.07</b>

Tabla 17. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658-Nv1370\_Tj SP 5W, periodo agosto

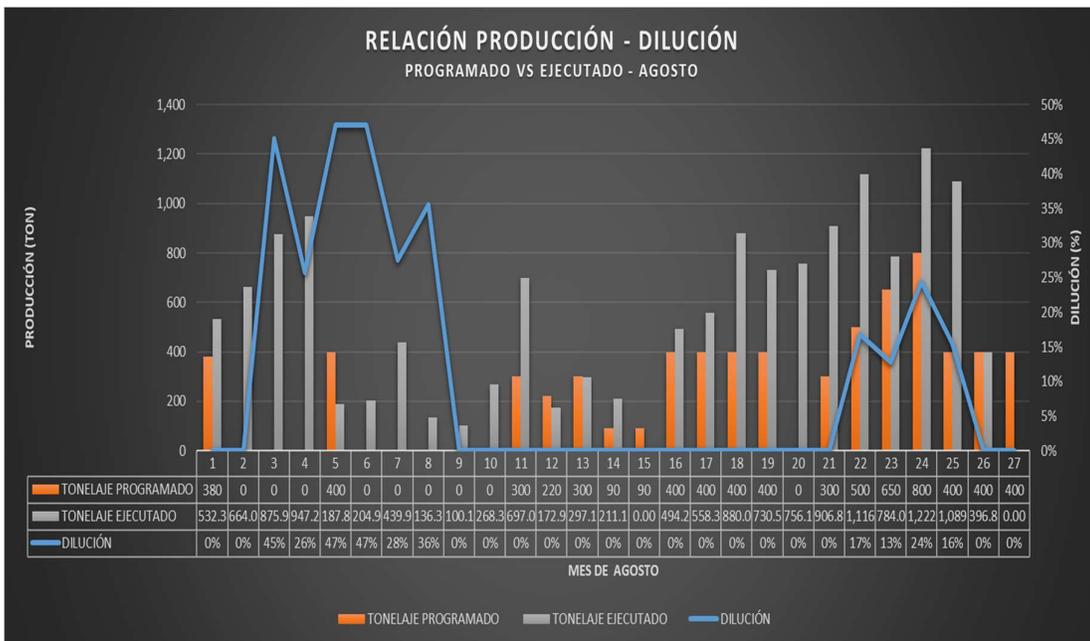
AGOSTO - ZONA 2

Nv 1370 - SLS - V658 - Tj\_SPSW\_P10 - SN\_78\_2W

FECHA	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						DIFERENCIA			Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ	DIF_TMS	TMF_ZN	OzF_AG	
1	3.9	3.9	0%	380	9.59	0.82	0.05	2.81	266.83	532.34	8.57	0.84	0.15	4.77	276.50	152.34	9.16	1,472.65	
2	3.9	3.9	0%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	664.04	11.88	0.61	0.10	4.66	341.78	664.04	78.89	3,094.43	
3	5.1	2.8	45%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	875.98	8.01	0.43	0.04	2.00	213.84	875.98	70.17	1,753.18	875.98
4	3.5	2.6	26%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	947.28	9.05	0.75	0.04	3.54	263.37	947.28	85.73	3,353.38	947.28
5	5.1	2.7	47%	400	5.98	0.69	0.03	6.95	240.57	187.89	8.72	1.31	0.24	11.75	387.85	-212.11	-7.52	-573.87	212.11
6	5.1	2.7	47%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	204.90	6.07	0.97	0.14	7.34	257.95	204.90	12.45	1,503.49	204.90
7	4.0	2.9	28%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	439.94	8.03	1.03	0.06	5.13	268.15	439.94	35.33	2,256.87	439.94
8	4.5	2.9	36%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	136.30	8.00	1.11	0.05	4.20	255.66	136.30	10.90	572.46	136.30
11	0.0	0.0	0%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.18	16.14	0.28	0.21	3.12	414.95	100.18	16.17	312.57	
12	0.0	0.0	0%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	268.31	8.68	2.71	0.05	6.34	327.10	268.31	23.29	1,701.07	
13	0.0	0.0	0%	300	9.50	1.71	0.02	3.60	289.34	697.07	7.19	2.29	0.16	3.95	260.01	397.07	21.65	1,671.78	
14	0.0	0.0	0%	220	9.50	1.71	0.02	3.60	289.34	172.97	11.69	2.14	0.09	4.34	358.77	-47.03	-0.68	-42.06	
15	0.0	0.0	0%	300	9.50	1.71	0.02	3.60	289.34	297.11	12.07	2.00	0.03	3.85	354.97	-2.89	7.36	63.88	
17	0.0	0.0	0%	90	9.00	1.50	0.02	3.00	266.53	211.11	13.72	3.14	0.06	6.68	450.85	121.11	20.86	1,139.88	
18	0.0	0.0	0%	90	9.00	1.50	0.02	3.00	266.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-90.00	-8.10	-270.00	
20	4.0	4.0	0%	400	10.29	1.91	0.07	5.81	342.80	494.20	14.94	1.95	0.09	5.38	441.52	94.20	32.66	332.21	
21	4.5	4.5	0%	400	10.18	2.09	0.06	6.07	346.73	558.33	12.24	2.19	0.09	4.35	371.77	158.33	27.58	1.69	
22	5.3	5.3	0%	400	9.94	2.14	0.05	6.20	343.58	880.02	14.15	1.97	0.17	5.21	426.17	480.02	84.76	2,103.60	
23	5.6	5.6	0%	400	10.50	2.19	0.06	6.58	362.17	730.59	14.35	3.00	0.14	9.18	500.74	330.59	62.85	4,073.67	
24	5.3	5.3	0%	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	756.19	13.16	2.98	0.19	7.93	459.56	756.19	99.49	5,997.00	
25	6.1	6.1	0%	300	11.04	1.99	0.06	6.47	369.33	906.88	13.21	2.07	0.16	6.74	427.42	606.88	86.68	4,174.97	
26	8.3	6.9	17%	500	9.94	2.14	0.05	6.20	343.58	1,116.65	12.85	2.20	0.08	6.21	410.55	616.65	93.79	3,830.50	616.65
27	7.3	5.8	13%	650	9.94	2.14	0.05	5.74	337.29	784.09	14.39	2.94	0.16	7.02	472.48	134.09	48.23	1,772.49	134.09
28	8.5	5.8	24%	800	9.32	2.14	0.05	5.45	319.53	1,222.97	13.40	1.79	0.22	4.17	394.76	422.97	89.30	731.74	422.97
29	7.0	5.6	16%	400	9.94	2.14	0.05	4.20	316.30	1,089.36	10.06	2.09	0.08	4.63	325.45	689.36	69.87	3,366.05	689.36
30	8.3	8.3	0%	400	10.50	2.19	0.06	4.20	329.71	396.89	14.83	1.66	0.08	6.44	447.74	-3.11	16.85	873.94	
31	0.0	0.0	0%	400	8.64	0.26	0.15	1.76	226.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-400.00	-34.56	-705.66	
Total /Prom	5.2	4.3	30%	6,830	9.61	1.78	0.05	5.04	314.44	14,672	11.65	1.85	0.12	5.38	368.64	7,842	1,053	44,562	4,679.56



**Figura 27. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de julio**



**Figura 28. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de agosto**

Para entender el comportamiento de la dilución, se analizará los resultados programados y real del ancho de minado, plan de producción día, el valor de mineral (NSR) y el tonelaje diluido, para el periodo julio – agosto siendo los resultados:

- ✓ El ancho de minado programado para el periodo de julio fue de 4.6 m y el ejecutado de 6.4 m., este mayor incremento en el ancho de minado considera una dilución promedio de 26 %.
- ✓ El ancho de minado programado para el periodo de agosto fue de 4.3 m y el ejecutado de 5.2 m., este mayor incremento en el ancho de minado considera una dilución promedio de 30 %.
- ✓ La producción programada para el periodo de julio fue de 9,830 toneladas y el ejecutado de 12,423 toneladas, considerando un tonelaje diluido de 2,832 toneladas.
- ✓ La producción programada para el periodo de agosto fue de 6,830 toneladas y el ejecutado de 14,672 toneladas, considerando un tonelaje diluido de 4,680 toneladas.
- ✓ El valor de mineral programado para el periodo de julio fue de 439.85 US \$/t y el ejecutado de 417.75 US \$/t, este menor valor está relacionado a la dilución generada en este periodo.
- ✓ El valor de mineral programado para el periodo de agosto fue de 314.44 US \$/t y el ejecutado de 368.64 US \$/t, este mayor valor de mineral está directamente relacionado al incremento de leyes media como: incremento de Zn@ 9.61 % a Zn@ 11.65 %, Pb@ 1.78 % a Pb@ 1.85 %, Cu@ 0.05 % a Cu@ 0.12 % y Ag@ 5.04 Oz a Ag@ 5.38 Oz.

b) Periodo setiembre - octubre

Durante el periodo de estudio de setiembre a octubre, en los escenarios programado y ejecutado, se considera el análisis del ancho de minado, plan de producción, valor de mineral (NSR) y tonelaje diluido.

Tabla 18. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658-Nv1370\_Tj SP 5W, periodo setiembre

SETIEMBRE - ZONA 2

Nv 1370 - SLS - V658 - Tj\_SP5W\_P10 - SN\_78\_2W

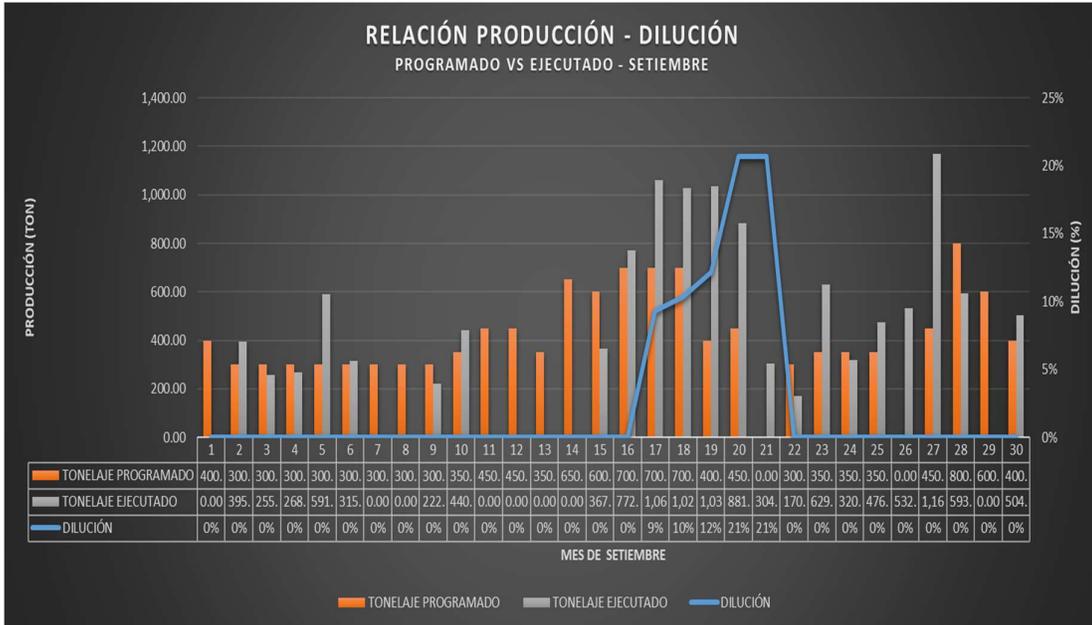
FECHA	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						DIFERENCIA			Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ	DIF_TMS	TMF_ZN	OzF_AG	
1	0.0	0.0	0%	400.00	7.64	0.26	0.15	1.76	204.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-400	-31	-706	
2	6.0	6.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	2.16	232.43	395.40	11.50	0.79	0.05	3.23	314.40	95	20	628	
3	6.0	6.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	1.96	229.70	255.75	12.94	1.49	0.07	4.50	376.51	-44	7	562	
4	6.0	6.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	2.06	231.07	268.29	12.15	2.81	0.09	9.63	452.60	-32	7	1,965	
5	6.0	6.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	2.26	233.80	591.69	7.39	0.77	0.03	2.24	208.87	292	18	648	
6	9.0	9.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	2.16	232.43	315.33	10.52	0.25	0.12	1.95	269.39	15	7	-35	
7	0.0	0.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	1.99	230.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-300	-26	-598	
8	0.0	0.0	0%	300.00	8.64	0.26	0.15	2.08	231.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-300	-26	-623	
9	6.0	6.0	0%	300.00	11.17	2.01	0.06	5.49	359.16	222.25	2.55	0.50	0.09	1.01	83.24	-78	-28	-1,422	
10	6.4	6.4	0%	350.00	10.92	2.11	0.07	5.44	355.22	440.28	12.25	2.44	0.07	4.61	378.89	90	16	126	
11	0.0	0.0	0%	450.00	11.04	2.16	0.07	5.67	361.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-450	-50	-2,551	
12	0.0	0.0	0%	450.00	11.02	2.05	0.08	6.30	368.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-450	-50	-2,836	
13	0.0	0.0	0%	350.00	11.01	2.00	0.10	5.38	355.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-350	-39	-1,882	
14	0.0	0.0	0%	650.00	9.12	1.57	0.06	4.20	288.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-650	-59	-2,731	
15	3.3	3.3	0%	600.00	8.76	1.39	0.04	3.53	267.88	367.44	9.52	0.56	0.91	5.38	339.36	-233	-18	-139	
16	3.9	3.9	0%	700.00	9.21	1.49	0.05	3.82	283.50	772.71	11.24	3.08	0.09	4.06	360.91	73	22	465	
17	6.0	5.2	9%	700.00	9.52	1.60	0.05	4.73	304.69	1,061.24	11.32	3.44	0.08	4.75	377.42	361	53	1,726	361.24
18	6.7	5.8	10%	700.00	8.88	1.61	0.05	4.17	283.36	1,029.25	12.56	2.39	0.14	5.86	405.30	329	67	3,117	329.25
19	6.7	5.5	12%	400.00	12.80	2.03	0.08	5.37	395.20	1,036.47	11.81	3.81	0.07	4.92	396.63	636	71	2,950	636.47
20	9.2	7.3	21%	450.00	11.72	2.04	0.08	5.37	371.24	881.60	12.02	2.20	0.07	5.17	377.40	432	53	2,139	431.60
21	9.2	7.3	21%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	304.96	14.40	1.47	0.05	6.16	430.05	305	44	1,879	304.96
22	7.3	7.3	0%	300.00	7.15	1.13	0.03	2.80	217.04	170.19	12.69	1.03	0.06	3.68	351.33	-130	0	-214	
23	2.2	2.2	0%	350.00	7.64	0.75	0.02	1.46	202.83	629.19	5.97	1.39	0.12	1.90	187.86	279	11	685	
24	2.0	2.0	0%	350.00	7.88	0.84	0.02	2.80	227.89	320.24	5.87	1.59	0.12	2.20	193.13	-30	-9	-275	
25	2.8	2.8	0%	350.00	7.62	0.95	0.03	2.80	224.11	476.07	10.32	1.91	0.07	5.82	343.72	126	22	1,790	
26	6.3	6.5	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	532.30	14.78	2.59	0.11	5.15	446.80	532	79	2,741	
27	7.0	7.0	0%	450.00	10.72	2.04	0.08	5.37	349.12	1,167.52	10.80	1.83	0.10	5.14	345.39	718	78	3,584	
28	7.0	7.0	0%	800.00	9.36	1.56	0.06	4.25	294.43	593.38	12.15	1.76	0.06	5.75	380.16	-207	-3	15	
29	0.0	0.0	0%	600.00	8.65	1.66	0.06	4.30	281.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-600	-52	-2,580	
30	7.0	7.0	0%	400.00	10.80	2.03	0.08	5.37	350.96	504.35	10.36	1.48	0.05	4.89	323.57	104	9	317	
<b>Total /Prom</b>	<b>6.1</b>	<b>3.9</b>	<b>15%</b>	<b>12,200</b>	<b>9.44</b>	<b>1.36</b>	<b>0.08</b>	<b>3.94</b>	<b>289.61</b>	<b>12,336</b>	<b>10.92</b>	<b>2.11</b>	<b>0.11</b>	<b>4.61</b>	<b>345.77</b>	<b>136</b>	<b>196</b>	<b>8,747</b>	<b>2,063.53</b>

Tabla 19. Programa de producción y la dilución asociada de la veta V658-Nv1370\_Tj SP 5W, periodo octubre

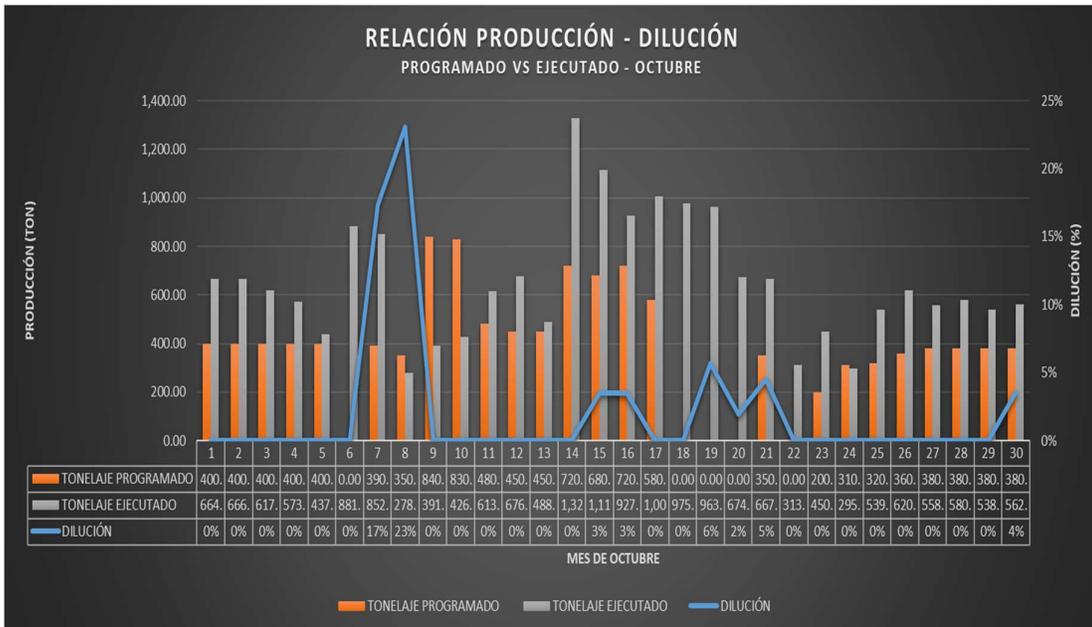
OCTUBRE - ZONA 2

Nv 1370 - SLS - V658 - Tj\_SP5W\_P10 - SN\_78\_ZW

FECHA	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						DIFERENCIA			Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ	DIF_TMS	TMF_ZN	OzF_AG	
1	4.5	4.5	0%	400.00	10.80	2.03	0.08	5.37	350.96	664.94	9.94	3.31	0.07	6.33	366.29	265	23	2,057	
2	2.2	2.2	0%	400.00	8.95	0.95	0.03	3.50	263.08	666.26	9.35	1.12	0.05	5.10	297.96	266	27	1,998	
3	2.7	2.7	0%	400.00	8.98	0.95	0.03	3.20	259.65	617.36	11.93	3.55	0.05	5.40	400.46	217	38	2,054	
4	4.6	4.6	0%	400.00	9.19	1.13	0.03	3.10	266.26	573.02	9.55	2.27	0.09	4.70	318.45	173	18	1,454	
5	2.5	2.5	0%	400.00	8.99	0.95	0.03	2.80	254.42	437.70	9.20	1.40	0.05	4.32	288.59	38	4	771	
6	2.9	3.3	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	881.74	10.63	3.25	0.07	8.13	404.75	882	94	7,169	
7	5.0	4.1	17%	390.00	9.93	2.32	0.06	6.53	351.26	852.28	10.09	2.65	0.10	7.84	380.14	462	47	4,132	
8	5.1	3.9	23%	350.00	10.81	2.49	0.07	7.10	381.72	278.60	9.41	1.72	0.06	6.89	334.52	71	-12	-567	
9	6.5	7.9	0%	840.00	9.06	1.54	0.05	4.60	291.91	391.55	6.51	2.23	0.02	5.68	260.62	-448	-51	-1,644	
10	6.7	6.7	0%	830.00	10.18	1.61	0.05	4.96	323.00	426.64	11.49	1.27	0.04	2.81	316.02	-403	-35	-2,915	
11	6.7	6.7	0%	480.00	8.81	0.85	0.04	3.10	253.62	613.81	9.06	1.45	0.05	3.74	278.61	134	13	806	
12	6.7	6.7	0%	450.00	8.18	0.85	0.04	3.21	241.27	676.30	11.26	1.53	0.06	5.20	348.76	226	39	2,070	
13	4.9	4.9	0%	450.00	6.00	0.77	0.04	2.88	187.30	488.92	11.30	3.88	0.07	5.58	395.57	39	28	1,434	
14	5.0	5.0	0%	720.00	8.67	1.52	0.05	3.74	271.42	1,328.88	11.27	2.37	0.09	5.79	373.31	609	87	4,993	
15	5.5	5.4	3%	680.00	9.15	1.55	0.05	3.97	285.48	1,114.73	10.55	3.81	0.09	5.37	375.55	435	55	3,286	
16	5.5	5.4	3%	720.00	9.16	1.63	0.05	4.28	291.59	927.08	11.66	3.17	0.10	5.98	398.56	207	42	2,463	
17	4.8	5.5	0%	580.00	8.74	1.70	0.06	4.39	284.95	1,006.65	12.75	2.68	0.06	4.57	392.87	427	78	2,049	
18	5.0	6.0	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	975.81	10.41	1.68	0.06	4.68	325.58	976	102	4,569	
19	4.6	4.4	6%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	963.32	10.29	1.79	0.06	4.65	324.44	963	99	4,481	
20	5.4	5.3	2%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	674.73	10.98	1.52	0.05	4.03	326.43	675	74	2,719	
21	5.5	5.3	5%	350.00	8.65	1.46	0.06	4.71	283.25	667.11	9.41	1.39	0.12	4.61	300.44	317	32	1,427	
22	5.5	5.5	0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	313.39	9.45	1.44	0.12	4.54	301.52	313	30	1,423	
24	4.5	4.5	0%	200.00	5.59	1.04	0.03	2.51	177.02	450.19	10.71	1.92	0.05	5.16	342.55	250	37	1,820	
25	4.5	4.5	0%	310.00	5.60	1.05	0.03	2.51	177.26	295.89	11.75	2.58	0.08	3.70	358.19	-14	17	316	
26	4.5	4.5	0%	320.00	5.76	1.08	0.03	2.58	182.36	539.51	10.05	2.58	0.18	3.70	325.68	220	36	1,170	
27	4.5	4.5	0%	360.00	6.11	1.13	0.03	2.68	192.23	620.08	11.15	1.03	0.04	2.34	298.38	260	47	488	
28	6.1	6.1	0%	380.00	9.11	1.71	0.05	4.83	299.23	558.89	12.69	1.96	0.10	6.24	404.05	179	36	1,652	
29	6.1	6.1	0%	380.00	11.12	2.28	0.06	6.39	375.25	580.27	11.57	1.97	0.08	6.38	380.47	200	25	1,273	
30	6.1	6.1	0%	380.00	2.53	0.48	0.03	1.52	86.33	538.93	8.96	2.38	0.08	5.99	324.46	159	39	2,648	
31	4.5	4.4	4%	380.00	2.42	0.46	0.03	1.42	82.17	562.51	5.55	1.47	0.04	3.59	198.77	183	22	1,479	
<b>Total /Prom</b>	<b>4.9</b>	<b>5.2</b>	<b>20%</b>	<b>11,550</b>	<b>8.37</b>	<b>1.38</b>	<b>0.05</b>	<b>3.94</b>	<b>264.79</b>	<b>19,687</b>	<b>10.46</b>	<b>2.27</b>	<b>0.07</b>	<b>5.21</b>	<b>344.83</b>	<b>8,280</b>	<b>1,092</b>	<b>57,075</b>	<b>3,313.17</b>



**Figura 29. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de setiembre**



**Figura 30. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo de octubre**

Para entender el comportamiento de la dilución, se analizará los resultados programados y real del ancho de minado, plan de producción día, el valor de mineral (NSR) y el tonelaje diluido, para el periodo setiembre – octubre, siendo los

resultados:

- ✓ El ancho de minado programado para el periodo de setiembre fue de 3.9 m y el ejecutado de 6.1 m., este mayor incremento en el ancho de minado considera una dilución promedio de 15 %.
  
- ✓ El ancho de minado programado para el periodo de octubre fue de 5.2 m y el ejecutado de 4.9 m., este mayor incremento en el ancho de minado considera una dilución promedio de 20 %.
  
- ✓ La producción programada para el periodo de setiembre fue de 12,200 toneladas y el ejecutado de 12,336 toneladas, considerando un tonelaje diluido de 2,064 toneladas.
  
- ✓ La producción programada para el periodo de octubre fue de 11,550 toneladas y el ejecutado de 19,687 toneladas, considerando un tonelaje diluido de 3,313 toneladas.
  
- ✓ El valor de mineral programado para el periodo de setiembre fue de 289.61 US \$/ton y el ejecutado de 345.77 US \$/t, este menor valor está relacionado a la dilución generada en este periodo.
  
- ✓ El valor de mineral programado para el periodo de octubre fue de 264.79 US \$/ton y el ejecutado de 344.83 US \$/t, este mayor valor de mineral está directamente relacionado al incremento de leyes media como: incremento de Zn@ 8.37 % a Zn@ 10.46 %, Pb@ 1.38 % a Pb@ 2.27 %, Cu@ 0.05 % a Cu@ 0.07 % y Ag@ 3.94 Oz a Ag@ 5.21Oz.

c) Resumen periodo julio a octubre

Los resultados obtenidos durante los periodos de julio, agosto, setiembre y octubre mediante el análisis de las variables operacionales del método de minado *bench and fill* para la mejora de la producción en la veta V658 Nv1370 permitió entender el comportamiento de las variables asociadas al presente trabajo de investigación.

Tabla 20. Resumen de la producción y la dilución asociada a la veta V658-Nv1370\_Tj SP 5W, periodo julio a octubre

RESUMEN PERIODO JULIO A OCTUBRE - ZONA 2

Nv 1370 - SLS - V658 - Tj\_SP5W\_P10 - SN\_78\_2W

MES	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						DIFERENCIA			Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ	DIF_TMS	TMF_ZN	OzF_AG	
JULIO	6.4	4.6	26%	9,830.00	13.67	2.42	0.08	6.79	439.85	12,423.35	13.55	1.99	0.07	5.91	417.75	2,593	340	6,621	2,832.07
AGOSTO	5.2	4.3	30%	6,830.00	9.61	1.78	0.05	5.04	314.44	14,671.57	11.65	1.85	0.12	5.38	368.64	7,842	1,053	44,562	4,679.56
SETIEMBRE	6.1	3.9	15%	12,200.00	9.44	1.36	0.08	3.94	289.61	12,335.91	10.92	2.11	0.11	4.61	345.77	136	196	8,747	2,063.53
OCTUBRE	4.9	5.2	20%	11,550.00	8.37	1.38	0.05	3.94	264.79	19,687.09	10.46	2.27	0.07	5.21	344.83	8,280	1,092	57,075	3,313.17
Total /Prom	5.5	4.5	23%	40,410	10.19	1.70	0.06	4.82	323.26	59,118	11.50	2.07	0.09	5.27	366.26	18,851	2,681	117,004	12,888.33

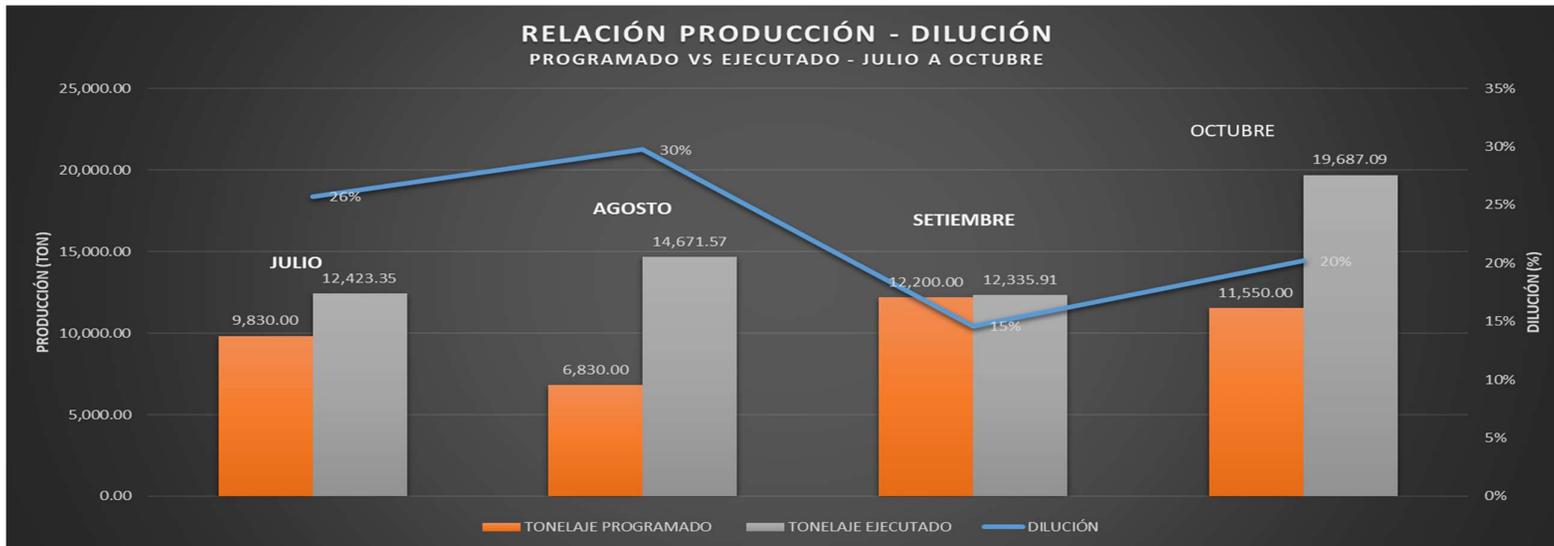


Figura 31. Relación producción y dilución de la veta 658 Nv. 1370, periodo julio a octubre

Durante el periodo de estudio de julio a octubre, se analizaron diferentes variables operacionales y económicas siendo los resultados:

- ✓ El ancho de minado promedio programado para el periodo de julio a octubre fue de 4.5 m y el ejecutado de 5.5 m., este mayor incremento en el ancho de minado considera una dilución promedio de 23 %.
- ✓ La producción total programado para el periodo de julio a octubre fue de 40,410 toneladas y el ejecutado de 59,118 toneladas, considerando un tonelaje diluido total de 12,888 toneladas.
- ✓ El valor de mineral medio programado para el periodo de julio a octubre fue de 323.26 US \$/ton y el ejecutado de 366.26 US \$/ton, este mayor valor de mineral es producto del incremento de leyes como: incremento de Zn@ 8.37 % a Zn@ 10.46 %, Pb@ 1.70 % a Pb@ 2.07 %, Cu@ 0.06 % a Cu@ 0.09 % y Ag@ 4.82 Oz a Ag@ 5.27 Oz.
- ✓ El total de tonelaje diluido durante el periodo de julio es de 2,832 toneladas, el mes de agosto es de 4,679, el mes de setiembre es de 2,063 y el mes de octubre es de 3,313, con un total ejecutado de 12,888 toneladas durante el periodo de estudios.

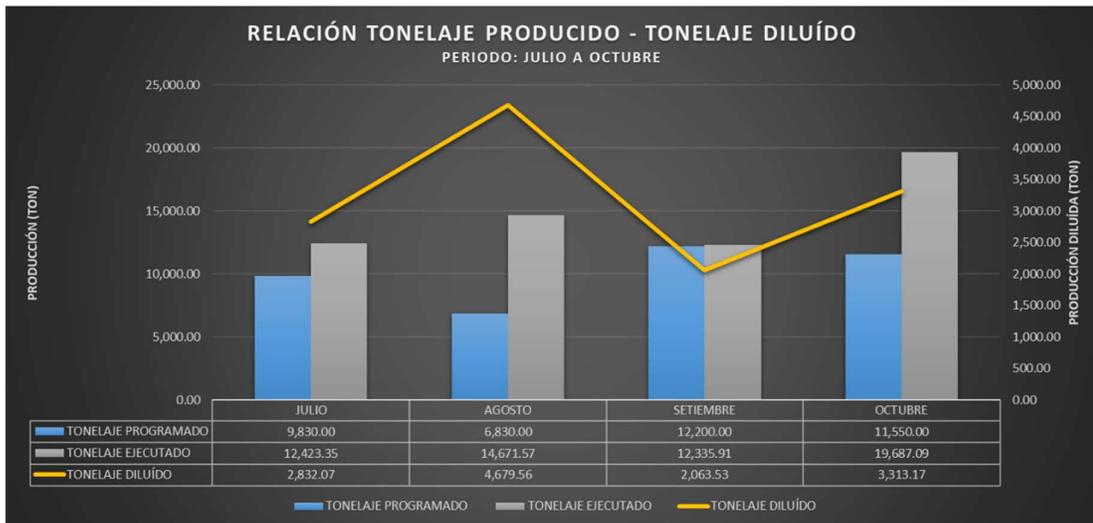
#### **4.1.5. Análisis de la producción de la veta V658 – Nv 1370 - Tj\_SP5W con el tonelaje diluido**

Una de las variables asociadas al tonelaje diluido es la dilución, siendo los periodos analizados julio, agosto, setiembre y octubre. Para un mejor control de la relación tonelaje producido vs tonelaje diluido se comparó en 2 escenarios de julio – agosto y de setiembre – octubre, el cual validará las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación.

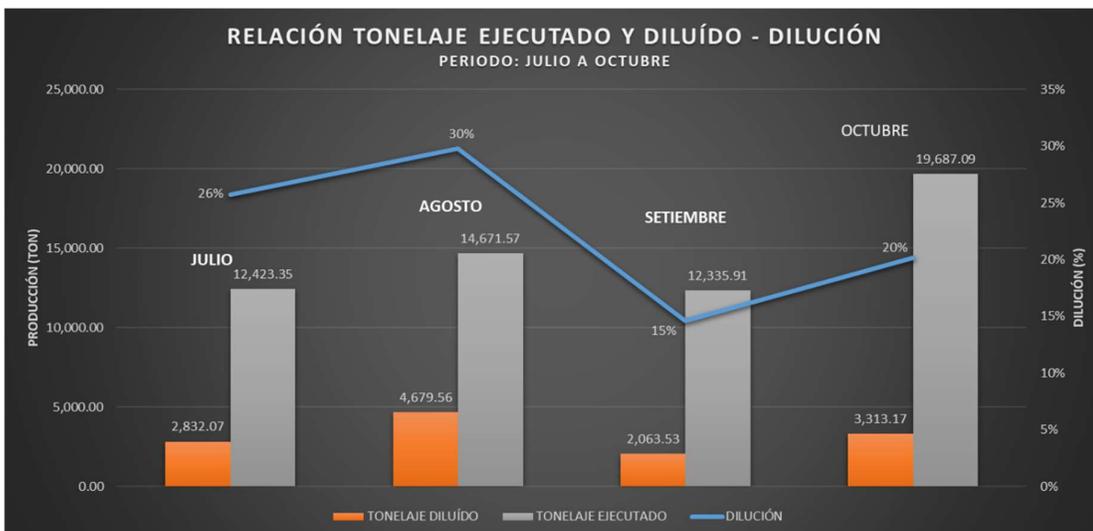
Las variables a analizar serán el tonelaje programado, tonelaje producido y el tonelaje diluido, así como la dilución asociada en el periodo de estudio.

**Tabla 21. Resumen tonelaje programado – ejecutado y tonelaje diluido de la veta 658**

RESUMEN TONELAJE PROGRAMADO - EJECUTADO Y TONELAJE DILUIDO: JULIO A OCTUBRE								
Nv 1370 - SLS - V658 - TJ_SP5W_P10 - SN_78_2W - ZONA 2								
MES	GEOLOGIA			PROGRAMADO		EJECUTADO		Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	VPT_PS	REAL DIA	VPT_EJ	
JULIO	6.4	4.6	⊗ 26%	9,830.00	439.85	12,423.35	417.75	<b>2,832.07</b>
AGOSTO	5.2	4.3	⊗ 30%	6,830.00	314.44	14,671.57	368.64	<b>4,679.56</b>
SETIEMBRE	6.1	3.9	⊗ 15%	12,200.00	289.61	12,335.91	345.77	<b>2,063.53</b>
OCTUBRE	4.9	5.2	⊗ 20%	11,550.00	264.79	19,687.09	344.83	<b>3,313.17</b>
<b>Total /Prom</b>	<b>5.5</b>	<b>4.5</b>	<b>⊗ 23%</b>	<b>40,410</b>	<b>323.26</b>	<b>59,118</b>	<b>366.26</b>	<b>12,888</b>



**Figura 32. Relación tonelaje producido y tonelaje diluido, veta 658 Nv. 1370**



**Figura 33. Relación tonelaje producido y dilución, veta 658 Nv. 1370**

Durante el periodo de estudio de julio a octubre se analizaron el tonelaje producido, el tonelaje diluido relacionado con la dilución siendo los resultados:

- ✓ Durante el mes de julio se programó un tonelaje diario de 9,830 toneladas, siendo el ejecutado de 12,423.35. Este mayor tonelaje producido es producto de la dilución asociada con un 26 % en este periodo y un tonelaje diluido de 2,832.07 toneladas. Esta dilución generó una disminución del valor de mineral de 439.85 US \$/t programado a 417.75 US \$/t real.
- ✓ Para el mes de agosto se programó un tonelaje diario de 6,830 toneladas, siendo el ejecutado de 14,671.57 toneladas. Este mayor tonelaje producido es producto de la dilución asociada con un incremento referente al periodo anterior en 30 % y un tonelaje diluido de 4,679.56 toneladas. El valor generado en el periodo programado fue de 314.44 US \$/t y el real de 368.44 US\$/t, este incremento demuestra que es necesario realizar un mapeo de mayor detalle determinando con mayor exactitud las características geológicas de la estructura mineralizada (potencia, leyes, contacto estructura mineralizada y caja techo y piso).
- ✓ En el mes de setiembre se programó un tonelaje diario de 12,200 toneladas, siendo el ejecutado de 12,335.91. Este mayor tonelaje producido es producto de la dilución asociada con un 15 % en este periodo y un tonelaje diluido de 2,063.53 toneladas. El valor generado en este periodo programado fue de 289.61 US \$/t y el real de 345.77 US\$/t, este incremento, igual que en el periodo anterior es necesario realizar un mapeo de mayor detalle en la estructura mineralizada (potencia, leyes, contacto estructura mineralizada y caja techo y piso).
- ✓ Para el mes de octubre se programó un tonelaje diario de 11,550 toneladas, siendo el ejecutado de 19,687.09. Este mayor tonelaje producido es producto del incremento de la dilución en 20 % en este periodo y un tonelaje diluido de 3,313.17 toneladas. Finalmente, el valor generado en este periodo, el valor programado fue de 264.79 US \$/t y el real de 344.83 US\$/t, este incremento, igual que en los periodos anteriores, sería necesario realizar un mapeo de mayor detalle en la estructura mineralizada (potencia, leyes, contacto estructura

mineralizada y caja techo y piso), para tener valores más próximos a lo real.

De acuerdo con lo observado en el periodo de estudio y las variables analizadas, se observa que la mayor dilución se observa en los periodos de julio y agosto, disminuyendo durante los periodos de setiembre y octubre, generando un menor tonelaje diluido.

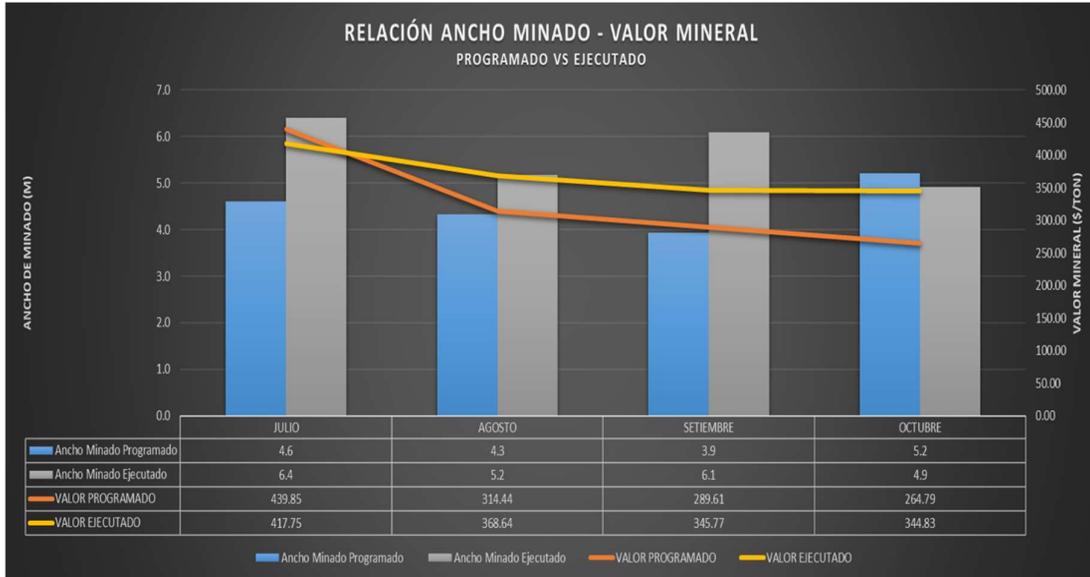
#### 4.1.6. Análisis del ancho de minado de la veta V658 – Nv 1370 - Tj\_SP5W con la dilución asociada

Uno de los parámetros asociados en el control de la dilución está relacionado al ancho de minado programado y ejecutado. Esta variable de ancho de minado será relacionada con el valor de mineral (NSR) y la dilución respectiva.

Se podrá ver el comportamiento del ancho de minado y el valor correspondiente durante los periodos julio a octubre relacionado a su dilución, siendo los resultados analizados.

**Tabla 22. Resumen de ancho de minado programado – ejecutado y la dilución de la veta 658**

RESUMEN ANCHO DE MINADO VS DILUCIÓN - PERIODO JULIO A OCTUBRE - ZONA 2															
Nv 1370 - SLS - V658 - Tj_SPSW_P10 - SN_78_2W															
MES	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO					
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ
JULIO	6.4	4.6	26%	9,830.00	13.67	2.42	0.08	6.79	439.85	12,423.35	13.55	1.99	0.07	5.91	417.75
AGOSTO	5.2	4.3	30%	6,830.00	9.61	1.78	0.05	5.04	314.44	14,671.57	11.65	1.85	0.12	5.38	368.64
SETIEMBRE	6.1	3.9	15%	12,200.00	9.44	1.36	0.08	3.94	289.61	12,335.91	10.92	2.11	0.11	4.61	345.77
OCTUBRE	4.9	5.2	20%	11,550.00	8.37	1.38	0.05	3.94	264.79	19,687.09	10.46	2.27	0.07	5.21	344.83
Total/Prom	5.5	4.5	23%	40,410	10.19	1.70	0.06	4.82	323.26	59,118	11.50	2.07	0.09	5.27	366.26



**Figura 34. Relación entre ancho de minado y el valor de mineral, veta 658 Nv. 1370**



**Figura 35. Relación entre ancho de minado y dilución, veta 658 Nv. 1370**

Durante el periodo de estudio de julio a octubre se analizaron el ancho de minado programado y el real, considerando la dilución asociada y el valor de mineral generada siendo los resultados:

- ✓ Durante el mes de julio se programó un ancho de minado de 4.6 m y se ejecutó con 6.4 m, este mayor ancho de minado en 1.8 m, influyó directamente en la

dilución en 26 %, disminuyendo el valor de mineral programado de 439.85 US \$/t a 417.75 US \$/t ejecutado, con una disminución de 22.10 US \$/t, producto de la dilución de las leyes de cabeza.

- ✓ Durante el mes de agosto se programó un ancho de minado de 4.3 m y se ejecutó con 5.2 m, este mayor ancho de minado en 0.8 m influyó directamente en la dilución incrementándose en este periodo en 30 %, a diferencia del periodo anterior se mejoró el valor de mineral, considerando el programado en 314.44 US \$/t y el ejecutado en 368.44 US \$/t, con un incremento de valor en 54.20 US \$/t, esto se explica por el incremento de leyes de cabeza en este periodo. Esto sería sostenido, por la falta de un mapeo geológico de mayor detalle (ancho de veta, leyes, valor de mineral y contacto definido entre la estructura mineralizada y las cajas techo y piso).
- ✓ Para el mes de setiembre se programó un ancho de minado de 3.9 m y el ejecutado fue de 6.1 m, este mayor ancho de minado en 2.2 m influyó directamente en la dilución disminuyendo en este periodo en 15 %, igual que en el periodo anterior se mejoró el valor de mineral, considerando el programado en 289.61 US \$/t y el ejecutado en 345.77 US \$/t, con un incremento de valor en 56.16 US \$/t, esto se explica por el incremento de leyes de cabeza en este periodo. Esto sería sostenido, por la falta de un mapeo geológico de mayor detalle, explicado en el párrafo anterior.
- ✓ Para el mes de octubre se programó un ancho de minado de 5.2 m y el ejecutado fue de 4.9 m, este menor ancho de minado en 0.3 m influyó directamente en la dilución en este periodo en 20 %, igual que en los periodos anteriores, mejoró el valor de mineral, considerando el programado en 264.79 US \$/t y el ejecutado en 344.83 US \$/t, con un incremento de valor en 80.03 US \$/t, esto se explica por el incremento de leyes de cabeza en este periodo. Esto sería sostenido, por la falta de un mapeo geológico de mayor detalle, explicado en párrafos anteriores.

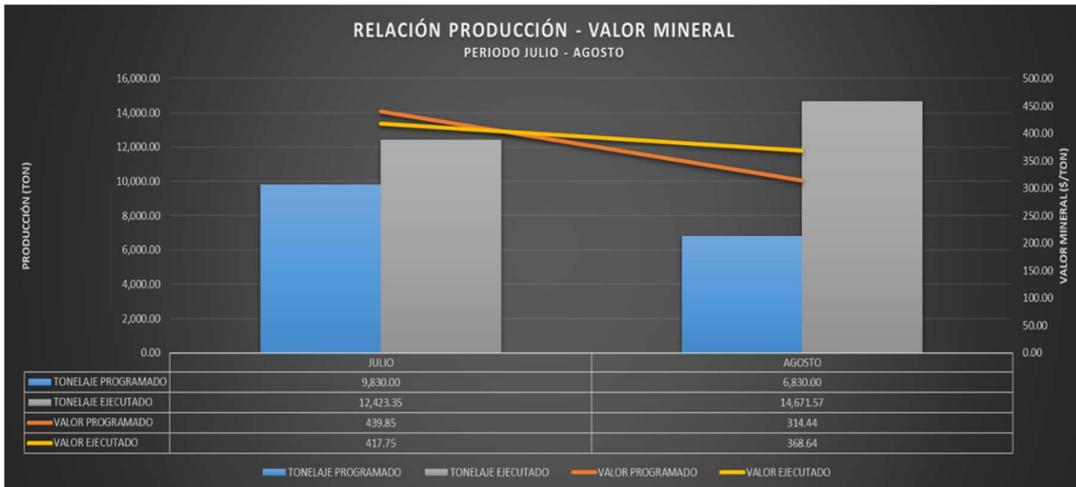
## 4.2. Validación de las hipótesis

La validación de la hipótesis del presente trabajo de investigación, el cual considera el análisis comparativo de 2 etapas: etapa julio – agosto y etapa setiembre – octubre, considerando los escenarios programado y ejecutado con las variables analizadas de: tonelaje ejecutado, dilución, valor de mineral (NSR), leyes y tonelaje diluido.

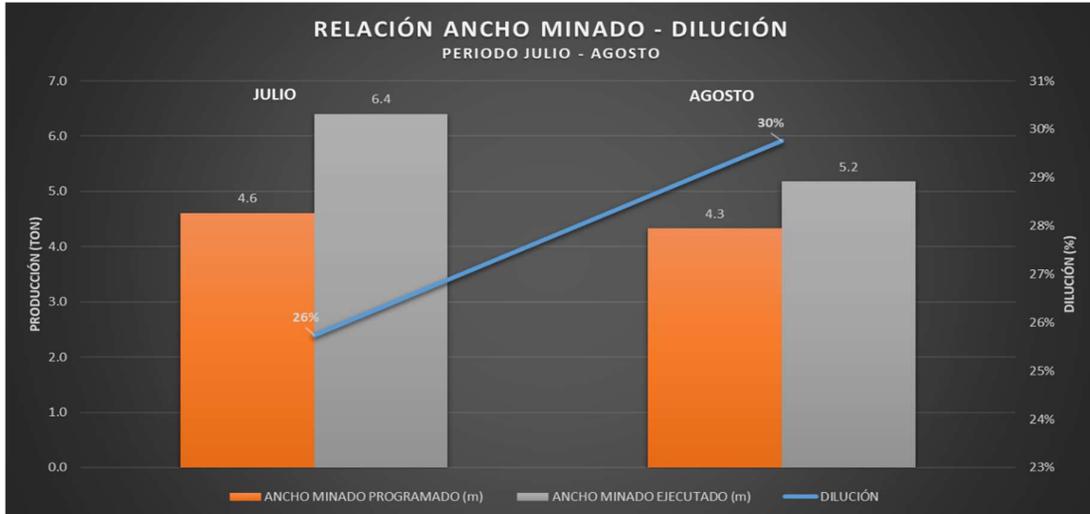
a) Periodo julio – agosto

**Tabla 23. Resumen variables programado y ejecutado, periodo julio - agosto de la veta 658**

RESUMEN PERIODO JULIO A AGOSTO - ZONA 2																
Nv 1370 - SLS - V658 - TJ_SPSW_P10 - SN_78_ZW																
MES	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	% ZN	% PB	% CU	Oz Ag	VPT_PS	REAL DIA	% ZN	% PB	% CU	Oz Ag	VPT_EJ	
JULIO	6.4	4.6	26%	9,830.00	13.67	2.42	0.08	6.79	439.85	12,423.35	13.55	1.99	0.07	5.91	417.75	2,832.07
AGOSTO	5.2	4.3	30%	6,830.00	9.61	1.78	0.05	5.04	314.44	14,671.57	11.65	1.85	0.12	5.38	368.64	4,679.56
<b>Total /Prom</b>	<b>5.7</b>	<b>4.5</b>	<b>28%</b>	<b>16,660</b>	<b>12.00</b>	<b>2.16</b>	<b>0.07</b>	<b>6.07</b>	<b>388.44</b>	<b>27,095</b>	<b>12.52</b>	<b>1.91</b>	<b>0.10</b>	<b>5.62</b>	<b>391.15</b>	<b>7,511.63</b>



**Figura 36. Relación producción – valor mineral, veta 658 Nv. 1370**



**Figura 37. Relación ancho minado – dilución, veta 658 Nv. 1370**

- ✓ Para el periodo de julio - agosto se consideró el análisis de las variables tonelaje, dilución, valor de mineral y tonelaje diluido. Se programó un tonelaje diario de 16,660 toneladas, siendo el ejecutado de 27,095 toneladas. Este mayor tonelaje es producto de la dilución asociada con un promedio del 28 % y un tonelaje diluido de 7,511.63 toneladas.

El valor generado en el periodo programado fue de 388.44 US \$/t y el real de 391.15 US\$/t. Si bien es cierto que existe una dilución promedio del 28 %, el valor de mineral se incrementa en esta etapa en 2.72 US\$/t, producto del incremento de las leyes de Zn y Cu, así como también por una falta de un mayor detalle en el mapeo geológico de la estructura mineralizada considerando (potencia, leyes, contacto estructura mineralizada y roca caja, etc.).

- ✓ Para el mismo periodo de julio – agosto se consideró el análisis del ancho de minado y las variables asociadas como dilución y valor de mineral. Durante el periodo de julio - agosto se programó un ancho de minado promedio de 4.5 m y se generó un ancho de minado ejecutado de 5.7 m, este mayor ancho de minado en 1.3 m influyó directamente en la dilución en este periodo en 28 %.

De igual forma que en el análisis del párrafo anterior, el valor de mineral se

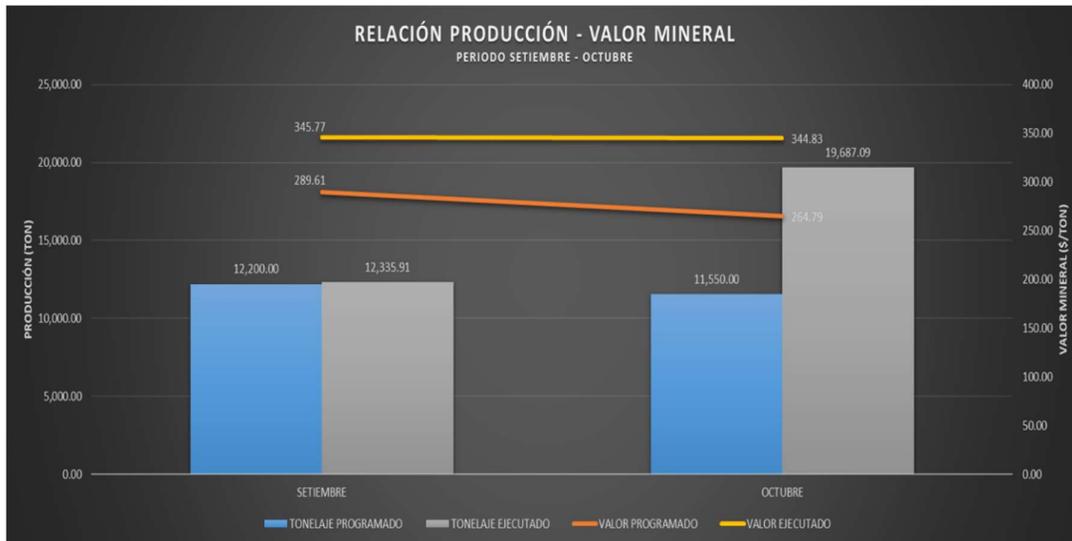
incrementó en 54.20 US \$/t, esto se explica por el incremento de leyes de cabeza en este periodo, así mismo sería sostenido, por la falta de un mayor detalle en el mapeo geológico como el ancho de veta, leyes, valor de mineral, contacto estructura mineralizada y roca caja, etc.

b) Periodo setiembre – octubre

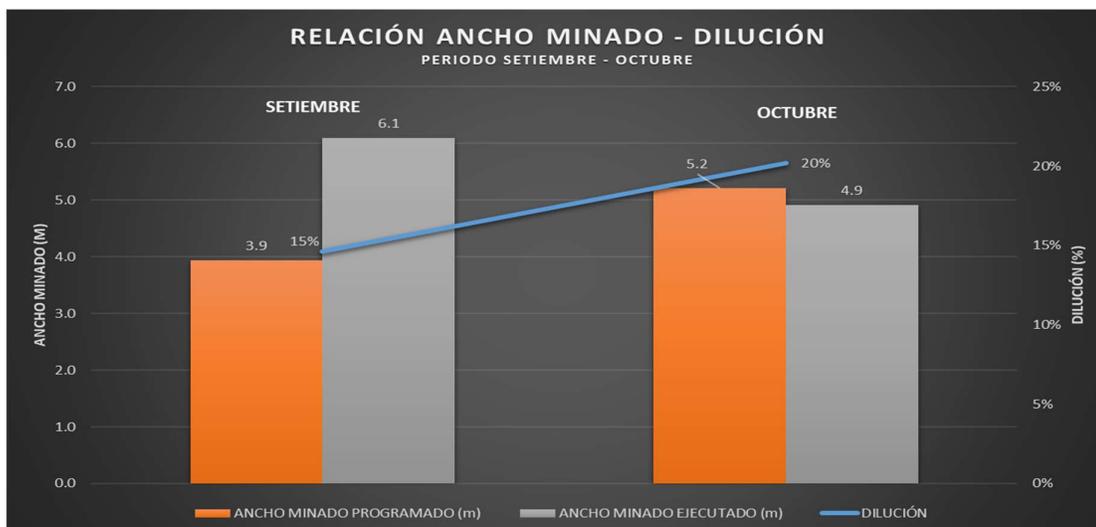
Para considerar el análisis de las variables operacionales durante la segunda etapa setiembre – octubre se generó los siguientes resultados:

**Tabla 24. Resumen variables programado y ejecutado, periodo setiembre-octubre, veta 658**

RESUMEN PERIODO SETIEMBRE - OCTUBRE - ZONA 2																
Nv 1370- SIS- V658- T1- SPSW- P10- SN- 78_2W																
MES	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% Dil	PLAN DIA	%_ZN	%_PB	%_CU	Oz_Ag	VPT_PS	REAL DIA	%_ZN_	%_PB_	%_CU_	Oz_Ag_	VPT_EJ	
SETIEMBRE	6.1	3.9	15%	12,200.00	9.44	1.36	0.08	3.94	289.61	12,335.91	10.92	2.11	0.11	4.61	345.77	2,063.53
OCTUBRE	4.9	5.2	20%	11,550.00	8.37	1.38	0.05	3.94	264.79	19,687.09	10.46	2.27	0.07	5.21	344.83	3,313.17
Total /Prom	5.4	4.6	17%	23,750	8.92	1.37	0.06	3.94	277.54	32,023	10.64	2.21	0.09	4.98	345.19	5,376.70



**Figura 38. Relación producción – valor mineral, veta 658 Nv. 1370**



**Figura 39. Relación de ancho minado – dilución, veta 658 Nv. 1370**

- ✓ Para el periodo de setiembre – octubre se consideró el análisis de las variables tonelaje, dilución, valor de mineral y tonelaje diluido. Se programó un tonelaje diario de 23,750 toneladas, siendo el ejecutado de 32,023. Este mayor tonelaje es producto de la dilución asociada con un promedio del 17 % y un tonelaje diluido de 5,376.70 toneladas.

El valor generado en el periodo programado fue de 277.54 US \$/t y el real de 345.19 US\$/t. Si bien es cierto que existe una dilución promedio del 17 %, el valor de mineral se incrementa en esta etapa en 67.65 US\$/t, producto del incremento de las leyes en Zn@ 1.72 %, Pb@ 0.84 %, Cu@ 0.03 % y Ag@ 1.04Oz entre el programado y el ejecutado, esto también se podría explicar producto de una falta de un mayor detalle en el mapeo geológico de la estructura mineralizada considerando: potencia, leyes, contacto estructura mineralizada y roca caja, etc.

- ✓ Para el mismo periodo de setiembre – octubre se consideró el análisis del ancho de minado y las variables asociadas como dilución y valor de mineral. Durante el periodo de setiembre - octubre se programó un ancho de minado promedio de 4.6 m y se generó un ancho de minado ejecutado de 5.4 m, este mayor ancho de minado en 0.8 m, el cual influyó directamente en la dilución en este periodo, considerado en 17 %.

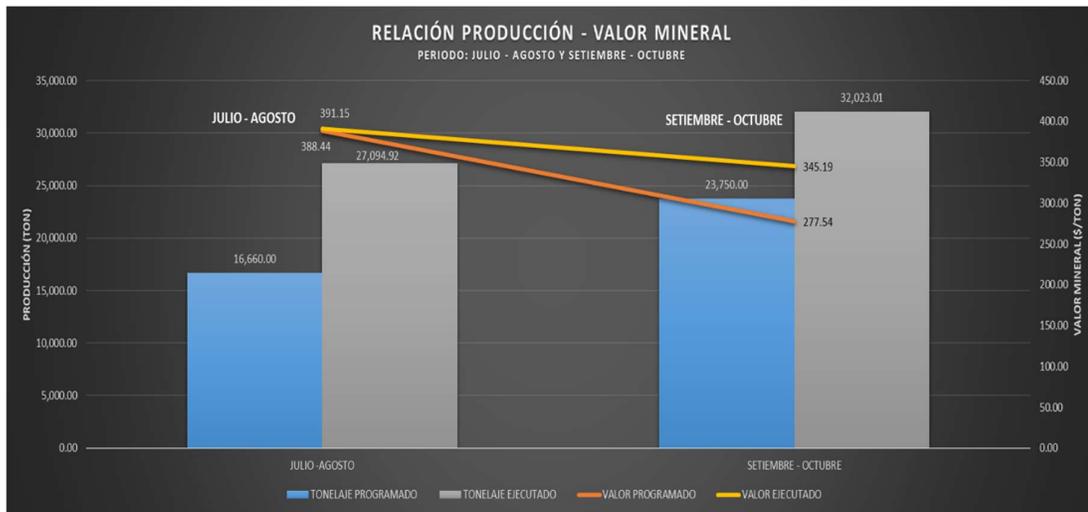
De igual forma que en el análisis del periodo julio - agosto, el valor de mineral se incrementó en 67.65 US \$/t, esto se explica por el incremento de leyes de cabeza en este periodo, asimismo es producto de una falta de estudios de mayor detalle en el mapeo geológico como: ancho de veta, leyes, valor de mineral, contacto estructura mineralizada y roca caja, etc.

c) Resumen periodo julio a octubre

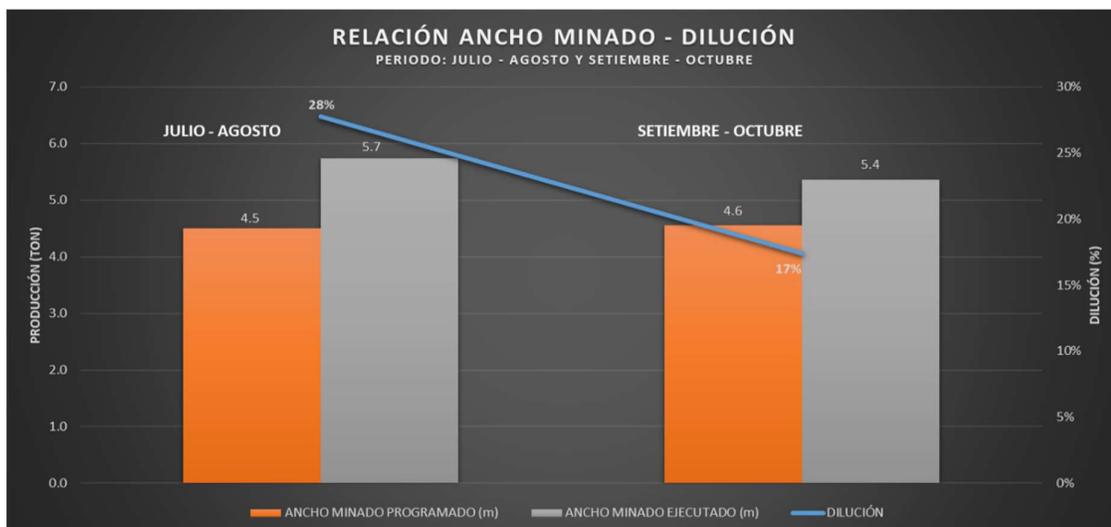
De acuerdo con el análisis realizado de las principales variables operacionales y económicas se realizó un comparativo entre ambas etapas, siendo los resultados:

**Tabla 25. Resumen de variables operacionales por etapas, periodo julio-octubre, veta 658**

RESUMEN PERIODO JULIO A OCTUBRE - ZONA 2																
Nv 1370 - SIS - V658 - T1, SPSW, P10 - SN, 7B, ZW																
ETAPA - MES	GEOLOGIA			PROGRAMADO						EJECUTADO						Ton Diluido (Ton)
	AM Ejec	AM Plan	% DI	PLAN DIA	% ZN	% PB	% CU	Oz Ag	VPT_PS	REAL	% ZN	% PB	% CU	Oz Ag	VPT_EJ	
JULIO - AGOSTO	5.7	4.5	28%	16,660.00	12.00	2.16	0.07	6.07	388.44	27,094.92	12.52	1.91	0.10	5.62	391.15	7,511.63
SEPTIEMBRE - OCTUBRE	5.4	4.6	17%	23,750.00	8.92	1.37	0.06	3.94	277.54	32,023.01	10.64	2.21	0.09	4.98	345.19	5,376.70
Total /Prom	5.5	4.5	23%	40,410	10.19	1.70	0.06	4.82	323.26	59,118	11.50	2.07	0.09	5.27	366.26	12,888.33



**Figura 40. Resumen producción – valor de mineral, veta 658 Nv. 1370**



**Figura 41. Relación de ancho minado – dilución, veta 658 Nv. 1370**

El análisis entre los periodos en estudio indica que hubo una mejora de las variables operacionales y económicas en el segundo periodo de setiembre – octubre. Durante el segundo periodo hubo una mejora en 59,118 toneladas, con un menor ancho de minado de 0.3 m, generando una reducción de dilución del 11 % (28 % el primer periodo y 17 % el segundo periodo), esto generó un tonelaje diluido en 2,134.93 toneladas y un valor promedio de mineral durante el estudio de 366.26 US \$/t.

Finalmente, la mejora del valor de mineral durante el tiempo de estudio fue debido al incremento de las leyes de mineral programado y el ejecutado, mejorando el Zn@ 1.31 %, Pb@ 0.38 %, Cu@ 0.03 % y Ag@ 0.45 Oz, esto también se podría explicar producto de no contar con un mayor detalle en el mapeo geológico de la estructura mineralizada considerando: potencia, leyes, contacto estructura mineralizada y roca caja, etc.

## CONCLUSIONES

1. Para el periodo de julio - agosto se programó un tonelaje diario de 16,660 toneladas y el tonelaje ejecutado fue de 27,095 toneladas, generando una dilución del 28% y un tonelaje diluido de 7,511.63 toneladas. El valor de mineral programado fue de 388.44 US \$/ton y el valor de mineral real fue de 391.15 US\$/ton. Este mayor incremento del valor de mineral en 2.72 US\$/ton es producto del incremento de las leyes de Zn y Cu.
2. Durante el mismo periodo de julio – agosto se programó un ancho de minado promedio de 4.5 m y se ejecutó, 5.7 m; este mayor ancho de minado de 1.3 m influyó directamente en la dilución en este periodo en 28 %.
3. Para el periodo de setiembre – octubre se programó un tonelaje diario de 23,750 toneladas, siendo el tonelaje ejecutado de 32,023, generando una dilución del 17 % y un tonelaje diluido de 5,376.70 toneladas. El valor de mineral programado fue de 277.54 US \$/t y el valor de mineral real fue de 345.19 US\$/t. Este mayor incremento del valor de mineral es de 67.65 US\$/t, producto del incremento de las leyes en Zn@ 1.72 %, Pb@ 0.84 %, Cu@ 0.03 % y Ag@ 1.04Oz.
4. Durante el periodo de setiembre - octubre se programó un ancho de minado promedio de 4.6 m y se ejecutó, 5.4 m; este mayor ancho de minado de 0.8 m influye directamente en la dilución en este periodo en 17 %.
5. El análisis del resumen entre los periodos en estudio (julio-agosto y setiembre-octubre) indica que hubo una mejora de las variables operacionales y económicas en el segundo periodo de setiembre – octubre. Durante el segundo periodo hubo una mejora en la producción con 59,118 toneladas, con un menor ancho de minado de 0.3 m, generando una reducción de dilución del 11 % (28 % el primer periodo y 17 % el segundo periodo), esto generó un tonelaje diluido en 2,134.93 toneladas y un valor promedio de mineral durante el estudio de 366.26 US \$/t.

6. Finalmente, la mejora del valor de mineral entre ambos periodos de estudio fue debido al incremento de las leyes de mineral programado y el ejecutado, mejorando el Zn@ 1.31 %, Pb@ 0.38 %, Cu@ 0.03 % y Ag@ 0.45 Oz. La mejora del valor de mineral se podría explicar también por no contar con un mayor detalle en el mapeo geológico de la estructura mineralizada considerando: potencia, leyes, contacto estructura mineralizada y roca caja, etc., observándose en los periodos de estudio.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar las validaciones de las variables operacionales y económicas entre el horizonte de planificación de largo plazo con el horizonte de planificación de corto plazo.
2. Realizar análisis comparativo entre los modelos geometalúrgicos de largo plazo y modelarlos en el corto plazo para entender la variabilidad del ancho de minado y su influencia en el valor de mineral.
3. Realizar modelos de corto plazo mediante el mapeo geológico de detalle de las estructuras mineralizadas, considerando la potencia, leyes, valor de mineral, etc.
4. Se recomienda definir en forma detallada los contactos entre la estructura mineralizada y las cajas asociadas para definir en mejor detalle la sobre rotura y su influencia en la dilución.
5. Se recomienda realizar modelos geológicos de corto plazo y validar con los modelos geológicos de largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORQUERA, Miguel. Método de explotación bench & fill y su aplicación en minera Michilla. Tesis (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2015, 127 pp.
2. ROJAS, Valentina. Secuenciamiento óptimo de caserones en minería subterránea selectiva. Tesis (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2017, 97 pp.
3. ALVITES, Serin. M Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la mina Marsa-Retamas-2017 Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.
4. MALLQUI, Yerlin. A Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stopping para incrementar la productividad en mina Marcapunta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 89 pp.
5. COLONIO, Elvis. Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U.E.A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015, 127 pp.
6. ORDOÑEZ, Antonio. Aplicación de taladros largos en vetas angostas, caso mina Austria Duvaz - Morococha. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2017, 137 pp.

## **ANEXOS**

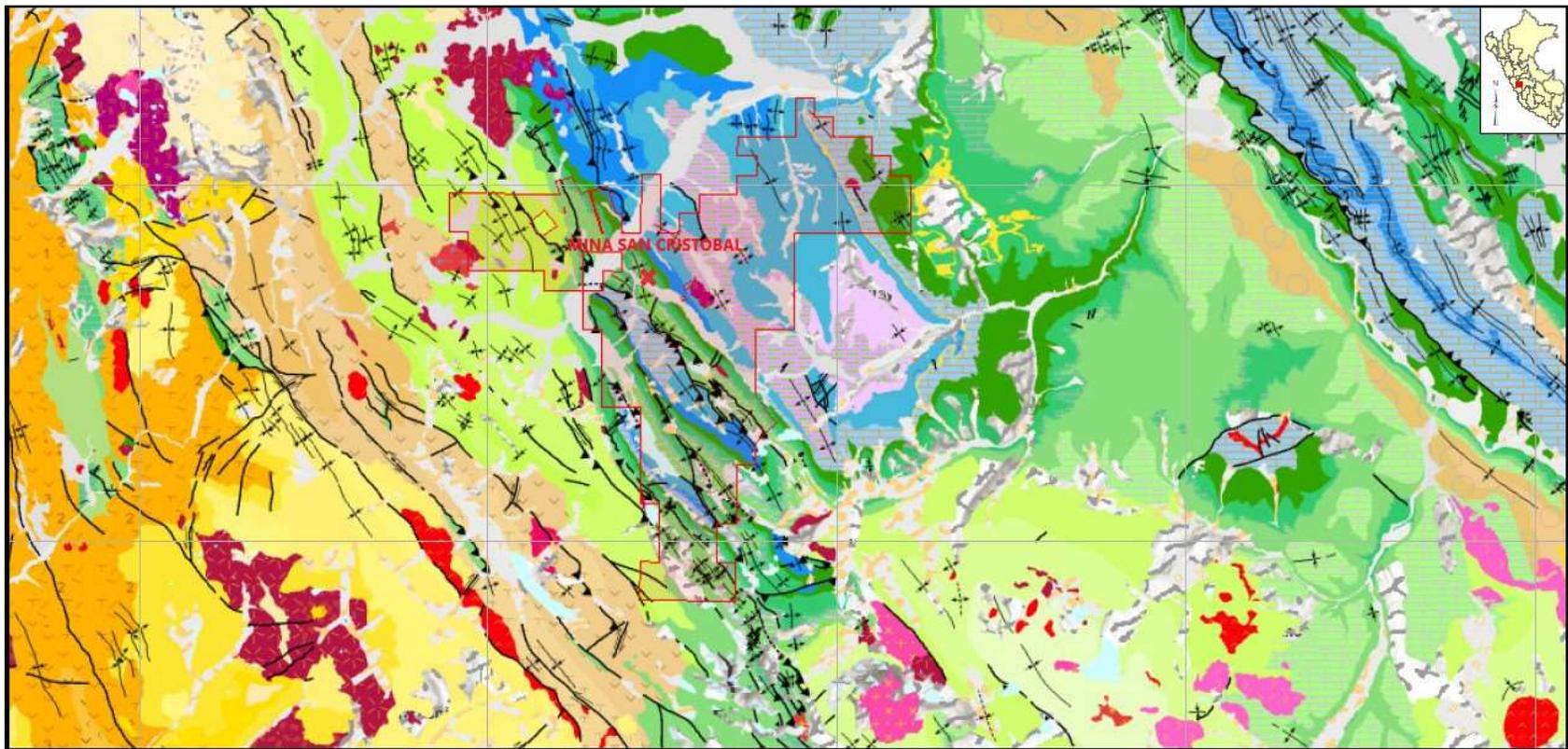
## Anexo A

### Matriz de operacionalización de variables

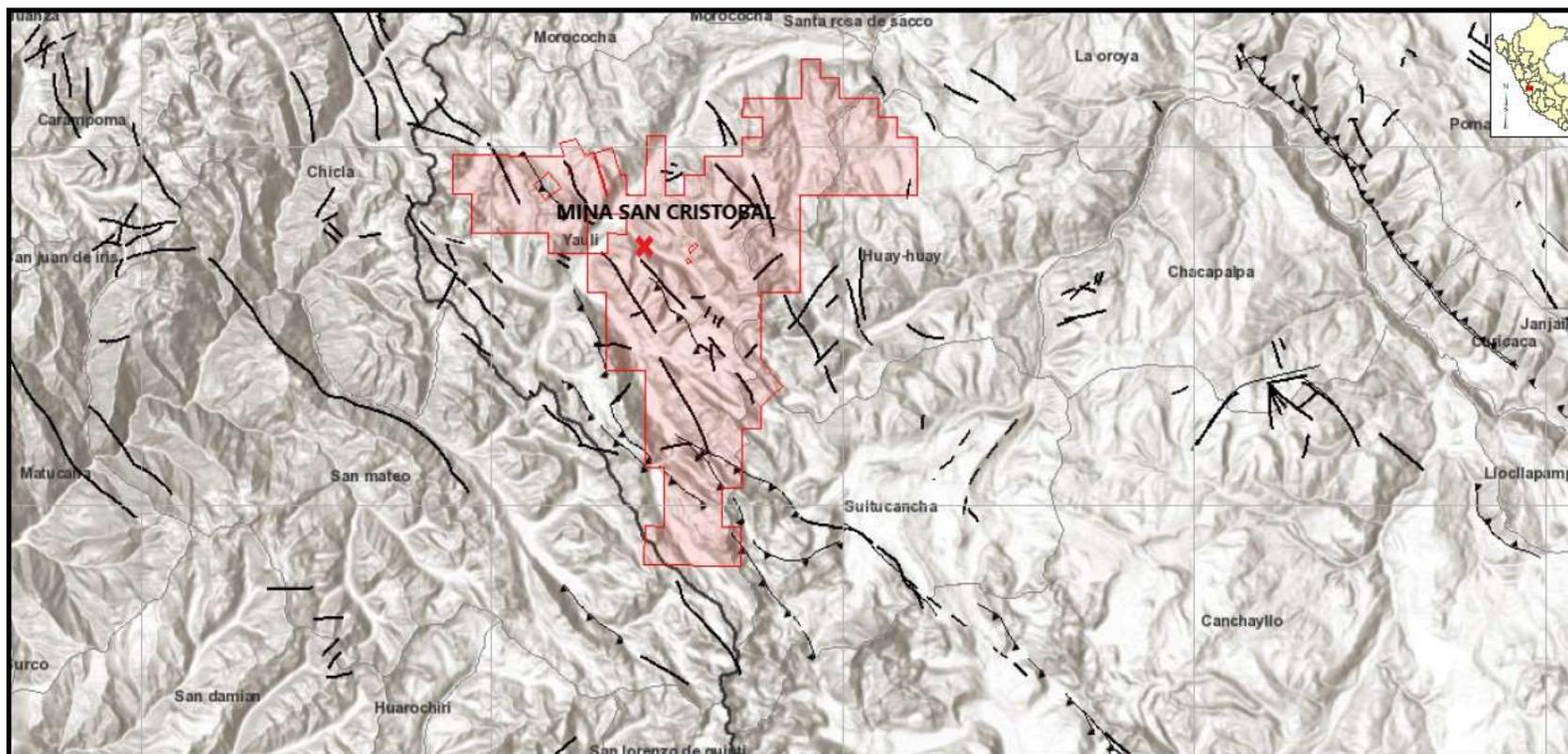
**Tabla de variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Análisis de las variables operacionales del método de minado bench and fill.	Considerar el análisis de las variables operacionales en el método de minado bench and fill, influye en el cumplimiento del plan de minado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios geológicos</li> <li>• Criterios geomecánicos</li> <li>• Criterios Operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables geológicas</li> <li>Variables geomecánicas</li> <li>Variables operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapeo geológico (potencia, litología, alteración, mineralización, etc).</li> <li>Mapeo geomecánico, considerando las propiedades del macizo rocoso</li> <li>Método de minado, etc..</li> </ul>
VD: Cumplimiento del Plan de producción.	Cumplir el plan de producción, por tonelaje, leyes y valor de mineral, genera una estabilidad económica en la unidad minera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones operacionales</li> <li>• Dimensiones económicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de minado</li> <li>• Consideraciones económicas</li> </ul>	<p><u>Indicadores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tonelaje, leyes, tonelaje diluido, ancho de minado.</li> <li>Valor de mineral</li> </ul>

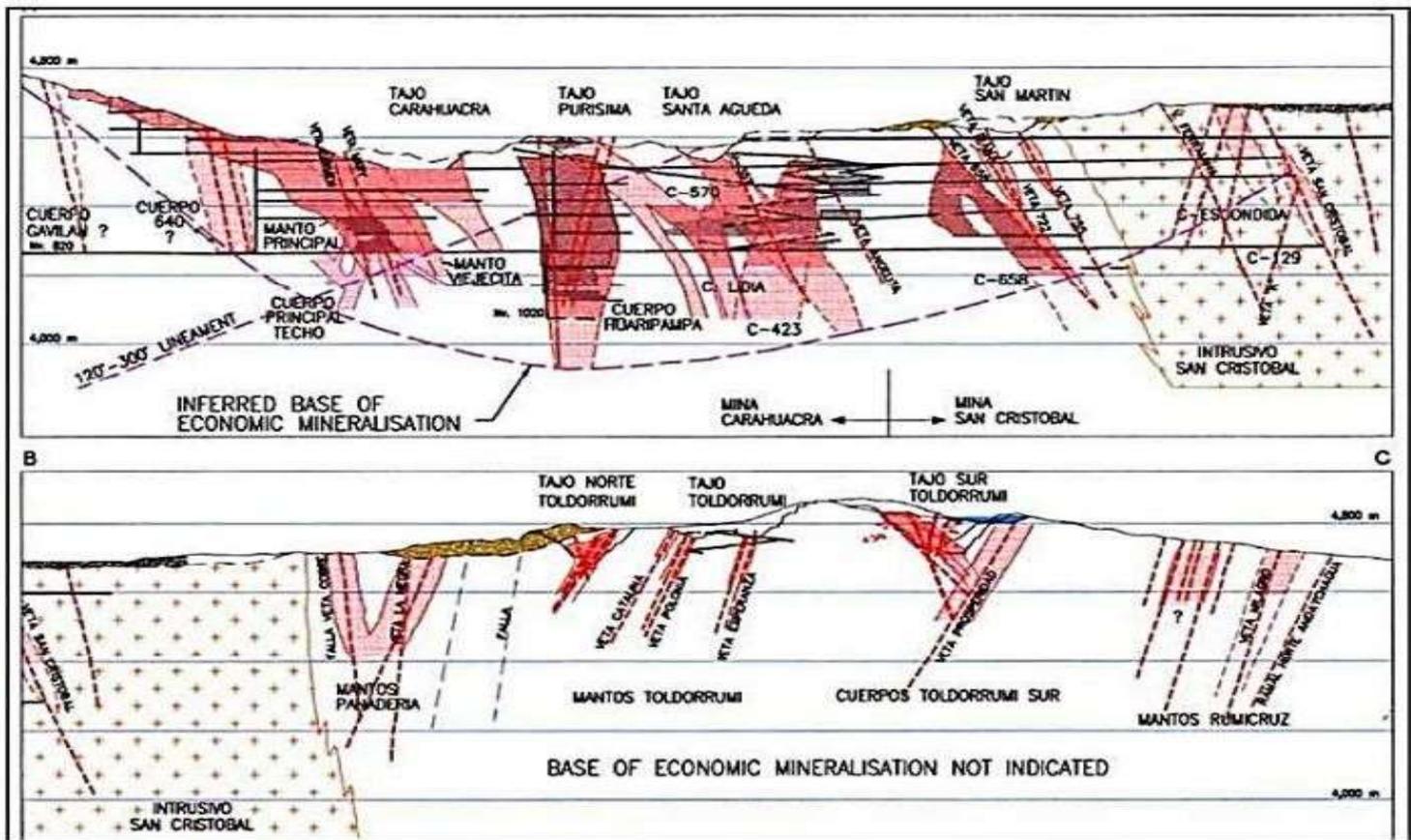
**Anexo B**  
**Planos en planta**



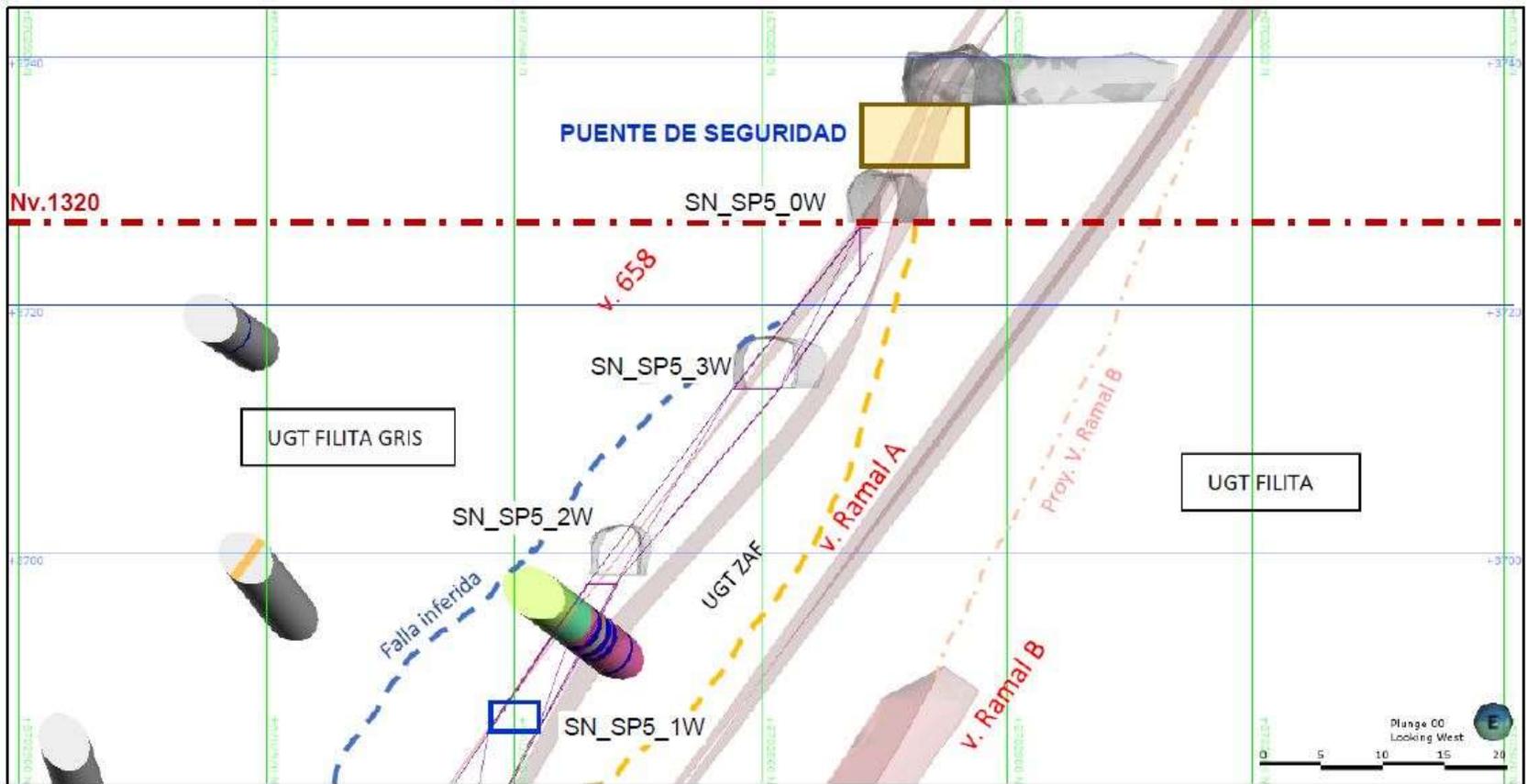
*Geología local*  
*Tomada del Departamento de geología*



*Dominio estructural  
Tomada del Departamento de geología*

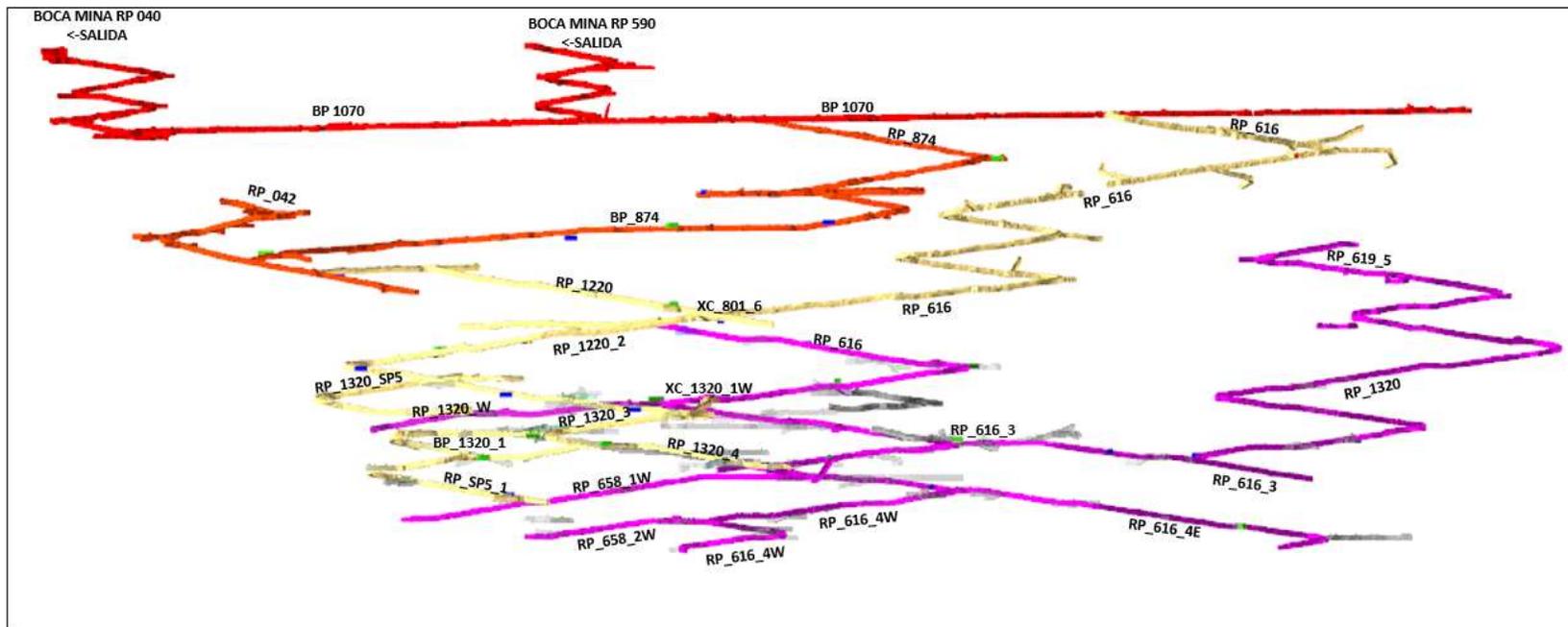


Perfil de mineralización – mina San Cristobal  
 Tomada del Departamento de Geología



**Unidades geotécnicas de la zona del proyecto, veta 658 – Nv.1320  
Tomada del Departamento de Planeamiento**

## TRANSITO Y CA DE PASE VEHICULAR ZONA 2



LEYENDA (PASE VEHICULAR)	
CA_NUEVO_150m	
CA_NUEVO_200m	
CA_EXISTENTE	

LEYENDA (TRANSITO DE RP,BP,XC)	
DOBLE VIA	
INGRESO UNA VIA	
SALIDA UNA VIA	

	DESCRIPCION	COLOR	CANTIDAD (4x4x12)	TOTAL METRAJE
ZONA 2	CA_NUEVO_150m		20	240
	CA_NUEVO_200m		0	0
	CA_EXISTENTE		13	156
			33	396

**Plano en perfil de la zona 2**  
**Tomada del Departamento de Planeamiento**