

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales del método  
de minado Sublevel Stopping NV 4100 para la  
mejora del rendimiento operacional en la Unidad  
Minera Yauliyacu - 2022**

Cristian Dionisio Salvatierra Madueño

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" .

# ANÁLISIS DE LAS VARIABLES OPERACIONALES DEL MÉTODO DE MINADO SUBLEVEL STOPING NV 4100 PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN LA UNIDAD MINERA YAULIYACU - 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	transparencia.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to uniminuto Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://banrep.org">banrep.org</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.ilo.org">www.ilo.org</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://cigre.org.br">cigre.org.br</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositoriodemo.continental.edu.pe">repositoriodemo.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	Sifuentes Alarcón Laura Estefania. "La formación de conductas disruptivas, como	<1 %

resultado de la causa en el ambiente familiar,  
vista por cada uno de los miembros  
relacionados", TESIUNAM, 2015

Publicación

21

[dspace.esPOCH.edu.ec](https://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

22

[pt.scribd.com](https://pt.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

23

[vsip.info](https://vsip.info)

Fuente de Internet

<1 %

24

[www.fiaf.org.ar](http://www.fiaf.org.ar)

Fuente de Internet

<1 %

25

[www.tridge.com](http://www.tridge.com)

Fuente de Internet

<1 %

26

Munguía Velázquez Guillermo Ignacio.  
"Estructura de interfaz intuitiva para software  
de evaluación ergonómica", TESIUNAM, 2019

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 5 words

Excluir bibliografía

Activo

## **ASESOR**

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

Esta tesis está dedicada a Dios, a mis padres que siempre estuvieron brindándome su apoyo y consejos para lograr mis objetivos.

También en el transcurso y recorrido por la vida, encontré la posibilidad de seguir creciendo profesionalmente, ya que me pude dar cuenta que tenía habilidades y destrezas, esto influyó en la decisión de enfrentar un nuevo reto. Asimismo, en el desarrollo de mis estudios se presentaron muchos momentos donde los deberes y compromisos parecieran acabar con mis metas y objetivos. Es ahí cuando entendí que la persona idónea estaba siempre a mi lado para ayudarme.

Por eso también quiero dedicar de manera muy especial a mi compañera de toda la vida: mi esposa Juana Iris, por dedicar su tiempo, amor, paciencia y palabras de confianza para conmigo. A ella agradezco y dedico esta tesis que voy a presentar con mucha ilusión.

## **DEDICATORIA**

Agradezco a la universidad Continental y a todos los profesionales quienes fueron los forjadores de una nueva etapa en mi vida, compartiendo sus conocimientos, experiencias con mucha paciencia.

Asimismo, agradezco a los ingenieros que depositaron su confianza y me dieron la oportunidad de crecer profesionalmente.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	17
1.1 Planteamiento y formulación del problema	17
1.1.1 Planteamiento del problema	17
1.1.2 Formulación del problema	18
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Justificación e importancia	19
1.3.1 Justificación social - práctica	19
1.3.2 Justificación académica	19
1.3.3 Justificación económica	19
1.4 Hipótesis de la investigación	19
1.4.1 Hipótesis general	19
1.4.2 Hipótesis específicas	19
1.5 Identificación de las variables	20
1.5.1 Variable independiente	20
1.5.2 Variables dependientes	20
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	22
2.1 Antecedentes del problema	22

2.1.2	Antecedentes internacionales -----	22
2.1.3	Antecedentes nacionales -----	22
2.2	Generalidades de la unidad minera -----	24
2.2.1	Ubicación y accesibilidad -----	24
2.3	Geología general -----	25
2.3.1	Geología local -----	25
2.3.2	Geología estructural -----	27
2.3.3	Mineralización en el yacimiento -----	28
2.4	Bases teóricas del estudio -----	30
2.4.1	Consideraciones geomecánicas del macizo rocoso -----	30
2.4.2	Método de minado -----	31
2.4.3	Minado del tajo 637 – 638, Nivel 4100 (estudio) -----	35
2.4.4	Dilución -----	39
2.4.5	Consideraciones de diseño de carguío de taladros - SLC -----	49
2.4.6	Consideraciones de sobre rotura asociada SLC -----	52
2.4.7	Consideraciones de cumplimiento de producción asociada SLC -----	53
	<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----</b>	<b>56</b>
3.1	Método y alcances de la investigación -----	56
3.1.1	Método de la investigación -----	56
3.1.2	Alcances de la investigación -----	57
3.1.3	Tipo de diseño de investigación -----	57
3.2	Población y muestra -----	57
3.2.1	Población -----	57
3.2.2	Muestra -----	57
3.2.3	Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	57
3.2.4	Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	58
	<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----</b>	<b>59</b>
4.1	Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	59
4.1.1	Análisis del tonelaje producido y tonelaje procesado -----	59
4.1.2	Análisis de la sobre rotura periodo 2021 - 2022 -----	63
4.1.3	Análisis comparativo de producción y valor de mineral en vetas – Nv 41 -----	70

4.1.4 Prueba de la hipótesis.-----	73
CONCLUSIONES -----	78
RECOMENDACIONES -----	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	81
ANEXOS-----	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables .....	20
Tabla 2. Accesibilidad al proyecto minero .....	24
Tabla 3. Clasificación geomecánica del RMR – zona Yauliyacu .....	30
Tabla 4. Dimensionamiento en el techo de las excavaciones – zona Yauliyacu .....	33
Tabla 5. Dimensionamiento en la caja techo de las excavaciones – zona Yauliyacu .....	33
Tabla 6. Dimensionamiento de pilares de rumbo - zona Yauliyacu .....	34
Tabla 7. Anchos de pilares de buzamiento - zona Yauliyacu.....	34
Tabla 8. Resumen de dilución permisible en explotación en vetas- zona Yauliyacu .....	46
Tabla 9. Diseño de carguío de taladros en SLC .....	50
Tabla 10. Sobre rotura, periodo 2021 en SLC .....	53
Tabla 11. Plan de producción programada y ejecutada en SLC .....	55
Tabla 12. Relación de producción mina y tonelaje procesado desde agosto a diciembre 2021 .....	60
Tabla 13. Relación de producción mina y tonelaje procesado desde enero a mayo 2022 .....	61
Tabla 14. Resumen de producción mina - planta Nivel 4100.....	62
Tabla 15. Sobre rotura de cuerpo y vetas, periodo 2021 en el Nv 4100 .....	64
Tabla 16. Sobre rotura de cuerpo y vetas, periodo 2022 en el Nv 4100 .....	64
Tabla 17. Sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100, periodo 2021 .....	65
Tabla 18. Sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100, periodo 2022 .....	66
Tabla 19. Resumen de sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100.....	67
Tabla 20. Sobre rotura en vetas en el Nv 4100, periodo 2021 .....	68
Tabla 21. Sobre rotura en vetas en el Nv 4100, periodo 2022.....	68
Tabla 22. Resumen de sobre rotura de vetas en el Nv 4100 .....	69
Tabla 23. Resumen de análisis comparativo de tonelaje y valor de mineral en vetas – Nv 4100 .....	71

Tabla 24. Análisis comparativo de cumplimiento de producción en vetas en el Nv 4100.....	72
Tabla 25. Análisis de sobre rotura entre periodos de estudio en cuerpos en el Nv 4100 .....	74
Tabla 26. Análisis de levantamiento de desviación de taladros en el Nv 4100 .....	75
Tabla 27. Análisis de valor de mineral (NSR) periodo 2021 en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 .....	76
Tabla 28. Análisis de valor de mineral (NSR) periodo 2022 en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 .....	76
Tabla 29. Tabla de variables .....	83
Tabla 30. Resumen de tonelaje y leyes programadas, ejecutada y procesada, enero – febrero del 2022 en el Nv 4100 .....	89
Tabla 31. Resumen de tonelaje y leyes programadas, ejecutada y procesada, marzo y abril del 2022 en el Nv 4100 .....	90
Tabla 32. Resumen de tonelaje y leyes programadas, ejecutada y procesada, mayo y resumen total del 2022 en el Nv 4100.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación de la unidad minera Yauliyacu.....	24
Figura 2. Geología local .....	25
Figura 3. Estratigrafía local .....	27
Figura 4. Zonación estructural del Yacimiento Yauliyacu .....	28
Figura 5. Sección geológica esquemática del yacimiento Yauliyacu .....	29
Figura 6. Gráfico de distribución de valores de RMR del Yacimiento Yauliyacu ...	30
Figura 7. Zonificación geomecánica por RMR del yacimiento Yauliyacu .....	31
Figura 8. Esquema de minado en tajos parcialmente minados (a) .....	32
Figura 9. Esquema de minado en tajos parcialmente minados (b) .....	32
Figura 10. Secuenciamiento de minado en sección longitudinal, tajo 638 .....	37
Figura 11. Secuenciamiento de minado en sección longitudinal y planta tajo 638 – Nv 4100 .....	38
Figura 12. Esquema de radio de daño de un taladro (Rd).....	39
Figura 13. Esquema de dilución, considerando el sólido geológico (a) .....	43
Figura 14. Esquema de dilución, considerando el sólido geológico (b) .....	43
Figura 15. Sección típica de explotación de veta con 0.7 m de potencia .....	44
Figura 16. Sección típica de explotación de veta con 1.0 m de potencia .....	45
Figura 17. Sección típica de explotación de veta con 1.5 m de potencia .....	45
Figura 18. Sección típica de explotación de veta con 2.5 m de potencia .....	46
Figura 19. Sección típica en la explotación de un cuerpo mediante taladros largos (5 m potencia) – Nv 4100 .....	48
Figura 20. Esquema de carguío de acuerdo con el porcentaje de carga .....	49
Figura 21. Esquema de carguío de acuerdo con el porcentaje de carga .....	52
Figura 22. Esquema de carguío de acuerdo con el porcentaje de carga .....	53
Figura 23. Producción programada y producción de planta periodo 2021 .....	55
Figura 24. Producción programada y producción de planta periodo 2021 .....	60
Figura 25. Producción programada y producción de planta periodo 2022 .....	61
Figura 26. Resumen producción mina y planta Nivel 4100.....	62
Figura 27. Sobre rotura en cuerpos mineralizados, Nv 4100, periodo 2021 .....	65
Figura 28. Sobre rotura en cuerpos mineralizados, Nv 4100, periodo 2022 .....	66

Figura 29. Resumen de sobre rotura en cuerpos mineralizados, Nv 4100 .....	67
Figura 30. Sobre rotura en vetas mineralizadas, Nv 4100, periodo 2021 .....	68
Figura 31. Sobre rotura en vetas mineralizados, Nv 4100.....	69
Figura 32. Resumen de sobre rotura en vetas mineralizados, Nv 4100 .....	70
Figura 33. Relación tonelaje producido – procesado versus el NSR en vetas.....	72
Figura 34. Relación tonelaje producido – procesado versus sobre rotura .....	74
Figura 35. Relación tonelaje mina – planta y NSR periodo 2021.....	76
Figura 36. Relación tonelaje mina – planta y NSR periodo 2022.....	77
Figura 37. Geología regional.....	84
Figura 38. Zonación estructural.....	85
Figura 39. Zonación geomecánica .....	86
Figura 40. plano en planta, nivel 4100 .....	87
Figura 41. Tajeo 638, nivel 4100.....	88

## RESUMEN

La presente investigación realiza el análisis de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional de la unidad minera Yauliyacu. El estudio se realizó en dos periodos comparativos: de agosto a diciembre y de enero a mayo, considerando las variables a ser analizadas como el tonelaje producido y el tonelaje procesado; así como, la sobre rotura asociada a ambos periodos y sus variables asociadas como la desviación de taladros, el radio de daño de taladros de producción y el valor de mineral (NSR) para medir la rentabilidad operacional en la unidad minera.

El desarrollo del presente trabajo de investigación considera el método analítico, ya que se describe la investigación con un alcance descriptivo - explicativo. El trabajo de investigación es preexperimental, por lo que se analizará e interpretará las diferentes variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100, durante dos periodos de estudio.

Durante el periodo agosto a diciembre del 2021 se produjo del Nv 4100 un total de 511,116 toneladas con un NSR de 77.58 \$/t y se procesó un total de 511,119 toneladas con un NSR de 60.69 \$/t. Este menor valor de mineral se reduce en 16.9 \$/t en este periodo, producto de una mayor sobre rotura e incremento de la dilución disminuyendo las leyes de cabeza con las leyes de planta.

Asimismo, durante el periodo de estudio de enero a mayo del 2022 se produjo del Nv 4100 un total de 344,123 toneladas con un NSR de 75.77 \$/t y se procesó un total de 344,565 toneladas con un NSR de 73.73 \$/t. A diferencia del periodo anterior, en este se controló la sobre rotura y por ende la dilución, controlando el valor de mineral y disminuyendo solo en 2 \$/t.

Durante el periodo de agosto a diciembre el total de mineral producido en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 fue de 15,918.40 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 1,439.81 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 18.17 % con 0.68 metros (ELOS).



Para el segundo periodo de enero a mayo el total de mineral producido en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 fue de 28,000.65 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 2,770 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 16.80 % con 0.65 metros (ELOS). Este resultado permitió una disminución de 1.37 % de sobre rotura en el segundo periodo.

Durante el periodo de agosto a diciembre 2021, la desviación de taladros fue de 3.5 % y 0.44 metros y para el periodo enero a mayo del 2022 se generó una desviación de 3.14 % y 0.39 metros. Esta mejora del control de la desviación de taladros permite un mejor control en la sobre rotura con una disminución del 0.36 % y de 0.05 metros.

Finalmente, de acuerdo con el análisis del valor de mineral durante el periodo de agosto a diciembre del 2021 la relación de sobre rotura es de 18.17 % y un NSR de 60.69 \$/t, teniendo un mejor control de la sobre rotura en el periodo enero a mayo del 2022 con una sobre rotura de 16.80 % y un NSR de 73.73 \$/t. Esta mejora del control de la sobre rotura permitió el incremento del NSR en 13.04 \$/t, validando el control de las variables operacionales del método de minado sublevel stoping en el Nv 4100.

**Palabras clave:** tonelaje, mineral, desmonte, sobre rotura, valor de mineral, NSR, leyes de cabeza, etc.

## ABSTRACT

The present investigation carries out the analysis of the operational variables of the sublevel stoping mining method at Nv 4100, for the improvement of the operational performance of the Yauliyacu Mining Unit. The study was carried out in two comparative periods from August to December and from January to March, considering the variables to be analyzed such as the tonnage produced and the tonnage processed, as well as the excess breakage associated with both periods and its associated variables such as the deviation of drills, the damage radius of production drills, and the mineral value (NSR), to measure the operational profitability in the mining unit.

The development of this research work considers the analytical method, since the research is described with a descriptive - explanatory scope. The research work is pre-experimental, so the different operational variables of the sublevel stoping mining method at Nv 4100 will be analyzed and interpreted, during two study periods.

During the period August to December 2021, a total of 511,116 tons of NV 4100 were produced with an NSR of \$77.58/t and a total of 511,119 tons were processed with an NSR of \$60.69/t. This lower ore value is reduced by \$16.9/t in this period, due to a greater overbreak and increase in dilution, lowering the head grades with the mill grades.

Likewise, during the study period from January to May 2022, a total of 344,123 tons of NV 4100 were produced with a NSR of 75.77 \$/t and a total of 344,565 tons were processed with a NSR of 73.73 \$/t. Unlike the previous period, in this period the overbreak and therefore the dilution was controlled, controlling the value of ore and decreasing it by only \$2/t.

During the period from August to December, the total mineral produced in mineralized bodies at Level 4100 was 15,918.40 m<sup>3</sup> and the waste rock was 1,439.81 m<sup>3</sup>, generating an overbreak of 18.17% with 0.68 meters (ELOS).

For the second period from January to May, the total mineral produced in mineralized bodies at Level 4100 was 28,000.65 m<sup>3</sup> and the waste rock was 2,770 m<sup>3</sup>, generating an overbreak of 16.80 % with 0.65 meters (ELOS). This result allowed a 1.37 % decrease in overbreak in the second period.

During the period from August to December 2021, the deviation of drills was 3.5 % and 0.44 meters and for the period from January to May 2022, a deviation of 3.14 % and 0.39 meters was generated. This improvement of the control of the deviation of drills, allows a better control in the overbreak with a decrease of 0.36 % and 0.05 meters.

Finally, according to the analysis of the ore value during the period from August to December 2021, the overbreak ratio is 18.17 % and an NSR of \$60.69/Ton, having better control over breakage in the period from January to May 2022 with an overbreak of 16.80% and an NSR of 73.73 \$/t. This improvement in the control of overbreaking allowed the increase of the NSR by 13.04 \$/t, validating the control of the operational variables of the sublevel stoping mining method at Lv 4100.

**Keywords:** tonnage, ore, waste rock, overbreak, ore value, NSR, head grades, etc.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas en el uso de métodos de minado con taladros largos es poder controlar la sobre rotura (overbreak), el cual incide directamente con la dilución y un menor valor de mineral (NSR).

Poder controlar la sobre rotura es necesario entender las variables operacionales que inciden directamente tales como la desviación de taladros, el análisis de radio de daño de taladros de producción, control litológico y de alteración hidrotermal, el correcto contacto entre la estructura mineralizada y las cajas, etc.

Para el presente estudio, se analizará las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional. Se analizó el tonelaje ejecutado y el tonelaje procesado, la sobre rotura, el valor de mineral y la desviación de taladros entre agosto a diciembre y de enero a mayo.

Durante la primera etapa de agosto a diciembre, se analizó las diferentes variables operacionales asociadas al método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100, considerando las variables de tonelaje producido y tonelaje procesado, la sobre rotura asociada a este periodo y el valor de mineral generado.

Durante el segundo periodo de enero a mayo, en función a los resultados analizados de la primera etapa se realizaron las correcciones respectivas, lo que permitió disminuir el porcentaje de sobre rotura y mejorar el valor de mineral (NSR).

Durante el desarrollo de la presente tesis se considera los siguientes ítems: Capítulo I: planteamiento de estudio; Capítulo II: generalidades y marco teórico; Capítulo III: técnicas y metodología de la investigación y Capítulo IV: análisis e interpretación de resultados.

El autor

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

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

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

Uno de los grandes inconvenientes en la aplicación de métodos de minado subterráneo con taladros largos es controlar la dilución, producto de la sobre rotura (overbreak). El efecto de la dilución genera un impacto directo en el valor de mineral, así como en los costos operacionales.

La generación de la sobre rotura (overbreak) mediante la aplicación del método de minado con taladros largos afecta en forma directa el plan de producción programado, generando un impacto en el tonelaje producido y el tonelaje procesado, de acuerdo con las características de los diferentes dominios geometalúrgicos y su implicancia en la optimización operacional de la unidad minera.

Asimismo, la implicancia de la dilución de las leyes generará un menor valor de mineral lo que influirá directamente en el valor de mineral, con su consecuente incremento de costos operacionales, producto de un mayor tonelaje producido con menores leyes de cabeza.

El presente trabajo de investigación permitirá realizar las diferentes variables operacionales del plan de producción programado y la producción ejecutada,

considerando el tonelaje, leyes de cabeza, valor de mineral producido y procesado durante el periodo enero a agosto del 2022, en la unidad minera.

### **1.1.2 Formulación del problema**

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

¿Cómo influye el análisis de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100 para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu - 2022?

#### **b) Problemas específicos**

- ✓ ¿Cómo influye la sobre rotura, producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu - 2022?
  
- ✓ ¿Cómo influye la sobre rotura con el valor de mineral (NSR), producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu - 2022?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Analizar las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu – 2022.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la influencia de la sobre rotura producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu - 2022.
  
- ✓ Determinar la influencia de la sobre rotura con el valor de mineral (NSR) producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu – 2022.

### **1.3 Justificación e importancia**

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

El presente trabajo de investigación realiza el análisis de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* con la finalidad de la mejora del rendimiento operacional de la unidad minera.

El impacto de esta mejora, ayudará una mejor gestión social y el mejor desarrollo de convivencia entre la empresa y las comunidades aledañas al proyecto minero.

#### **1.3.2 Justificación académica**

El desarrollo del presente trabajo permitirá el uso de herramientas modernas como modelos numéricos para el análisis e interpretación de las variables operacionales de del método de minado *sublevel stoping*.

La aplicación de estas herramientas y los resultados obtenidos permitirá ser base para el uso de análisis comparativos con estudios similares y ser aplicados en las aulas académicas.

#### **1.3.3 Justificación económica**

El análisis de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* permitirá mejorar el rendimiento operacional y por ende la mejora de la rentabilidad económica de la operación.

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

#### **1.4.1 Hipótesis general**

Al analizar las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100 influye positivamente en la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu.

#### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- ✓ Al determinar la influencia de la sobre rotura producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100 influye positivamente en la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu.

- ✓ Al determinar la influencia de la sobre rotura con el valor de mineral producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* Nv 4100 influye positivamente en la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu.

## 1.5 Identificación de las variables

### 1.5.1 Variable independiente

- ✓ Mejora del rendimiento operacional.

### 1.5.2 Variables dependientes

- ✓ Variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* (tonelaje programado y ejecutado, sobrerotura y NSR).

### 1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Tabla de variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Mejora del rendimiento operacional	La mejora del rendimiento operacional está relacionada directamente a las diferentes variables operacionales, mediante la aplicación del método de minado con taladros largos..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geología</li> <li>• Geomecánica</li> <li>• Operacionales</li> </ul>	dominios geológicos  dominios geomecánicos  Productividad	Tipos de roca, leyes, alteración hidrotermal, etc.  Dureza, propiedades del macizo rocoso, etc.  Rendimiento operacional, tonelaje mineral, tonelaje desmonte, etc..



VD: Variables operacional es del método de minado	Las variables del método de minado con taladros largos, influyen directamente en la rentabilidad operacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción</li> <li>• Económico</li> </ul>	Mineral Desmonte Valor Mineral	Tonelaje Sobre rotura Leyes NSR
--	---	---	--------------------------------------	--

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

##### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

- Tesis titulada: «*Modelamiento numérico de la dilución por sobre excavación en minería subterránea explotada por sublevel stoping*» de la Universidad de Chile. El objetivo principal fue calibrar y verificar un modelo que pueda representar la sobre excavación de las cajas en diferentes tajeos, mediante un modelamiento numérico. El modelo se divide en dos etapas: la primera etapa, realiza de un análisis de información histórica y la realización de un modelamiento numérico en FLAC3D, unificando un total de 582 casos históricos de *sublevel stoping*, originados de Canadá y Australia, generando modelos empíricos relacionado a la sobre excavación de las cajas. Para la segunda etapa, se plantea un modelo numérico de la información analizada determinando el análisis de la sobre rotura, concluyendo que existe un mal criterio de análisis de la información planteada en la literatura para definir la sobre rotura, realizando un débil análisis de la propiedad del macizo rocoso considerado en la resistencia a la tracción (1).

##### **2.1.3 Antecedentes nacionales**

- Tesis titulada: «*Implementación del método sublevel stoping con taladros largos para el incremento de la producción en el tajo 830E en la zona de profundización de la compañía Minera Bateas S.A.C.*» de la universidad Continental. La finalidad

del trabajo de investigación es reducir los costos de producción, considerando patrones de seguridad en el diseño, se utilizaron fichas de registro de información. El resultado obtenido, permite visualizar el incremento de la productividad en el Tajo 830E mediante la aplicación del método de minado *sublevel stoping*, con una producción de 18000 ton y un costo unitario de 38 US \$/t (2).

- Tesis titulada: «Implementación para el método de Sublevel Stopping con taladros largos para el minado del tajo 012, Nv 18 Veta Ximena – Zona Oroya – Cía Minera Casapalca» de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. El objetivo del presente trabajo de investigación es analizar las variables geológicas, geomecánicas y económicas del método de minado implementado en el Tj 012. Se aplicaron el uso de diferentes softwares como el dips, phase2 y rock data para evaluar el macizo rocoso, considerando un RMR de 63 en la roca encajonante, calidad de roca en la mineralización de VI regular a mala con RMR de 46. La aplicación del método de minado incrementó la producción de 158 ton/día a 362.88 ton/día, la dilución se incrementó de 16.37 % a 32.74 %, generando la reducción de costos de minado (3).
- Tesis titulada: «Recuperación de pilar de tajo antiguo de nivel 400 intermedio de la sección I empleando el método de subniveles con taladros largos en la empresa minera Los Quenuales S.A. – U.M. Yauliyacu» de la universidad Continental. El objetivo principal fue la recuperación de pilar, de un tajo antiguo, aplicando el SLS con taladros largos en la unidad minera Yauliyacu, siendo uno de los objetivos específicos, determinar la influencia económica en la recuperación del pilar antiguo, mediante el SLS con taladros largos en la unidad minera Yauliyacu (4).
- Tesis titulada: «Modelamiento geológico y estimación de recursos minerales de la veta rayo en la unidad minera Yauliyacu empresa minera los Quenuales» de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo de la tesis fue determinar el modelo geológico 3D y determinar los recursos minerales

asociados a la veta rayo de la unidad minera Yauliyacu. Se aplicó métodos tradicionales (wireframes) considerando un volumen de 998,451.00 m<sup>3</sup> (5).

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

### **2.2.1 Ubicación y accesibilidad**

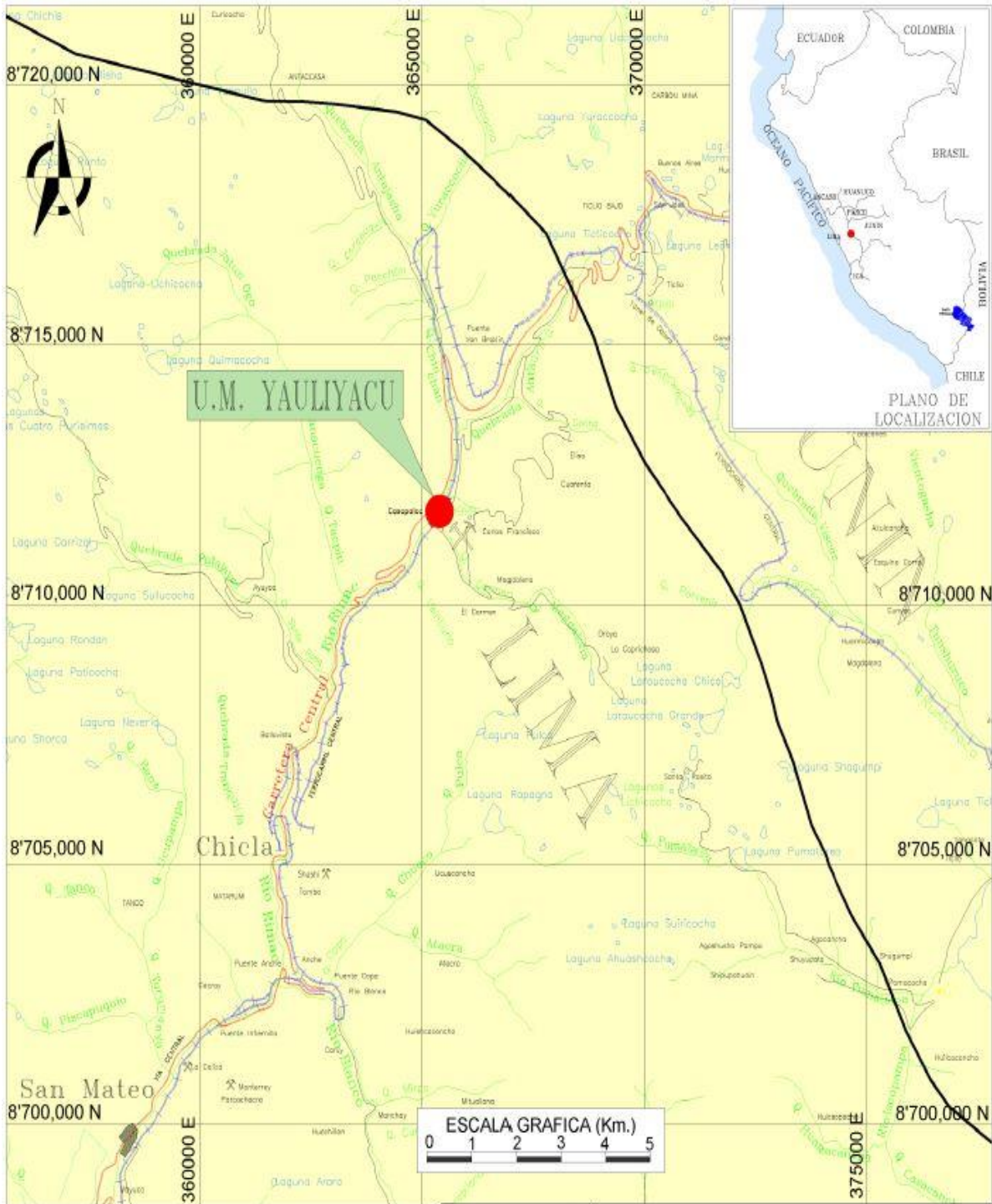
La unidad minera Yauliyacu ubicada en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y departamento de Lima. La mina se encuentra en el flanco oeste de la cordillera occidental de los Andes del Perú central a una altura de 4,200 m s. n. m. promedio.

La mina se ubica en las coordenadas UTM: 365,315.93 E y 8'711,908.37 N.

**Tabla 2. Accesibilidad al proyecto minero**

Tramo - Ruta	Distancia - Kilómetros
Lima – Matucana – Mina (carretera Central asfaltada)	118 km
Lima – Canta – Mina (carretera asfaltada – trocha afirmada)	222 km

**Tomada del departamento de Geología**

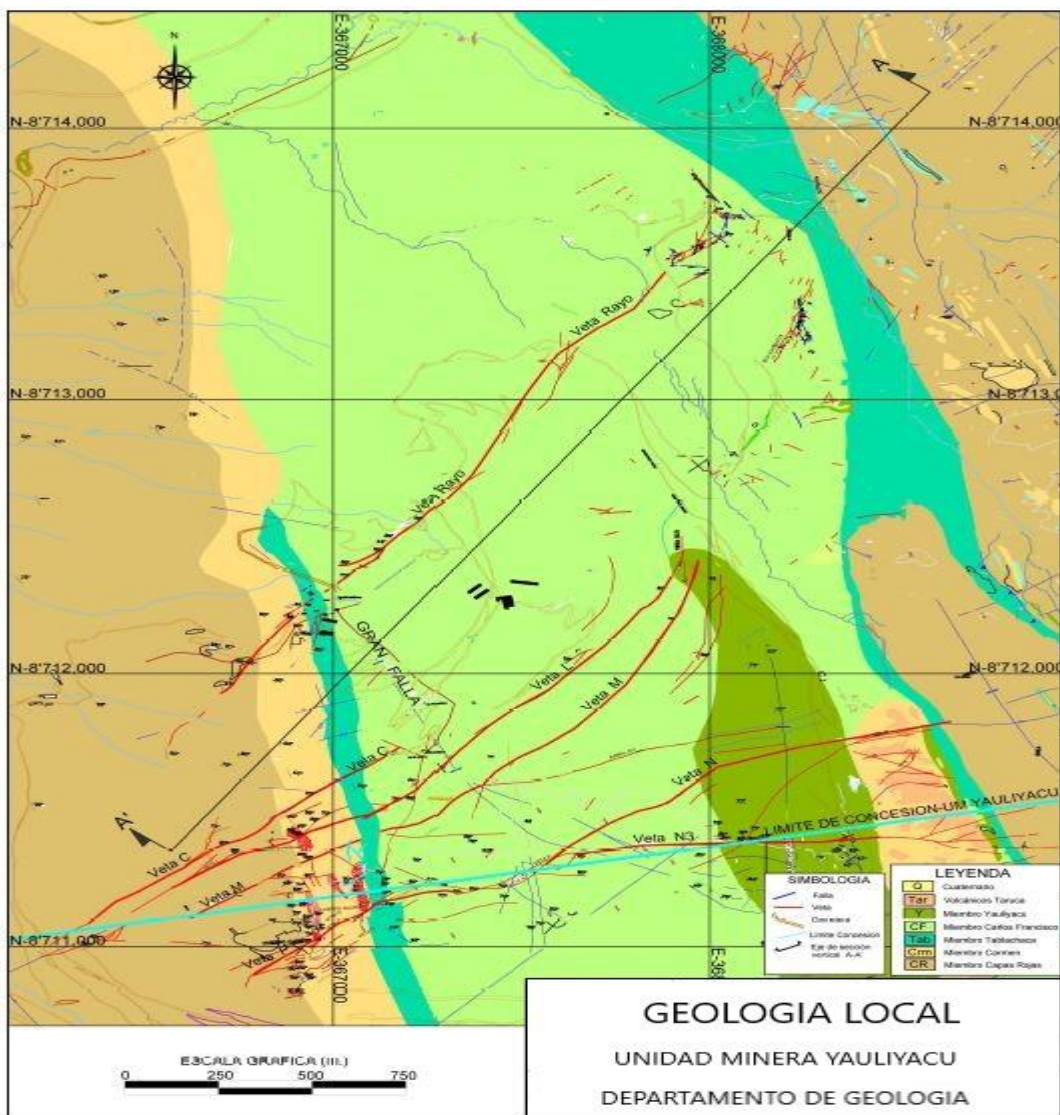


**Figura 1. Plano de ubicación de la unidad minera Yauliyacu  
Tomada del departamento de Geología**

## 2.3 Geología general

### 2.3.1 Geología local

El yacimiento está asociado a rocas volcánicas andesíticas de la formación Carlos Francisco y rocas sedimentarias compuesta por areniscas calcáreas de la formación Casapalca, donde han sido emplazadas estructuras mineralizadas tipo veta y cuerpos mineralizados asociados a controles estructurales NE y EW, con leves inflexiones NS. El origen de la mineralización tipo sulfuro está asociado a actividades hidrotermales del terciario de baja sulfuración.



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

### **a) Formación Casapalca**

Compuesta por rocas sedimentarias de ambiente continental, son las rocas de mayor predominancia en el área de proyecto, asociada a los miembros de de Capas Rojas y Carmen (ver columna estratigráfica).

- ✓ Miembro Capas Rojas: intercalaciones de lutitas con y areniscas calcáreas, con presencia de hematita, el cual le da el color rojizo.
- ✓ Miembro Carmen: asociado a conglomerados con calizas, con intercalaciones de areniscas, lutitas, tufos y conglomerados volcánicos de potencias de 80 a 200 metros.

### **b) Formación Carlos Francisco**

Asociadas principalmente a rocas sedimentarias y distribuidas en 3 miembros.

- ✓ Miembro Tablachaca: compuesta principalmente por rocas volcánicas formada por tufos, brechas, aglomerados y rocas porfíricas.
- ✓ Miembro Carlos Francisco: compuesto por flujos andesíticos masivos y fragmentado.
- ✓ Miembro Yauliyacu: compuesto por tufos rojizos de grano fino.

### **c) Formación Bellavista**

Compuesto principalmente de calizas delgadas de color gris intercaladas con calizas de color gris oscura con nódulos de sílice.

### **d) Formación Río Blanco**

Compuesto por una serie volcánica asociada a tufos de lapilli con intercalaciones de brecha y riolitas.

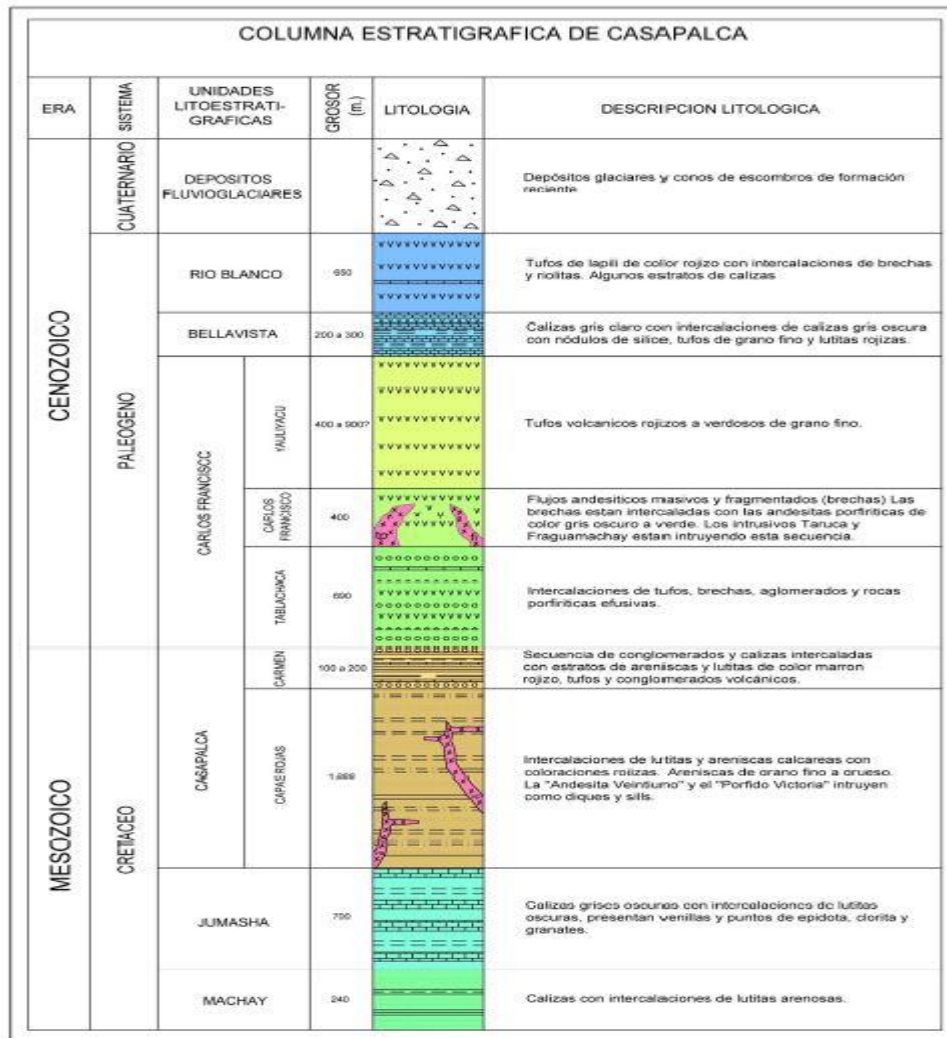


**e) Depósitos cuaternarios**

Compuesto por depósitos glaciares y escombros de formación reciente.

**f) Actividad ígnea**

Asociados a intrusivos de composición intermedia, con alto contenido en soda y con una variación de textura y alteración.



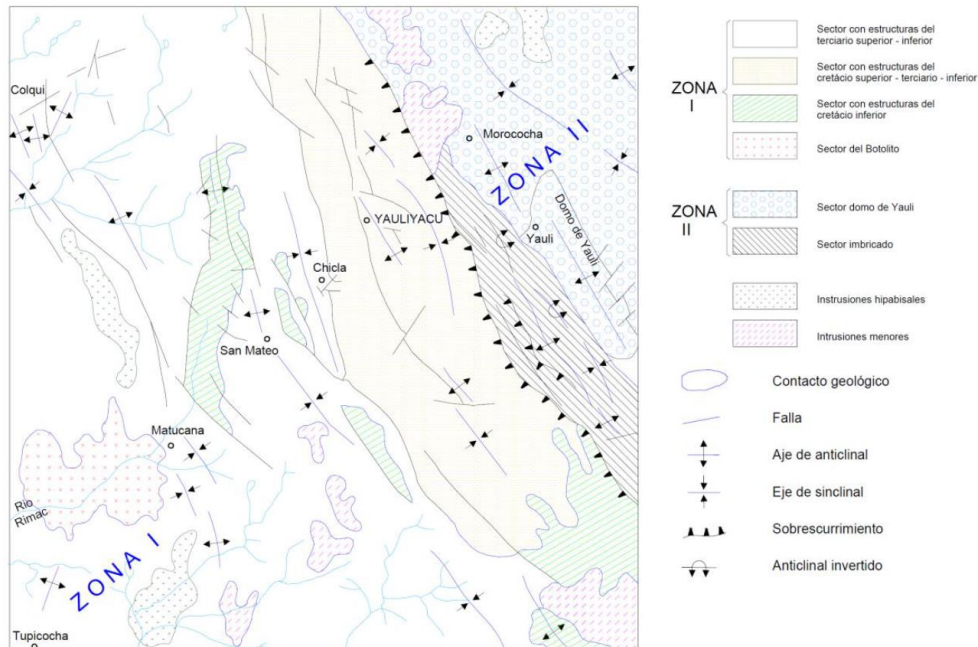
**Figura 3. Estratigrafía local**  
Tomada del departamento de Geología

**2.3.2 Geología estructural**

Asociado a diferentes eventos tectónicos andino, los cuales favorecieron a la mineralización presente formando diferentes disconformidades entre las litologías presentes.



Las diferentes unidades han sido plegadas considerando un rumbo N 20° W, siendo la de mayor importancia la del anticlinal Casapalca formando sinclinales y anticlinales asimétricos.



**Figura 4. Zonación estructural del Yacimiento Yauliyacu Tomada del departamento de Geología**

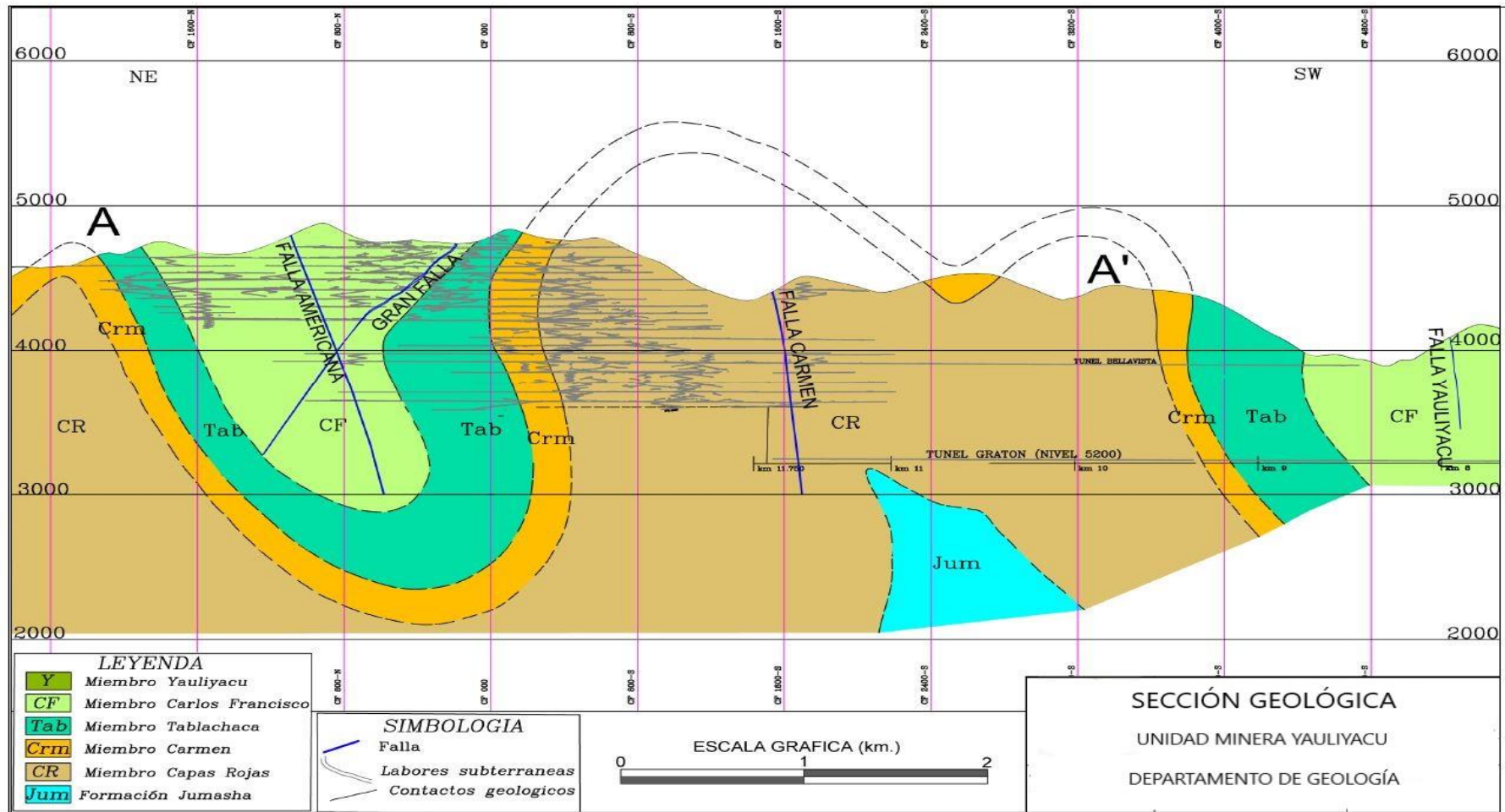
### 2.3.3 Mineralización en el yacimiento

Las estructuras mineralizadas están presentes en los volcánicos andesíticos Carlos Francisco y areniscas calcáreas de la formación Casapalca.

La mineralización presente está asociada a minerales de Pb, Zn y Cu presentándose en estructuras tipo veta y zonas diseminadas en las rocas encajonantes muy fracturadas.

La estructura de mayor importancia ha sido expuesta con un afloramiento de 5 kilómetros con potencias menores a 1 metro, con rumbo de N 30° a 80° E y buzamiento de 60° a 80° NW y encampanes hasta de 2000 metros.

La mineralización presente está compuesta por esfalerita, galena, calcopirita y tetraedrita con leves oxidaciones e enriquecimientos secundarios.



**Figura 5. Sección geológica esquemática del yacimiento Yauliyacu  
Tomada del departamento de Geología**

## 2.4 Bases teóricas del estudio

El presente estudio analizó las diferentes variables operacionales del método de minado *sublevel stopping* en el Nv 4100 para realizar la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera Yauliyacu.

La mejora del rendimiento operacional permitió realizar el análisis de la sobre rotura (overbreak) asociando a la dilución generada en los diferentes frentes de producción del método de minado *sublevel stopping* en el Nv 4100.

### 2.4.1 Consideraciones geomecánicas del macizo rocoso

La clasificación del macizo rocoso se utilizaron criterios de clasificación como: RMR (Bieniawski 1989) y RQD (Priest & Hudson 1986), los resultados obtenidos del mapeo subterráneo considerando los planos geológicos y geomecánicos se resumen los valores promedio en cada nivel de explotación:

Tabla 3. Clasificación geomecánica del RMR – zona Yauliyacu

Ubicación	Rango RMR	Promedio RMR	Calidad según RMR
Zona I	45 - 55	50	REGULAR A
Zona II	44 - 53	49	REGULAR B
Zona IV	42 - 48	45	REGULAR B
Zona V	45 - 54	50	REGULAR A
Zona VII	46 - 55	51	REGULAR A

Tomada del departamento de Geomecánica

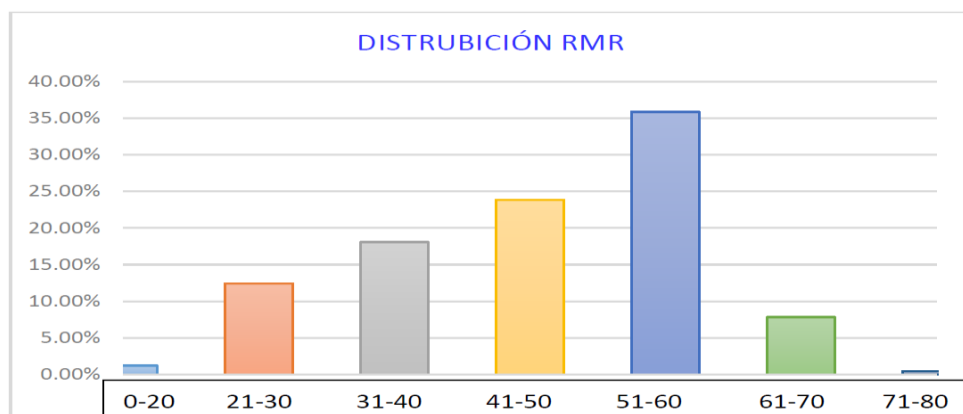
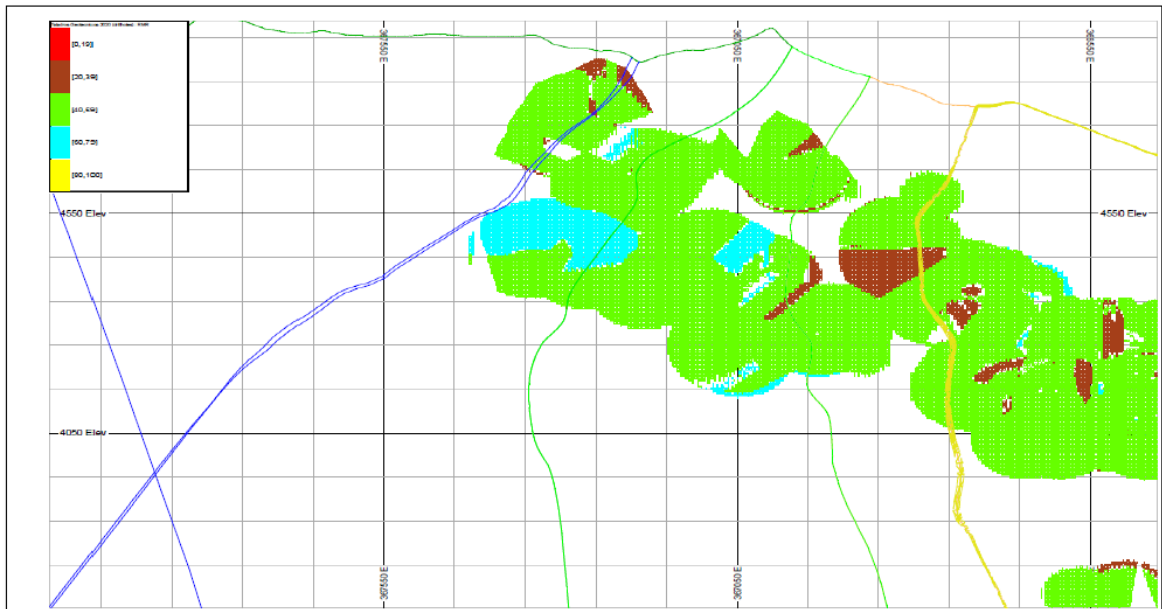


Figura 6. Gráfico de distribución de valores de RMR del Yacimiento Yauliyacu  
Tomada del departamento de Geomecánica

Según los estudios realizados el macizo rocoso de la unidad minera presenta límites de rocas de calidad Regular A (IIIB) y Regular A (IIIA), comprendidos en un RMR 41 – 60.

En base a los resultados obtenidos del macizo rocoso, los diseños para definir y dimensionar el método de minado, diseño y sostenimiento se distribuyen de la siguiente manera.



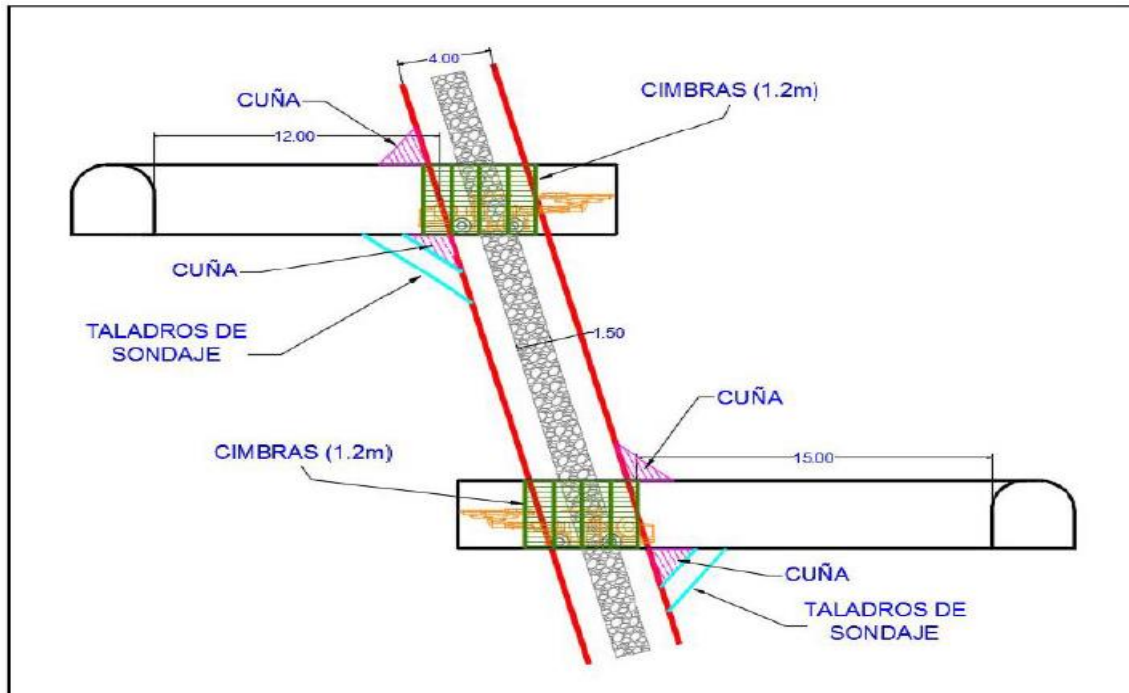
**Figura 7. Zonificación geomecánica por RMR del yacimiento Yauliyacu  
Tomada del departamento de Geomecánica**

#### **2.4.2 Método de minado**

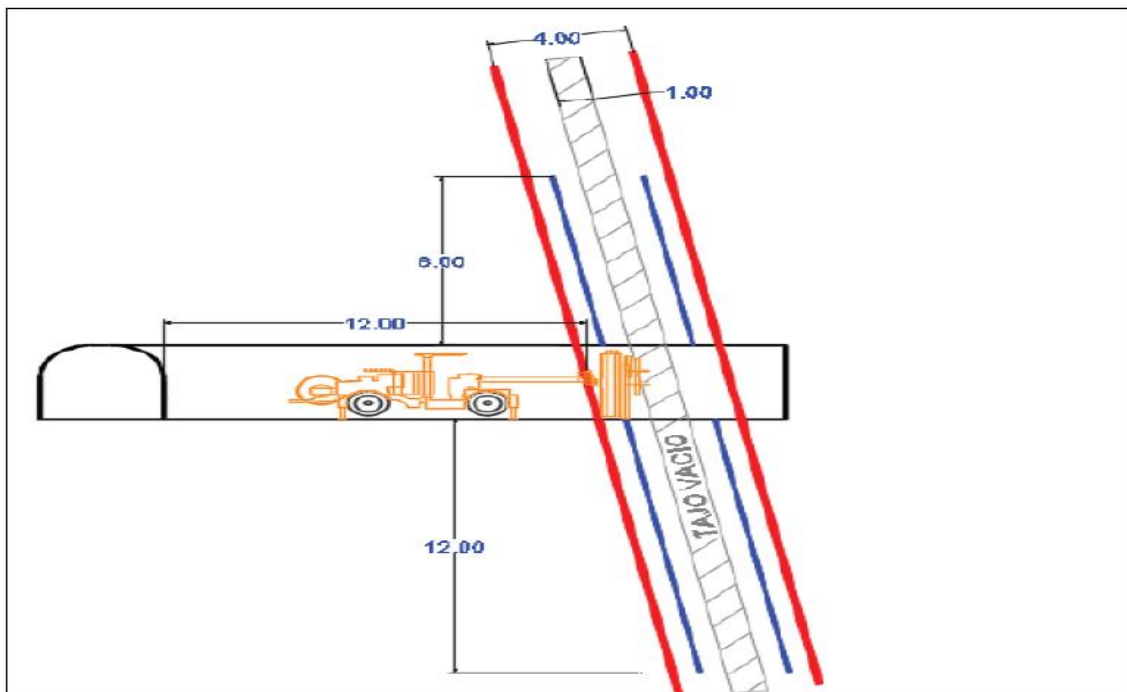
El método de minado se clasificó de acuerdo con las características geológicas, morfológicas, reservas, geomecánicas (calidad de la masa rocosa de las cajas y del mineral, resistencia de la roca y esfuerzo) y la presencia de agua subterránea.

El método de minado seleccionado es el *sublevel stoping* para vetas y *sublevel stoping* para cuerpos, considerando así mismo las condiciones de seguridad y económicos.

En la explotación en vetas, en algunos casos se va a minar los diseminados situados en las cajas, considerando el esquema presente a continuación.



**Figura 8. Esquema de minado en tajos parcialmente minados (a)**  
**Tomada del departamento de Geomecánica**



**Figura 9. Esquema de minado en tajos parcialmente minados (b)**  
**Tomada del departamento de Geomecánica**

a) Dimensionamiento de excavaciones

Para definir el método de minado es importante definir hasta que dimensiones se pueden abrir los tajos, ante lo cual se usó el método gráfico de estabilidad

(MGE). Usando los valores del número de estabilidad (N´) y el radio hidráulico (S), se puede calcular la estabilidad de un tajeo para unas dimensiones dadas a partir del gráfico de estabilidad.

Las dimensiones en el techo y caja techo de las excavaciones, para diferentes alturas de 20, 40 y 60 metros de las excavaciones y potencias de los cuerpos mineralizados se detallan a continuación:

**Tabla 4. Dimensionamiento en el techo de las excavaciones – zona Yauliyacu**

Altura	Ancho de la excavación = potencia del cuerpo										Cond.
	5 m		10 m		12 m		15 m		20 m		
	“S”	Long	“S”	Long	“S”	Long	“S”	Long	“S”	Long	
20 m	4.0	-13.3	4.8	240	5.2	78	5.8	51.2	5.8	27.6	ESS
	6.2	-8.4	7.1	-33.8	7.5	-60	8.3	-155.6	8.3	97.6	ESO
	9.3	-6.8	10.1	-19.8	10.5	-28	11.0	-47.1	11.0	-220	ECS
40 m	3.6	-16.4	4.4	73.3	4.6	39.4	5.0	30	5.6	25.5	ESS
	5.5	-9.2	6.5	-43.3	6.7	-114.9	7.4	1110	8.0	80	ESO
	8.7	-7.0	9.7	-20.6	9.9	-30.5	10.4	-53.8	10.8	-270	ECS
60 m	3.1	-25.8	4.3	61.4	4.5	36	4.6	23.8	5.1	20.8	ESS
	5.1	-9.8	6.4	-45.7	6.6	-132	6.8	145.7	7.4	56.9	ESO
	8.3	-7.2	9.5	-21.1	9.8	-30.9	9.9	-61.9	10.4	-520	ECS

**Tomada del departamento de Geomecánica**

**Tabla 5. Dimensionamiento en la caja techo de las excavaciones – zona Yauliyacu**

Altura	Ancho de la excavación = potencia del cuerpo										Cond.
	5 m		10 m		12 m		15 m		20 m		
	“S”	Long	“S”	Long	“S”	Long	“S”	Long	“S”	Long	
20 m	5.5	23.5	5.1	20.1	4.9	18.6	4.6	16.6	4.4	15.3	ESS
	7.8	63.3	7.4	51.9	7.1	45.2	6.7	38.0	6.6	36.4	ESO
	10.7	-638	10.4	-4558	10.2	1383	9.9	452.7	9.7	307.7	ECS
40 m	5.7	15.7	5.7	15.7	5.6	15.4	5.3	14.2	5.1	13.5	ESS
	8.2	27.2	8.1	26.6	8.0	26.1	7.6	24	7.4	23	ESO
	11.0	46.9	10.9	46	10.8	45.2	10.6	43.4	10.4	41.8	ECS
60 m	6.0	14.9	5.7	14	5.7	14	5.6	13.7	5.3	12.8	ESS
	8.5	23.4	8.2	22.3	8.1	21.9	8.1	21.9	7.7	20.5	ESO
	11.1	34.5	10.9	33.6	10.9	33.6	10.8	33.1	10.6	32.2	ECS

**Tomada del departamento de Geomecánica**

Nota: ESS = Estable sin sostenimiento. ESO = Estable con sostenimiento opcional. ECS = Estable con sostenimiento. Signo (-) = No hay límite máximo, depende del proceso operativo.

b) Altura de pilares de rumbo

De acuerdo con los resultados del método gráfico de estabilidad (MGE), será necesario dejar pilares de rumbo en los niveles principales y de acuerdo con los



resultados de análisis de esfuerzo deformación se muestra las alturas de estos pilares en función al ancho de los tajeos.

**Tabla 6. Dimensionamiento de pilares de rumbo - zona Yauliyacu**

Ancho de Tajeo (m)	Altura Pilar rumbo (m)	Factor de Seguridad
5	5	1.57
10	8	1.57
12	10	1.57
15	12	1.30
20	17	1.30

*Tomada del departamento de Geomecánica*

c) Longitud de los tajeos

La aplicación del método gráfico de estabilidad (MGE) indica que no habrá mayores problemas en la estabilidad de los techos de los tajeos cuando sean igual o menores a 15 metros, incluso cuando son mayores a 40 metros.

d) Anchos de los pilares de buzamiento

Según el análisis esfuerzo/deformación se muestran los anchos de los pilares de buzamiento, para las diferentes potencias de estructuras con mineral económico o ancho de tajeo y para diferentes longitudes de tajeos.

**Tabla 7. Anchos de pilares de buzamiento - zona Yauliyacu**

Ancho de Tajeo (m)	Longitud tajeo = 25 m Altura = Nivel a Nivel		Longitud tajeo = 40 m Altura = Subnivel a Subnivel	
	Ancho Pilar buzamiento (m)	Factor de seguridad	Ancho Pilar buzamiento (m)	Factor de Seguridad
5	4	1.57	5	1.57
10	8	1.57	9	1.57
12	10	1.57	12	1.57
15	10	1.30	12	1.30
20	15	1.30	18	1.30

*Tomada del departamento de Geomecánica*

Para longitudes de 40 metros se establecerá pilares de buzamiento de 12 metros, para potencias de 12 y 15 metros.

e) Anchos de los pilares de separación entre los tajeos

Los horizontes mineralizados varían sus potencias desde 3 hasta 20 metros y los caballos estériles ubicados entre estos horizontes varían desde 1 a 15 metros.

Cuando se exploten los tajos mineralizados adyacentes se deberá dejar un pilar de separación entre estos tajos minados. Si se pretende dejar ambos horizontes en explotación con explotaciones o cámaras vacías, los pilares de separación deberán tener más de 15 metros de ancho. Se han simulado anchos de pilares de separación de 5, 10 y 15 m y ninguno de estos resultan suficientes para mantener condiciones de estabilidad satisfactoria ni a nivel local ni global, la solución es la utilización de relleno inmediato de los tajeos. Suponiendo que uno de los horizontes ya está explotado y rellenado, el horizonte adyacente deberá ser explotado con relleno inmediato, es decir rompiendo y limpiando el mineral y rellenando después de cada corte entre los subniveles, en forma ascendente, en esta situación será necesario dejar como mínimo un ancho del pilar de separación de 10 metros.

#### **2.4.3 Minado del tajo 637 – 638, Nivel 4100 (estudio)**

Para el presente estudio se definió el plan de minado del TJ\_638 Nv\_4100, para la explotación de 31,400 TM de mineral con una ley promedio de 2.85 % Zn, 0.05 % Pb, 0.34 % Cu y 0.78 Oz Ag con un valor de 65 \$/Tm.

##### **a) Antecedentes**

- El TJ\_638 será explotando desde el Nv. 4100 base con el método de *sub level* cuerpos para lo cual en la base se realizó una galería de extracción, se viene realizando un subnivel, en un tramo de 38 m de explotación.
- Cerca de las inmediaciones se localizan infraestructuras permanentes, por lo que se respetaran los pilares recomendados por geomecánica, hacia el Crucero Integración y el Nv\_3900 (pozas de sedimentación).
- El tajo se encuentra paralelo al TJ\_637 por lo que se controlara con relleno en las zonas que se cerquen ambas estructuras.
- El TJ\_638 tiene un ancho de estructura de 13.00 m, un buzamiento de 80° aproximadamente y sus cajas tiene un RMR de 45 a 50 por lo que se espera tener control de las cajas y tener una dilución mínima.

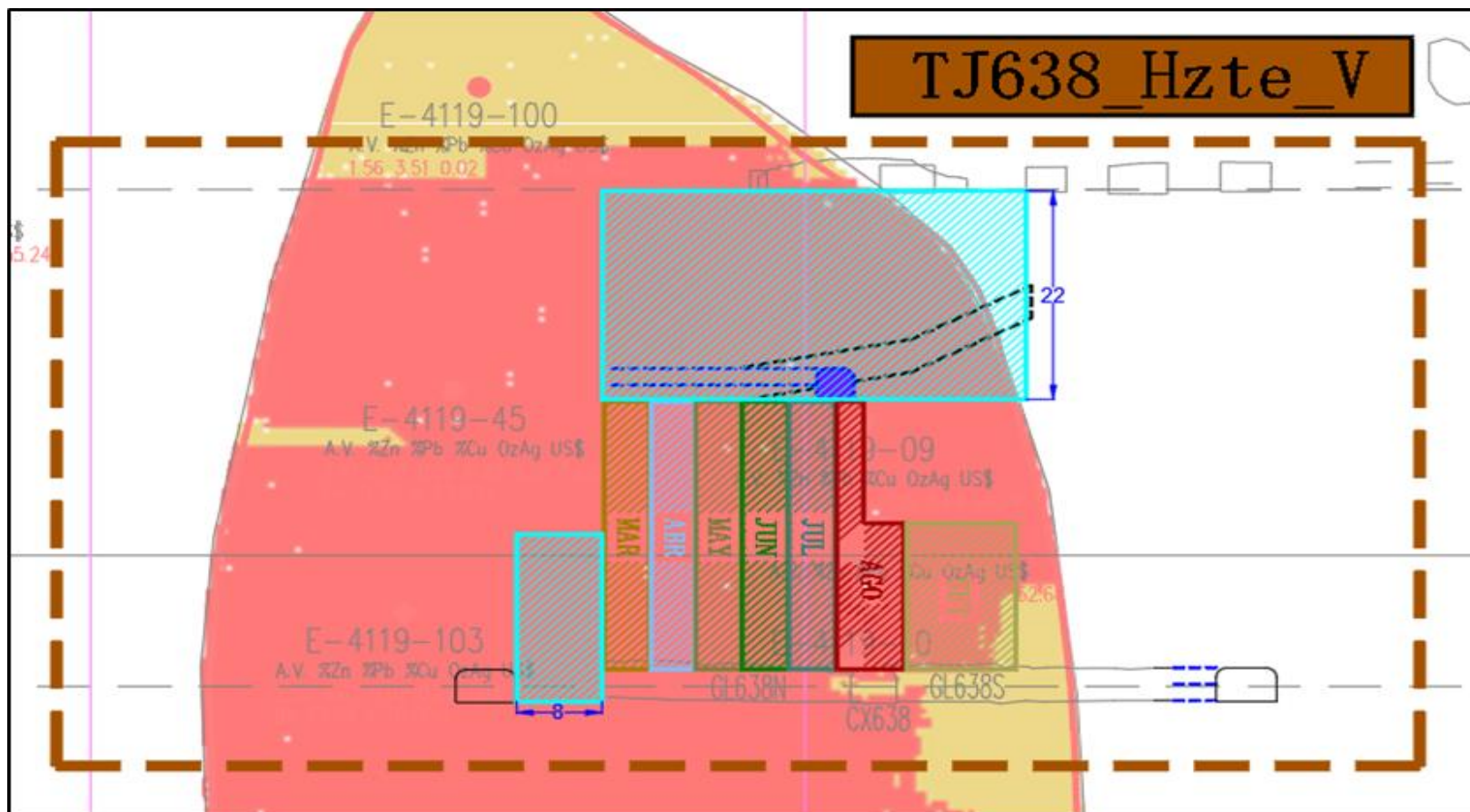


#### b) Consideraciones geomecánicas

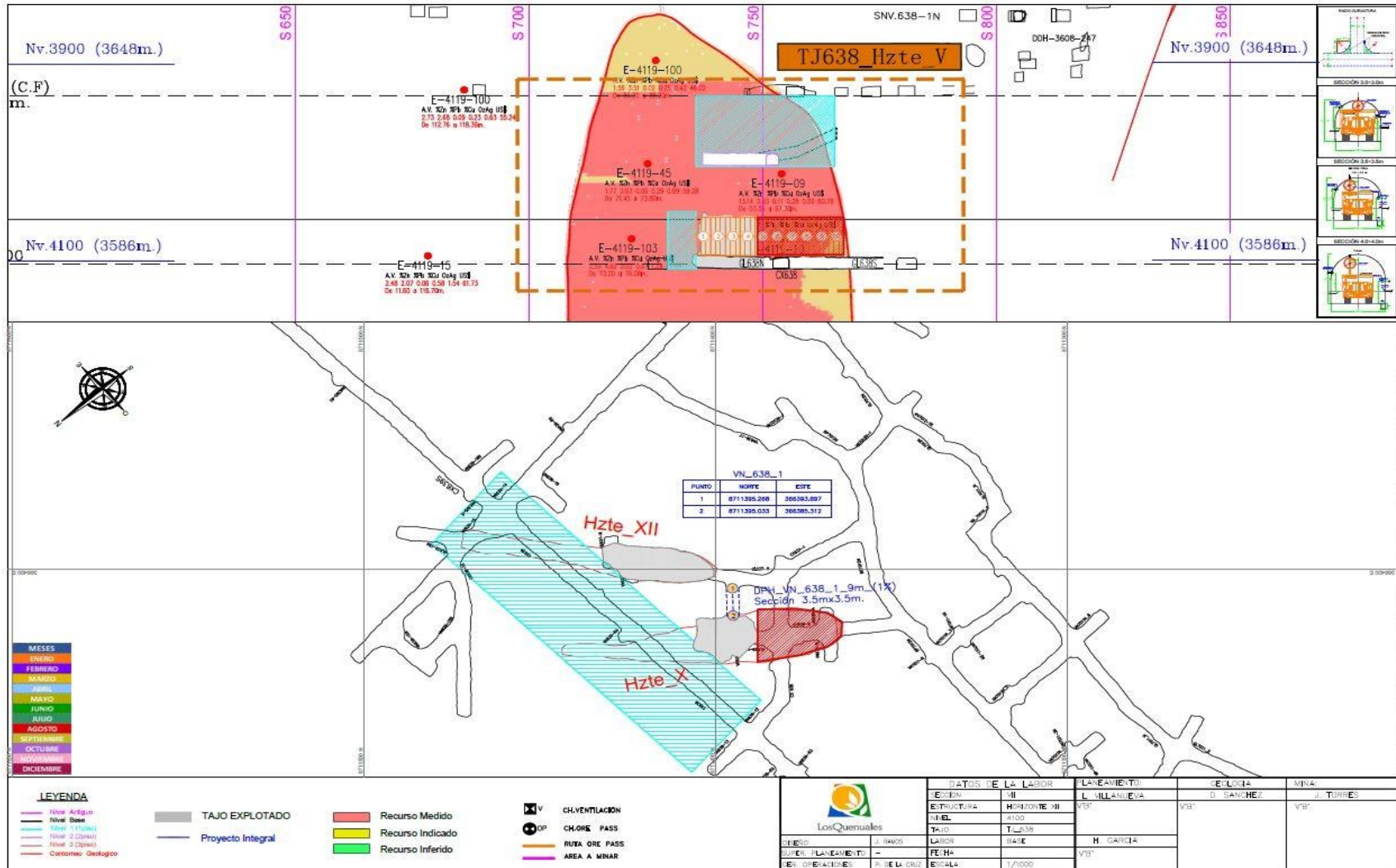
- Las condiciones del terreno para la configuración geométrica planteada 15 m (ancho) x 30 m (alto) x 30 m (largo), y el escudo de 10 m, hacia el CX639 y un pilar corona de 22 m con respecto a las pozas del Nv 3900, estiman factores de estabilidad favorables; sin embargo, se debe considerar la parte operativa como el factor de carga y consecuentemente los PPVs generados por las voladuras hacia las Infraestructuras.
- Para el minado de los tajos 637- 638 se debe realizar el retiro de las pozas del Nv 3900, ya que generarían filtraciones de agua hacia los Tj 637-Tj 638 Nv 4100, debilitando las paredes y puente del macizo rocoso.
- El minado se debe de realizar en retirada, comenzando por el Tj 638, luego se deberá realizar el relleno del tajo 638, para poder continuar con el minado del Tj 637.
- Realizar el minado en realce hasta 5 secciones, a lo largo del Tj 638 o Tj 637, desde el Nv 4100 base, luego se deberá de completar la secuencia de minado en negativo desde el Nv 4100 intermedio, emparejando el tajo.
- Realizar el minado según los parámetros y geometrías descritas en el informe, a fin de obtener los factores de seguridad indicados.
- Realizar voladura controlada a fin de atenuar las vibraciones sobre el macizo rocoso y verificar la correcta perforación de taladros.
- Se deberá de realizar análisis de vibraciones, a fin de medir a la influencia de la voladura sobre el nivel superior (Comedor, Acceso Nv 3900 y AFE 3900).
- Se verificará la correcta perforación de taladros de producción a fin de no tener sobre perforación y afectar el macizo rocoso.

#### c) Secuenciamiento de minado

El secuenciamiento de minado se realizará en retirada de N a S como se muestra en la imagen



**Figura 10. Secuenciamiento de minado en sección longitudinal, tajó 638**  
 Tomada del departamento de Planeamiento



**Figura 11. Secuenciamiento de minado en sección longitudinal y planta tajo 638 – Nv 4100 Tomada del departamento de Planeamiento**

En el plano del secuenciamiento de minado se muestran el estado inicial del tajo y puente, así como la secuencia por mes para completar el minado del TJ\_638 Nv. 4100.

Se realizó el acceso hacia el nivel intermedio para poder minar taladros negativos y por la base taladros positivos, donde el mineral fué acarreado hasta el OP-660.

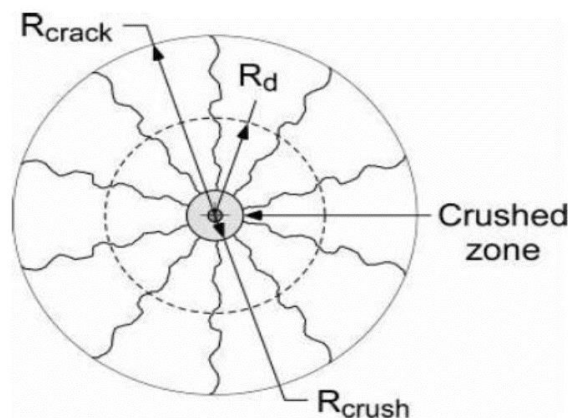
#### d) Secuencia de explotación

Se dispara por la base en un tramo menor a 20 metros taladros positivos (15.5 m) posteriormente se minará desde el intermedio los taladros negativos (13.0 m) en retirada hacia el norte según la secuencia mensual mostrada.

El monitoreo geomecánico es constante durante todo el proceso de explotación. La extracción del mineral se realizó únicamente por la base del tajo. El ciclo de minado del TJ\_637 y TJ\_638 fué controlado con relleno según recomendación en la zona donde se acercan ambas estructuras.

#### 2.4.4 Dilución

Para entender la estimación de la dilución permisible en la explotación de vetas y cuerpos mediante taladros largos en los diferentes tajeos del Nv 4100 es necesario realizar el cálculo del radio práctico de daño ( $R_d$ ) en taladros de producción.



**Figura 12. Esquema de radio de daño de un taladro ( $R_d$ )  
Tomada del departamento de Geomecánica**

Radio de apertura ( $R_{crack}$ ), Radio de trituración ( $R_{crush}$ ), Zona de trituración (Crushed zone) y Radio práctico de daño ( $R_d$ )

Para considerar el radio práctico de daño en taladros completamente cargados y taladros con carga desacoplada, se considera:

a) Taladros completamente cargados

$$\frac{R_d}{r_h} = 25 \sqrt{\frac{\rho_e s_{ANFO}}{\rho_{ANFO}}} \sqrt{\frac{2.65}{\rho_r}}$$

$R_d$ : radio práctico de daño

$r_h$ : radio de taladro o diámetro de taladro

$\rho_e$ : densidad del explosivo

$\rho_r$ : densidad roca

Donde:

$$\frac{\rho_e s_{ANFO}}{\rho_{ANFO}} = RBS$$

Siendo la RBS, la potencia relativa por volumen, por lo que finalmente la relación entre el Radio de daño y el Radio del taladro es:

$$\boxed{\frac{R_d}{r_h} = 25 \sqrt{RBS} \sqrt{\frac{2.65}{\rho_r}}}$$

Ejemplo:

Considerando las características de la roca y el explosivo usado en la unidad minera es:

- RBS (Examon – P) = 1.14
- Densidad de la roca = 2.8 g/cm<sup>3</sup>

Donde:

$$R_d/r_h = 25\sqrt{1.14} \sqrt{\frac{2.65}{2.8}}$$

$$R_d/r_h = 25.97$$

Finalmente considerando el diámetro de taladro:

$$r_h = 64 \text{ mm}$$

Entonces:

$$\mathbf{R_d = 1.66 \text{ m}}$$

#### b) Taladros con carga desacoplada

Considerando la teoría de voladura controlada mediante desacoplado de carga explosiva y asumiendo que la presión dentro del taladro es directamente proporcional al radio de influencia del taladro, podemos considerar que:

$$(R_d)_{dc} = (R_d)_c (C.R.)^{2.4}$$

Donde:

$(R_d)_{dc}$  = Radio de daño con carga desacoplada

$(R_d)_c$  = Radio de dato con carga acoplada

$C.R.$  = Coeficiente de acoplamiento de la carga explosiva

$$C.R. = \sqrt{C} \left( \frac{d_c}{d_h} \right)$$

Donde:

$C$  = Porcentaje de columna explosiva actualmente cargada

$d_c$  = Diámetro de la carga explosiva

$d_h$  = Diámetro del taladro

Por lo anteriormente mencionado considerando las condiciones de la mina, se considera 2 escenarios de perforación y voladura:

- Voladura de contacto con taladros en paralelo

En este escenario se consideran taladros en paralelo cargados a un 80% de longitud total y con el correspondiente desacoplado de la carga explosiva, obteniéndose que el Radio de daño de cada taladro es:

$$(R_d)_{dc} = (1.66) \left( \sqrt{0.8} \left( \frac{45}{64} \right) \right)^{2.4}$$

$$(R_d)_{dc} = 0.5 \text{ m}$$

- Voladura de contacto con taladros en abanico

En este escenario se consideran taladros en abanico, los mismos son cargados mediante una distribución de 90 %, 30 %, 65 % y 3 0% por cada paquete de taladros a ser cargados por lo que, asumiendo una longitud constante en todos los taladros, se puede considerar un porcentaje de carga promedio de 53.75 %, donde:

$$(R_d)_{dc} = (1.66) \left( \sqrt{0.5375} \left( \frac{45}{64} \right) \right)^{2.4}$$

$$(R_d)_{dc} = 0.3 \text{ m}$$

- c) Desviación de perforación en taladros largos

De acuerdo con los estudios realizados por la empresa EXSA, en el cual se cuenta con el levantamiento de taladros mediante un instrumento adecuado para dicho fin, el porcentaje de desviación será de 3.5 %.

- d) Análisis de la dilución esperada en cuerpos y vetas

De acuerdo con lo expuesto en párrafos anteriores se determinará la dilución permisible de diseño considerando las variables controlables y no controlables,

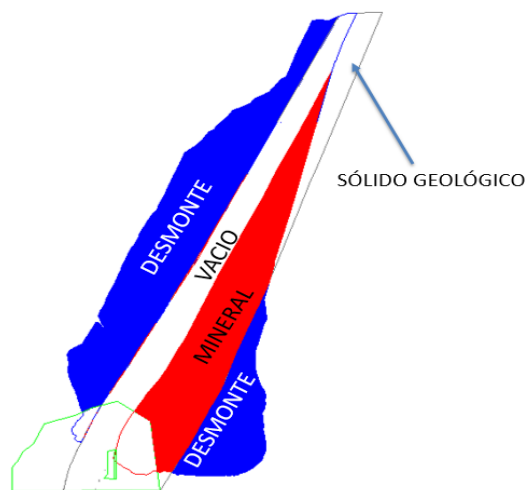
durante la ejecución de perforación en estructuras tipo vetas y cuerpos mineralizados, considerando el siguiente formulismo:

$$\%D = \left( 1 - \left( \frac{M}{E + M} \right) \right) * 100$$

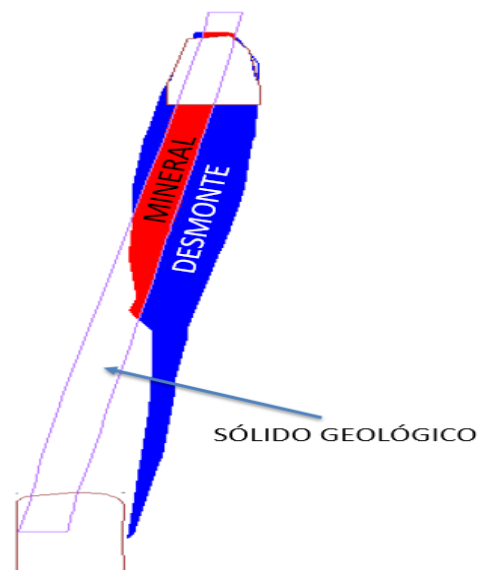
Donde:

M = tonelaje de mineral extraído

E = tonelaje de roca estéril extraído



**Figura 13. Esquema de dilución, considerando el sólido geológico (a)**  
**Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 14. Esquema de dilución, considerando el sólido geológico (b)**  
**Tomada del departamento de Planeamiento**



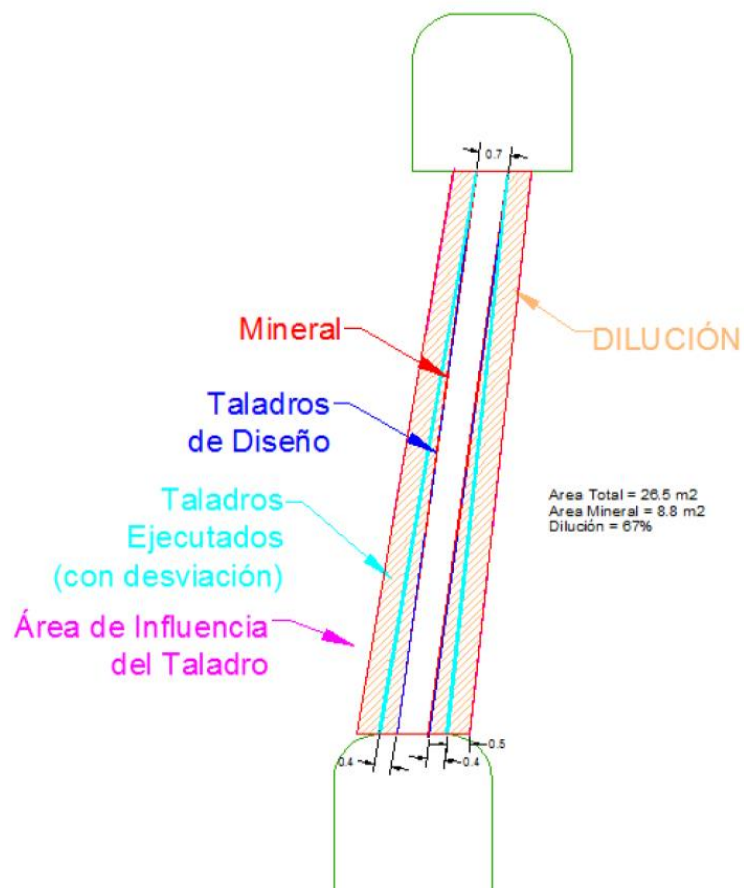
- Dilución permisible en la explotación de vetas (SLV)

En el caso de vetas se ha considerado 3 rangos promedio de potencia de mineral, en función de la data histórica, siendo los rangos:

- Rangos de potencia 1: desde 0.7 a 1.0 m
- Rangos de potencia 2: desde 1.0 a 1.5 m
- Rangos de potencia 3: desde 1.5 a 2.5 m

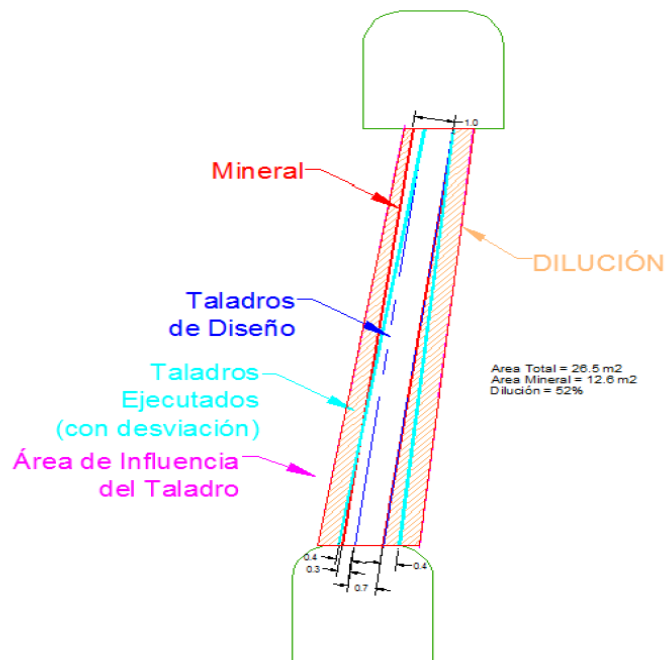
Por lo cual se ha realizado el análisis de la dilución de acuerdo a los límites definidos anteriormente siendo estos:

- ✓ Potencia de mineral de 0.7 m



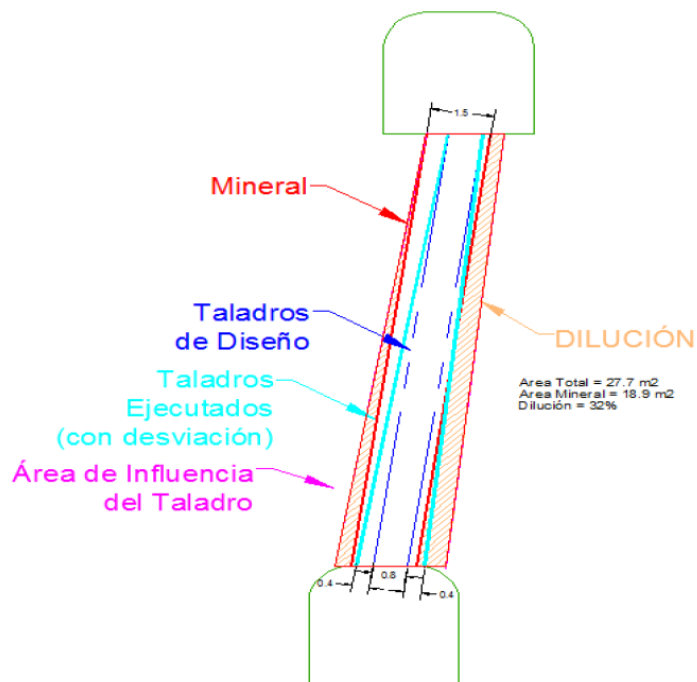
**Figura 15. Sección típica de explotación de veta con 0.7 m de potencia Tomada del departamento de Planeamiento**

✓ Potencia de mineral de 1.0 m



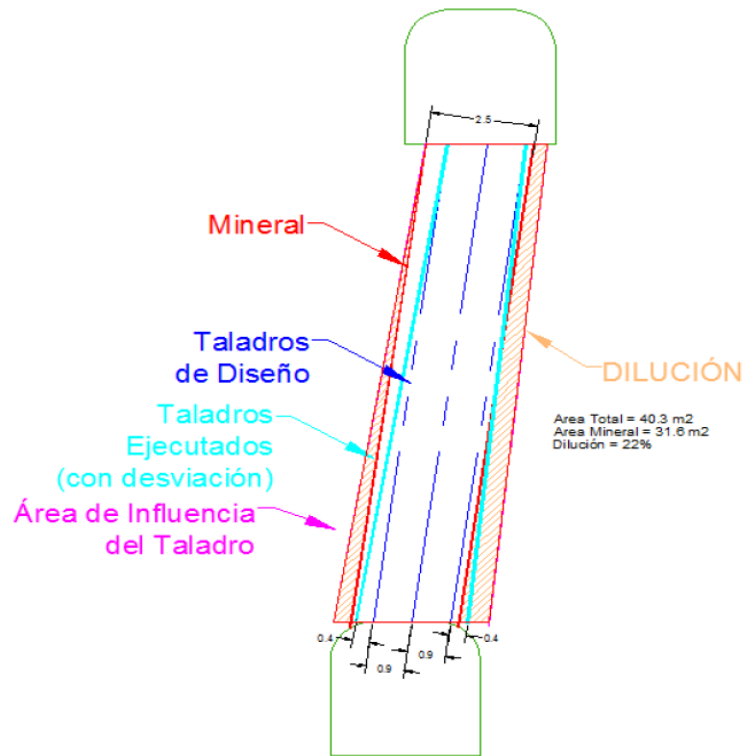
**Figura 16. Sección típica de explotación de veta con 1.0 m de potencia Tomada del departamento de Planeamiento**

✓ Potencia de mineral de 1.5 m



**Figura 17. Sección típica de explotación de veta con 1.5 m de potencia Tomada del departamento de Planeamiento**

- ✓ Potencia de mineral de 2.5 m



**Figura 18. Sección típica de explotación de veta con 2.5 m de potencia Tomada del departamento de Planeamiento**

La dilución permisible de cada caso se resume como:

**Tabla 8. Resumen de dilución permisible en explotación en vetas-zona Yauliyacu**

RANGO DE POTENCIA (m)	DILUCIÓN (%)
0.7 a 1.0 m	59 %
1.0 a 1.5 m	42 %
1.5 a 2.5 m	27 %

**Tomada del departamento de Planeamiento**

- Dilución permisible en la explotación de cuerpos (SLC)

La acepción que se le da a las dimensiones de cuerpos mineralizados en la unidad minera es cuando estos consideran potencias mayores a 2.5 metros, esto

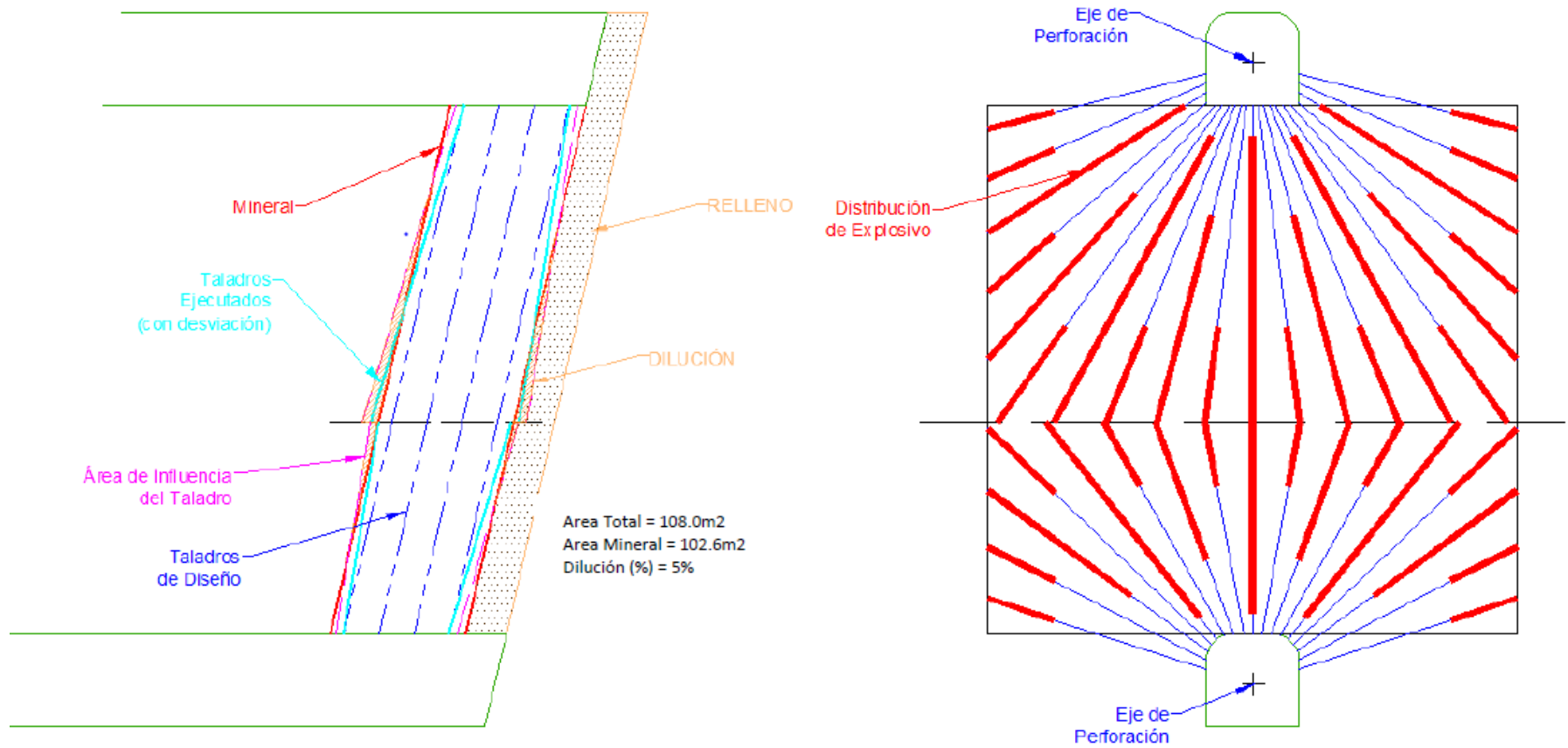
por encontrarse contiguos a un vacío o a un relleno antiguo producto de una explotación anterior.

Por lo general se caracterizan por contar con varias secciones transversales las cuales son perforadas mediante una metodología en abanico considerando bancos de perforación de 12 m para perforación negativa y 8 m para perforación positiva dando así un banco total de 20 m entre los niveles de explotación.

Finalmente, la distribución de carga explosiva se lleva a cabo mediante un patrón preestablecido que permita minimizar el daño excesivo en las cajas siendo las secciones contiguas al relleno y al desmonte cargadas mediante la metodología de desacoplado de carga para lograr un mayor control del terreno y minimizar la contaminación del mineral.

Como se puede observar la carga es distribuida para minimizar el daño por lo que el área de influencia de los mismos es menor que la de un taladro completamente cargado.

Por lo anteriormente mencionado, se ha establecido que la dilución permisible para la explotación de un cuerpo mineralizado (SLC) será de alrededor de un 5 % por caja (10 % de dilución total) pudiendo disminuir en función a mejorar las técnicas de perforación y voladura.



**Figura 19. Sección típica en la explotación de un cuerpo mediante taladros largos (5 m potencia) – Nv 4100**  
**Tomada del departamento de Planeamiento**

## 2.4.5 Consideraciones de diseño de carguío de taladros - SLC

Para el minado de cuerpos diseminados mediante el minado de *sublevel* en cuerpos (SLC) considerado en el tajo 638 en el Nv 4100, considera las siguientes especificaciones estándar:

### a) Características de los taladros (perforación)

- Para la perforación en taladros de producción se usará brocas con diámetros de 64 a 70 mm.
- La sección mínima será de 3.5 x 3.5 m.
- Consideraciones técnicas de perforación establecidas en el estándar de minado y recuperación para los métodos sublevel en cuerpos (SLC) y sublevel en vetas (SLV).
- Verificar la existencia de una cara libre, en caso no se tenga, se realizará la perforación de un slot +/-, el cual será necesario realizar una zanja para la generación de la misma.

### b) Diseño de malla de carguío

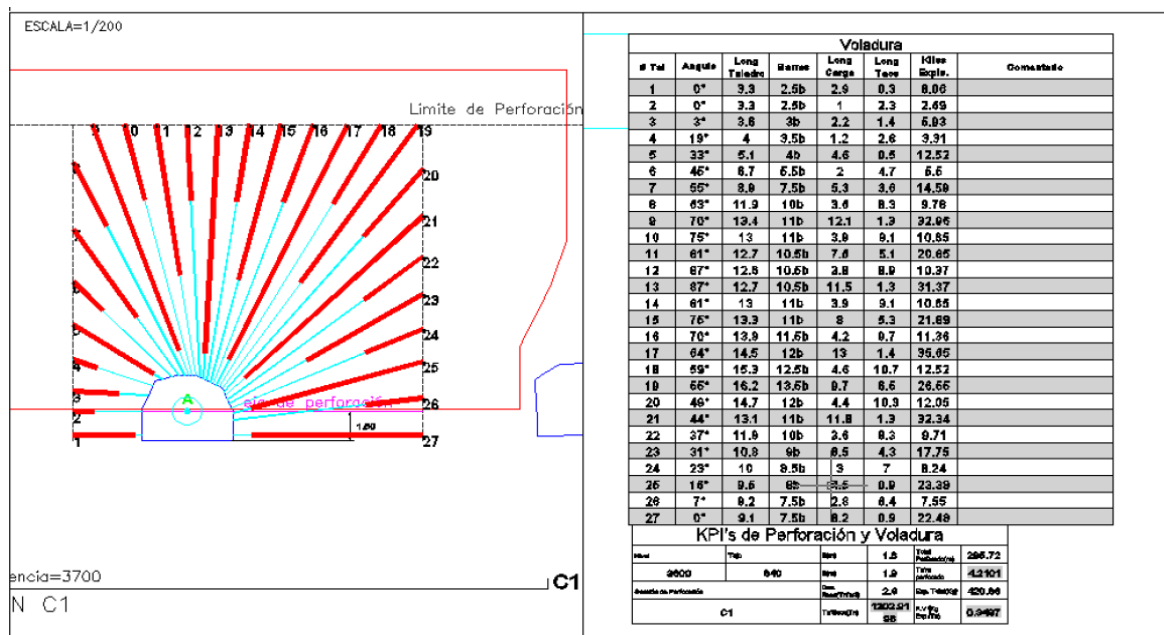


Figura 20. Esquema de carguío de acuerdo con el porcentaje de carga Tomada del departamento de Planeamiento

**Tabla 9. Diseño de carguío de taladros en SLC**

Sección C1 TJ740											
# Tal	Angulo	Long Taladro m	Barras	Long Carga m	Long Taco m	Explosivo kg	F. Lineal	% Carga	Serie de Exaneles	Cantidad Exaneles	
1	0°	3.3	2.5b	2.9	0.3	8.06	2.78	90	18	1	
2	0°	3.3	2.5b	1	2.3	2.69	2.69	30	16	1	
3	3°	3.6	3b	2.2	1.4	5.93	2.70	65	14	1	
4	19°	4	3.5b	1.2	2.8	3.31	2.76	30	12	1	
5	33°	5.1	4b	4.6	0.5	12.52	2.72	90	10	1	
6	45°	6.7	5.5b	2	4.7	5.5	2.75	30	8	1	
7	55°	8.9	7.5b	5.3	3.6	14.59	2.75	65	7	2	
8	63°	11.9	10b	3.6	8.3	9.78	2.72	30	6	1	
9	70°	13.4	11b	12.1	1.3	32.96	2.72	90	5	3	
10	75°	13	11b	3.9	9.1	10.65	2.73	30	4	1	
11	81°	12.7	10.5b	7.6	5.1	20.85	2.74	65	3	2	
12	87°	12.6	10.5b	3.8	8.9	10.37	2.73	30	2	1	
13	87°	12.7	10.5b	11.5	1.3	31.37	2.73	90	1	3	
14	81°	13	11b	3.9	9.1	10.65	2.73	30	2	1	
15	75°	13.3	11b	8	5.3	21.89	2.74	65	3	2	
16	70°	13.8	11.5b	4.2	9.7	11.36	2.70	30	4	1	
17	64°	14.5	12b	13	1.4	35.65	2.74	90	5	2	
18	59°	15.3	12.5b	4.6	10.7	12.52	2.72	30	6	1	
19	55°	16.2	13.5b	9.7	6.5	26.55	2.74	65	7	2	
20	49°	14.7	12b	4.4	10.3	12.05	2.74	30	8	1	
21	44°	13.1	11b	11.8	1.3	32.34	2.74	90	10	3	
22	37°	11.8	10b	3.6	8.3	9.71	2.70	30	12	1	
23	31°	10.8	9b	6.5	4.3	17.75	2.73	65	14	2	
24	23°	10	8.5b	3	7	8.24	2.75	30	16	1	
25	16°	9.5	8b	8.5	0.9	23.38	2.75	90	18	2	
26	7°	9.2	7.5b	2.8	6.4	7.55	2.70	30	20	1	
27	0°	9.1	7.5b	8.2	0.9	22.48	2.74	90	24	2	
<b>TOTAL</b>						<b>420.7</b>				<b>41</b>	

**Tomada del departamento de Planeamiento**

- Para el carguío de taladros en SLC, se contará con el diseño de malla de carguío proporcionado por el área de control de minado, donde se especifica la cantidad de explosivo total empleado y gráficamente la forma de carguío de taladros.
- Para el diseño de carguío se aplicará una equivalencia en porcentaje de taladro cargado desde 30, 65 y 90 por ciento, dejando siempre un taco mínimo de 1 m hacia la parte inicial del taladro.
- Los taladros de mayor longitud serán siempre cargados en un 90% para asegurar su salida.

c) Características específicas del carguío

- El explosivo por utilizar para el carguío de taladros es el ANFO – P será iniciado por el detonador no eléctrico de periodo corto o largo encebado con un cartucho de Emulsión de 1.1/2" x 8" de 65%; en algunos casos donde la roca sea muy fragmentada o con dureza superior a 55 RMR se utilizarán de dos a tres cartuchos de Emulsión al tope de los taladros.

- Antes de iniciar el carguío de taladros se deberá verificar que los mismos estén limpios y perforado de acuerdo con la malla de perforación, así mismo estos deberán estar entubados en caso sea terreno muy fracturado.
- Para medir la longitud de carguío se deberá usar tubo de 1" de PVC antiestático, marcado con cinta eléctrica roja, azul y amarillo de la siguiente manera:
  - ✓ Cinta amarilla taladros cargados al 30 %
  - ✓ Cinta verde taladros cargados al 65 %
  - ✓ Cinta roja taladros cargados al 90 %
- Para el carguío del Anfo al taladro, la manguera antiestática deberá estar correctamente empalmada al cargado de Anfo, verificando que los empalmes y válvulas funcionen correctamente. La presión de aire adecuada no deberá bajar de 85 PSI.
- Para el encebado de los cartuchos de Emulsión, se deberá usar punzón de madera o cobre.
- Todos los taladros por cargar deben de tener tapón para mejor confinamiento de la carga.
- Todos los taladros deben de cargarse con bolsa plástica para encartuchar o en todo caso haberse colocado tubos de PVC de 3" x 10 m dentro de los mismos.





Tabla 10. Sobre rotura, periodo 2021 en SLC

PRODUCCIÓN Y SOBREROTURA						
PERIODO 2021						
Mes	Mineral (Ton)	Desmorte (Ton)	Cumplimiento Min. (%)	Budget (Ton)	Total Material (Min + Desm)	Sobrerotura (%)
Ene	84,071.08	31,076.40	80.07	105,000	115,147.48	19.93
Feb	58,622.29	44,676.69	56.91	103,000	103,298.98	43.09
Mar	55,377.23	24,575.87	53.50	103,500	79,953.10	46.50
Abr	72,550.32	42,103.31	64.78	112,000	114,653.63	35.22
May	42,241.75	34,199.81	43.55	97,000	76,441.56	56.45
Jun	80,095.52	37,780.83	72.81	110,000	117,876.35	27.19
Jul	79,810.49	32,280.34	72.55	110,000	112,090.83	27.45
Ago	109,098.08	22,374.20	94.05	116,000	131,472.28	5.95
Set	96,900.40	37,132.73	91.42	106,000	134,033.12	8.58
Oct	110,242.61	49,424.30	95.86	115,000	159,666.91	4.14
Nov	99,860.15	30,857.76	90.37	110,500	130,717.91	9.63
Dic	95,014.63	32,391.08	83.35	114,000	127,405.72	16.65
Total general	841,135.26	418,873.33	64.60	1,302,000	1,402,758	22.15

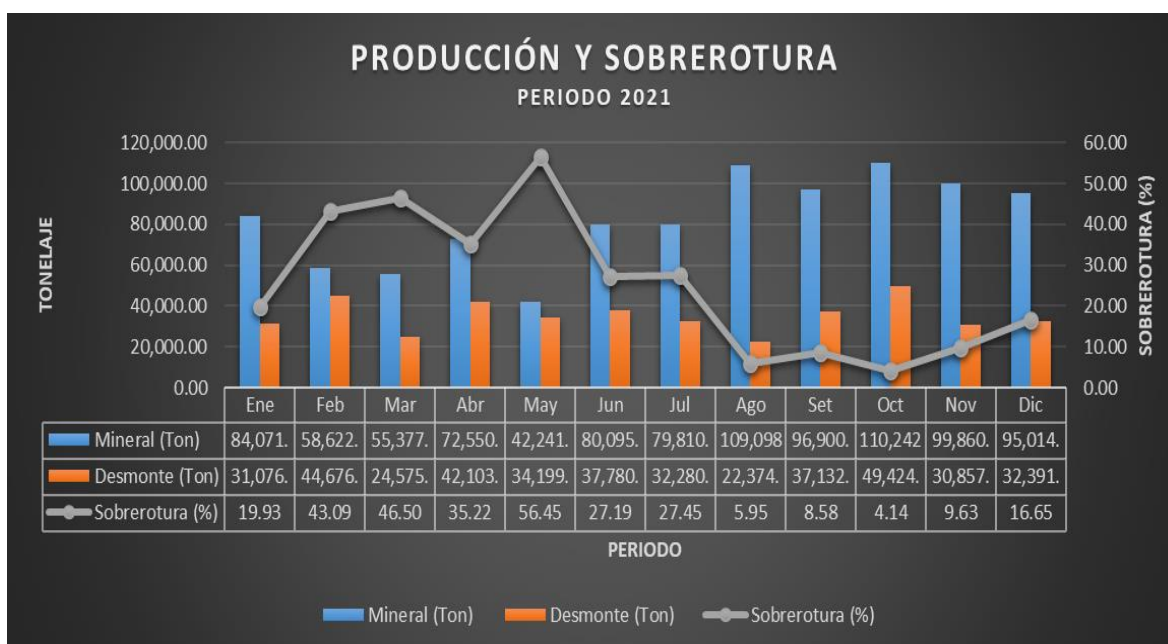


Figura 22. Esquema de carguío de acuerdo con el porcentaje de carga

#### 2.4.7 Consideraciones de cumplimiento de producción asociada SLC

Durante el periodo agosto a diciembre del 2021, la producción programada fue de 511,300 toneladas y la producción procesada en planta durante el mismo periodo fue de 511,119 toneladas, generando un déficit de 181 toneladas.

El menor tonelaje procesado generará un mayor costo operacional por un déficit de 181 toneladas, considerando el efecto de sobre rotura y la dilución correspondiente.

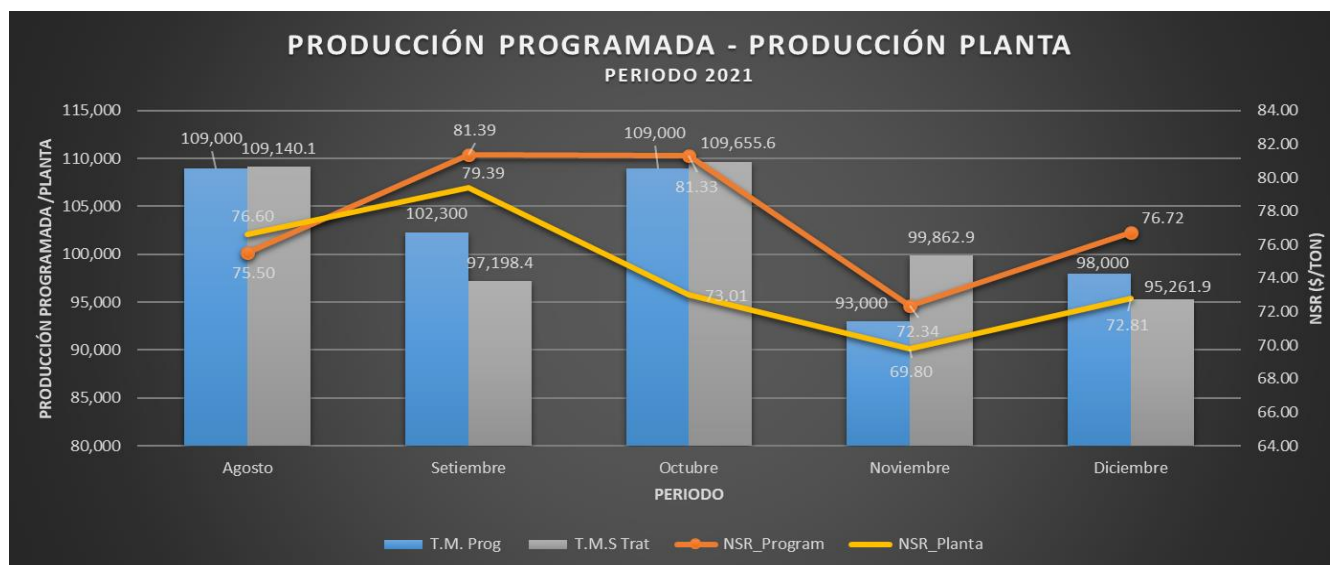
El efecto de un menor tonelaje procesado y menores leyes procesadas fue generar un menor valor de mineral siendo el NSR programado en 77.58 \$/t, disminuyendo su valor de mineral procesado con un NSR de 60.69 \$/t.

El menor valor de mineral en 16.89 \$/t es producto de un menor tonelaje procesado y menores leyes de cabeza por efecto de la sobre rotura influyendo en una mayor dilución, siendo las leyes programadas en Zn@ 2.36 %, Pb@ 0.96 %, Cu@ 0.21 % y Ag@ 2.85 disminuyendo en las leyes procesadas en Zn@ 2.13 %, Pb@ 0.87 %, Cu@ 0.22 % y Ag@ 2.82.

**Tabla 11. Plan de producción programada y ejecutada en SLC**

**PLAN DE PRODUCCIÓN PROGRAMADA Y EJECUTADA**

Mes	Ley Real de Comunes					Ley Forecast				Ley Programada						Ley Planta					
	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	%Zn_F	%Pb_F	%Cu_F	OzAg_F	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Trat	% Zn	% Pb	% Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
Agosto	109,098	3.33	1.29	0.36	3.39	2.40	1.05	0.27	2.81	109,000	2.32	0.83	0.24	2.75	75.50	109,140.1	2.47	0.91	0.27	2.52	76.60
Setiembre	96,900	3.37	1.55	0.32	3.54	2.36	1.24	0.22	3.16	102,300	2.53	1.11	0.23	3.02	81.39	97,198.4	2.52	1.07	0.26	2.53	79.39
Octubre	110,243	3.02	1.53	0.26	3.77	2.33	1.12	0.22	3.04	109,000	2.50	1.07	0.21	2.82	81.33	109,655.6	1.97	0.98	0.19	2.88	73.01
Noviembre	99,860	2.83	1.15	0.26	3.62	2.26	0.95	0.21	2.76	93,000	2.25	0.85	0.20	2.58	72.34	99,862.9	1.90	0.70	0.19	2.79	69.80
Diciembre	95,015	2.65	1.02	0.25	4.31	2.28	0.92	0.20	2.78	98,000	2.16	0.93	0.17	3.05	76.72	95,261.9	1.79	0.69	0.18	3.43	72.81
Total/Prom	511,116	3.05	1.31	0.29	3.72	2.32	1.04	0.22	2.99	511,300	2.36	0.96	0.21	2.85	77.58	511,119	2.13	0.87	0.22	2.82	60.69



**Figura 23. Producción programada y producción de planta periodo 2021**

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

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

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

El presente trabajo de tesis está relacionada a una investigación aplicada, considerando un nivel explicativo, el que permitirá el análisis de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping*, Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional de la unidad minera.

##### **a) Método general**

El presente estudio aplica el método inductivo – deductivo, el que permitirá observar las diferentes variables operacionales que influyen directamente en la aplicación del método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100 y el cumplimiento de los planes de producción en la unidad minera.

##### **b) Métodos específicos**

Considera los diferentes factores como: dilución, sobre rotura, tonelaje de mineral, tonelaje de desmonte, el valor de mineral, etc., donde se describe las siguientes actividades:

- **Recopilación de informes anteriores.** Se recopiló y analizó diferentes informes de las áreas geología, geomecánica, planeamiento y metalurgia.

- **Trabajo de campo.** Considera la observación, el análisis de sobre rotura en el minado del método *sublevel* con taladros largos en cuerpos del Nv 4100.
- **Trabajo de gabinete.** Se realizó el tratamiento de información de las diferentes variables operacionales asociado al método de minado *sublevel stoping* en el Tajo 638 del Nv 4100.
- **Resultados.** Los resultados obtenidos, permitió el análisis e interpretación de las variables operacionales asociado a la explotación del tajo 638 en el Nv 4100, durante el periodo de estudio.

### 3.1.2 Alcances de la investigación

El diseño de investigación realiza el análisis de las variables operacionales, producto de la explotación del tajo 638, nivel 4100 considerando la sobre rotura, dilución, valor de mineral y su influencia en el plan de producción asociado.

### 3.1.3 Tipo de diseño de investigación

El trabajo de investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo), el cual se analizó durante 2 etapas, para su evaluación correspondiente.

Durante el análisis e interpretación de los resultados, no se realizó ninguna alteración de los resultados obtenidos.

## 3.2 Población y muestra

### 3.2.1 Población

La población pertenece a la empresa minera Los Quenuales.

### 3.2.2 Muestra

Está asociado a las variables operacionales de los tajeos del Nivel 4100.

### 3.2.3 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Revisión de registros de perforación, voladura y producción
- ✓ Revisión de registros de los programas de producción de mineral y desmonte
- ✓ Observaciones de los reportes de dilución

- ✓ Recopilación de información de campo del método de minado sublevel con taladros largos

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

- ✓ Informes de tesis
- ✓ Libros relacionados al método de explotación *sublevel stoping* con taladros largos.
- ✓ Información de internet
- ✓ Manejo de plantillas en Excel
- ✓ Otros

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

Se presenta el análisis e interpretación de resultados de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100, para la mejora del rendimiento operacional. Las variables asociadas al presente estudio es ver la implicancia de la sobre rotura, tonelaje y NSR en el cumplimiento del plan de producción, de la unidad minera.

##### **4.1.1 Análisis del tonelaje producido y tonelaje procesado**

El análisis del tonelaje asociada entre mina y planta se realizó en dos periodos específicos: entre agosto a diciembre del 2021 y el periodo enero a mayo 2022, producto de la aplicación del método de minado *sublevel stoping* nivel 4100.

Durante el periodo agosto a diciembre del 2021 se produjo 511,116 toneladas con leyes promedio de Zn@3.05 %, Pb@1.31 %, Cu@0.29 % y Ag@3.72 Oz y se procesó 511,119 toneladas con leyes promedio de Zn@2.13 %, Pb@0.87 %, Cu@0.22 % y Ag@2.82 Oz.

Asimismo, durante el periodo enero a mayo del 2022 se produjo 344,123 toneladas con leyes promedio de Zn@2.25 %, Pb@0.95 %, Cu@0.22 % y Ag@2.67 Oz y se procesó 344,565.



Tabla 12. Relación de producción mina y tonelaje procesado desde agosto a diciembre 2021

PRODUCCIÓN MINA - PLANTA												
PERIODO 2021 - Nv 4100												
Mes	MINA						PLANTA					
	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	NSR_Program	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
Agosto	109,098	3.33	1.29	0.36	3.39	75.50	109,140.1	2.47	0.91	0.27	2.52	76.60
Setiembre	96,900	3.37	1.55	0.32	3.54	81.39	97,198.4	2.52	1.07	0.26	2.53	79.39
Octubre	110,243	3.02	1.53	0.26	3.77	81.33	109,655.6	1.97	0.98	0.19	2.88	73.01
Noviembre	99,860	2.83	1.15	0.26	3.62	72.34	99,862.9	1.90	0.70	0.19	2.79	69.80
Diciembre	95,015	2.65	1.02	0.25	4.31	76.72	95,261.9	1.79	0.69	0.18	3.43	72.81
<b>Total/Prom</b>	<b>511,116</b>	<b>3.05</b>	<b>1.31</b>	<b>0.29</b>	<b>3.72</b>	<b>77.58</b>	<b>511,119</b>	<b>2.13</b>	<b>0.87</b>	<b>0.22</b>	<b>2.82</b>	<b>60.69</b>

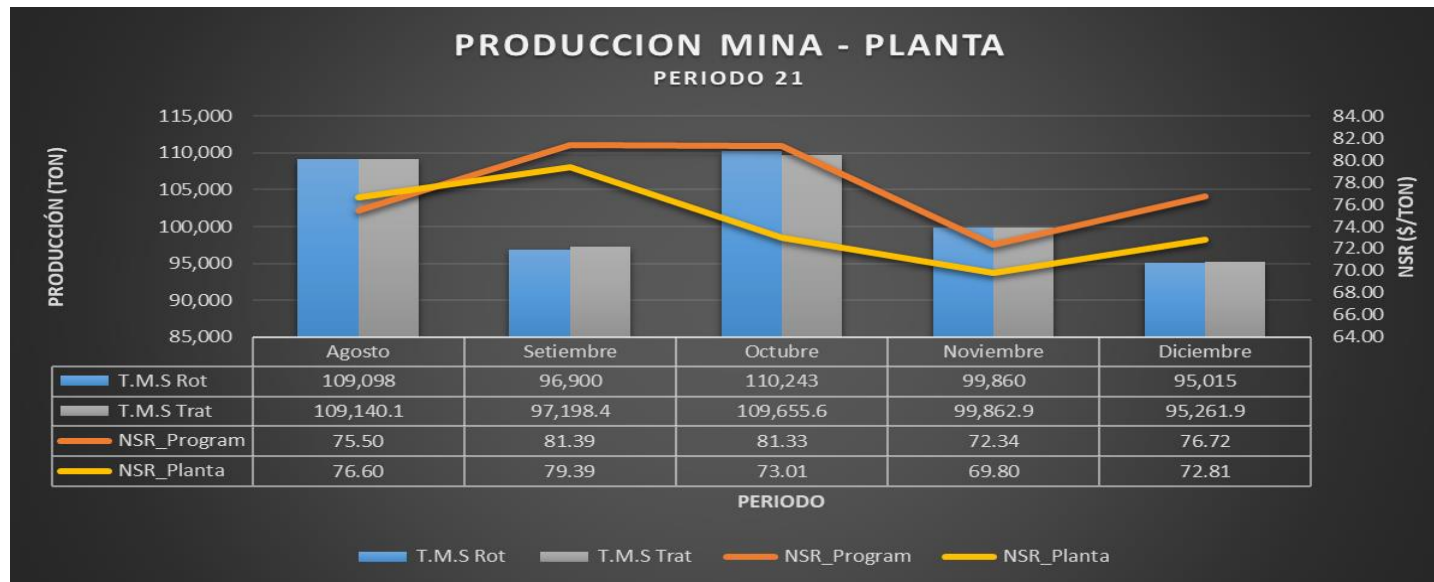


Figura 24. Producción programada y producción de planta periodo 2021

Tabla 13. Relación de producción mna y tonelaje procesado desde enero a mayo 2022

PRODUCCIÓN MINA - PLANTA									
PERIODO 2022 - NV 4100									
PERIODO - NIVEL 4100	Ley Mina				MINA T.M.S Rot	NSR MINA	PLANTA T.M.S Trat	NSR PLANTA	DIFERENCIA T.M.S
	%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag					
ENERO	2.37	0.96	0.27	2.61	109,098	75.50	109,140	73.51	42.0
FEBRERO	2.09	1.09	0.19	2.71	96,900	81.39	97,198	80.10	298.0
MARZO	2.25	1.13	0.17	1.89	21,164	78.93	21,219	74.21	55.1
ABRIL	2.21	0.88	0.21	2.57	99,860	72.34	99,863	70.10	2.7
MAYO	2.49	0.34	0.28	2.60	17,100	61.86	17,145	59.50	44.5
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2.25</b>	<b>0.95</b>	<b>0.22</b>	<b>2.67</b>	<b>344,123</b>	<b>75.77</b>	<b>344,565</b>	<b>73.73</b>	<b>442.3</b>

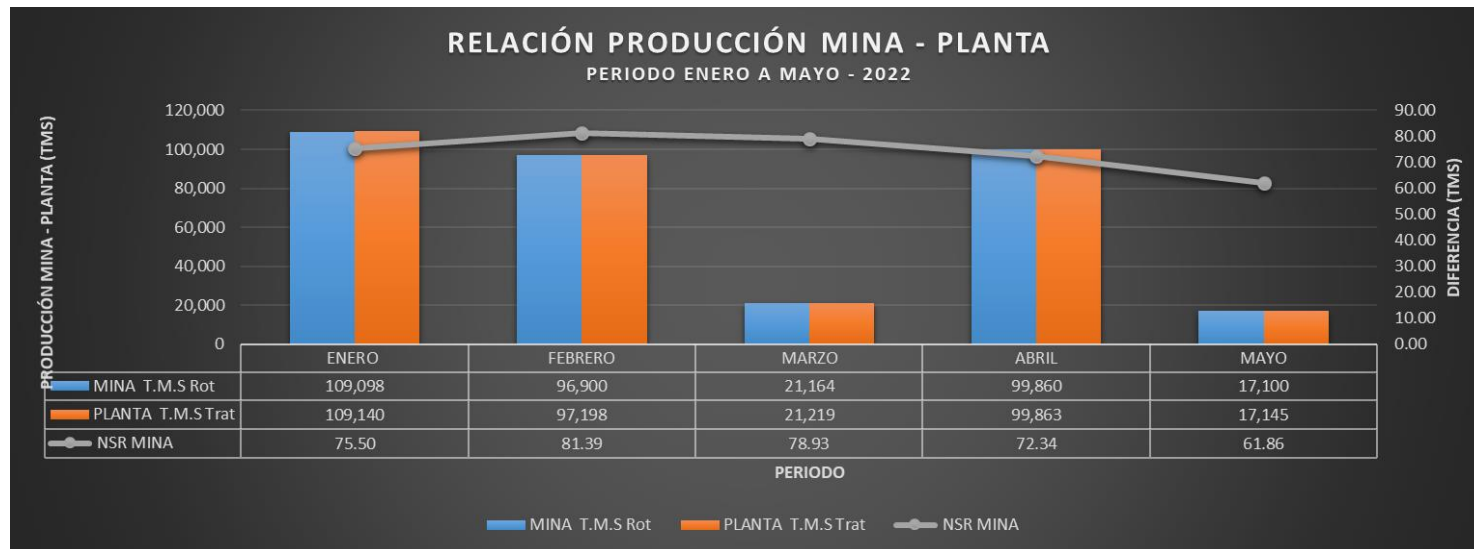


Figura 25. Producción programada y producción de planta periodo 2022

Tabla 14. Resumen de producción mina - planta Nivel 4100

RESUMEN PRODUCCIÓN MINA - PLANTA									
NV 4100									
PERIODO - NIVEL 4100	Ley Mina				MINA T.M.S Rot	NSR	PLANTA T.M.S Trat	NSR	DIFERENCIA
	%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag					
AGOSTO A DICIEMBRE	3.05	1.31	0.29	3.72	511,116	77.58	511,119	60.69	16.9
ENERO A MAYO	2.25	0.95	0.22	2.67	344,123	75.77	344,565	73.73	2.0
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2.72</b>	<b>1.17</b>	<b>0.26</b>	<b>2.67</b>	<b>855,239</b>	<b>76.85</b>	<b>855,684</b>	<b>65.94</b>	<b>14.8</b>

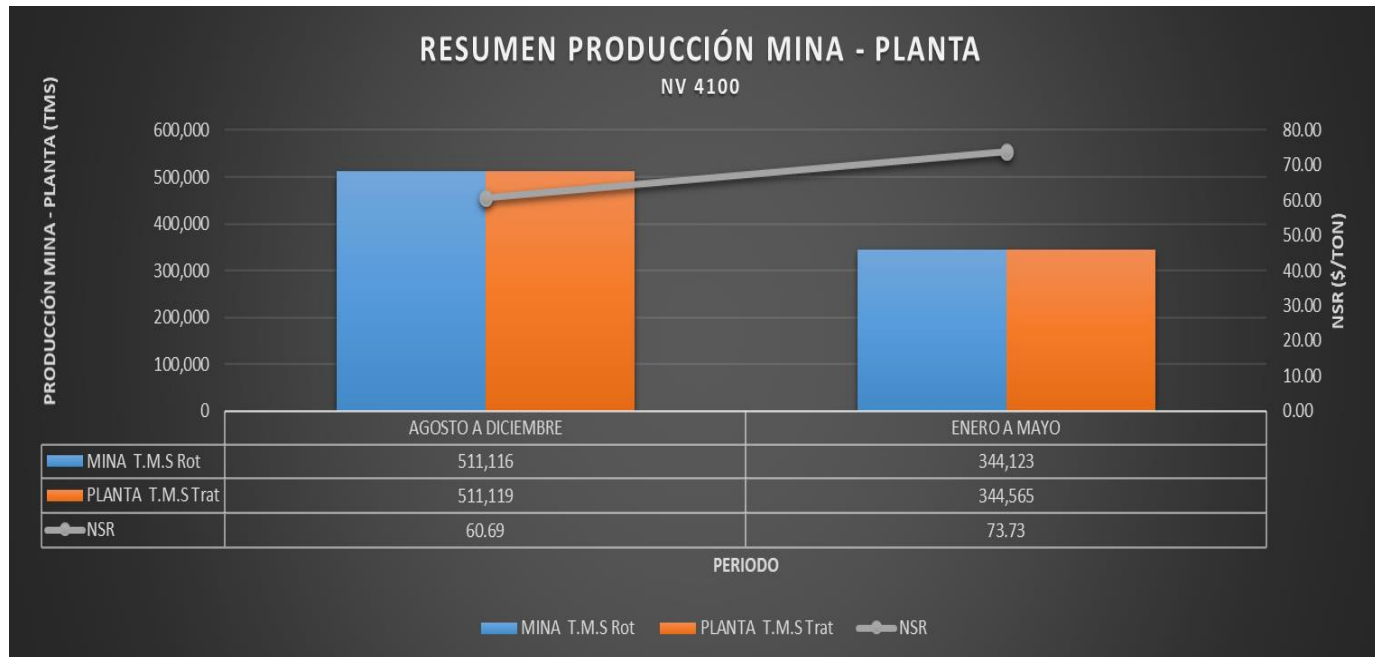


Figura 26. Resumen producción mina y planta Nivel 4100

#### a) Análisis e interpretación de resultados

Durante el periodo agosto a diciembre del 2021 se produjo del Nv 4100 un total de 511,116 toneladas con un NSR de 77.58 \$/t y se procesó un total de 511,119 toneladas con un NSR de 60.69 \$/t. Este menor valor de mineral se reduce en 16.9 \$/t en este periodo, producto de una mayor sobre rotura e incremento de la dilución disminuyendo las leyes de cabeza con las leyes de planta, siendo las leyes de cabeza Zn@3.05 %, Pb@01.31 %, Cu@0.29 % y Ag@3.72 Oz y disminuyendo sus leyes de planta en Zn@2.13 %, Pb@0.87 %, Cu@0.22 % y Ag@2.82 Oz.

Asimismo, durante el periodo de estudio de enero a mayo del 2022 se produjo del Nv 4100 un total de 344,123 toneladas con un NSR de 75.77 \$/t y se procesó un total de 344,565 toneladas con un NSR de 73.73 \$/t. A diferencia del periodo anterior, en este periodo se controló la sobre rotura y por ende la dilución, controlando el valor de mineral y disminuyendo solo en 2 \$/t, a diferencia del periodo anterior con una disminución de 16.9 \$/t.

La mejora de la rentabilidad económica a nivel operacional se observa en el segundo periodo de estudio, con un incremento de valor de mineral NSR en 14.8 \$/t, el que se obtuvo mediante el control de la sobre rotura asociada a la desviación de taladros, el control del radio de daño del taladro, distribución de taladros, etc.

#### **4.1.2 Análisis de la sobre rotura periodo 2021 - 2022**

Los resultados obtenidos se dan en base a la sobre rotura durante el periodo agosto a diciembre del 2021 y el periodo enero a mayo del 2022. Las variables operacionales a ser analizadas y evaluadas para medir y mejorar el rendimiento operacional fueron el volumen de mineral ejecutado, el volumen de desmonte ejecutado y el over break. El control de las variables operacionales asociadas a estructuras tipo cuerpos del método de minado SLC (sublevel en cuerpos) y SLV (sublevel en vetas) en el Nv 4100 se describen a continuación:

**Tabla 15. Sobre rotura de cuerpo y vetas, periodo 2021 en el Nv 4100**

<b>SOBRE ROTURA CUERPOS Y VETAS - NV 4100</b>									
<b>PERIODO 2021</b>									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Agosto	SLC	Explotado	6,793.41	5,422.02	539.03	832.36	1,309.23	31.17%	0.64
	SLV	Explotado	2,128.13	958.35	222.85	946.93	820.50	45.80%	1.15
		Insitu	5,735.68	2,754.38	1,012.20	1,969.10	2,015.13	41.34%	0.98
Setiembre	SLC	Explotado	1,053.60	925.53	78.63	49.44	176.52	4.69%	0.28
		Insitu	10,020.02	8,942.16	399.69	678.17	1,691.77	12.73%	0.40
	SLV	Explotado	3,655.42	2,590.12	207.23	858.07	1,149.07	24.26%	0.75
	Insitu	2,646.69	934.28	327.35	1,385.06	1,212.09	57.36%	1.14	
Octubre	SLC	Explotado	2,560.41	1,971.13	258.63	330.65	295.16	22.64%	1.12
		Insitu	6,192.69	5,561.43	366.60	264.66	567.50	8.23%	0.47
	SLV	Explotado	4,950.58	2,705.01	706.62	1,538.95	1,582.19	37.92%	0.97
	Insitu	1,769.11	856.32	249.11	663.68	986.49	38.93%	0.67	
Noviembre	SLC	Explotado	4,544.68	4,080.00	136.57	328.11	859.89	7.22%	0.38
		Insitu	5,265.42	5,026.07	99.23	140.12	418.51	2.99%	0.33
	SLV	Explotado	2,941.23	1,757.24	331.89	852.10	1,098.77	33.30%	0.78
	Insitu	2,186.88	1,233.79	330.95	622.14	1,519.50	35.88%	0.41	
Diciembre	SLC	Explotado	4,951.83	3,519.72	426.95	1,005.16	1,002.26	25.11%	1.00
		Insitu	7,930.14	7,013.42	291.58	625.14	1,124.69	13.34%	0.56
	SLV	Explotado	2,374.93	990.00	344.72	1,040.21	962.02	45.65%	1.08
	Insitu	2,208.81	1,271.47	270.68	666.66	1,021.12	42.86%	0.65	
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>			<b>79,909.66</b>	<b>58,512.44</b>	<b>6,600.51</b>	<b>14,796.71</b>	<b>19,812.40</b>	<b>27.97%</b>	<b>0.72</b>

**Tabla 16. Sobre rotura de cuerpo y vetas, periodo 2022 en el Nv 4100**

<b>SOBRE ROTURA CUERPOS Y VETAS - NV 4100</b>									
<b>PERIODO 2022</b>									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Enero	SLC	Explotado	6,000.97	4,672.24	352.25	976.48	1,026.00	17.21%	0.75
		Insitu	14,946.84	13,211.38	554.89	1,180.57	1,496.33	13.70%	0.79
	SLV	Explotado	4,614.53	2,489.65	717.62	1,407.26	1,767.37	41.95%	0.80
		Insitu	2,436.48	1,246.89	389.17	800.42	1,120.65	45.83%	0.71
Febrero	SLC	Explotado	5,515.22	4,019.50	490.16	1,005.56	1,330.09	16.00%	0.41
		Insitu	5,058.16	4,745.42	115.03	197.71	610.56	5.22%	0.32
	SLV	Explotado	5,459.51	2,779.92	744.34	1,935.25	2,488.21	39.93%	0.78
	Insitu	9,896.75	7,820.66	747.96	1,328.13	1,896.66	31.18%	0.70	
Marzo	SLC	Explotado	8,972.99	6,574.87	910.21	1,487.91	1,729.07	17.00%	0.51
		Insitu	7,519.96	6,312.15	236.05	971.76	699.29	17.93%	1.39
	SLV	Explotado	5,526.42	1,864.63	1,089.50	2,572.29	2,419.08	48.10%	1.06
	Insitu	8,626.62	6,235.93	778.34	1,612.35	2,412.97	38.95%	0.67	
Abril	SLC	Explotado	6,475.72	4,339.10	498.05	1,638.57	1,428.12	16.30%	0.65
		Insitu	6,103.86	5,734.37	135.52	233.97	574.55	5.83%	0.41
	SLV	Explotado	3,843.17	1,632.24	553.41	1,657.52	1,578.22	49.24%	1.05
	Insitu	5,829.65	3,701.87	675.32	1,452.46	1,352.12	43.16%	1.07	
Mayo	SLC	Explotado	15,107.94	8,394.94	519.33	6,193.67	2,578.68	17.49%	0.93
		Insitu	3,538.73	3,047.47	83.56	407.70	776.55	19.54%	0.53
	SLV	Explotado	4,243.83	1,527.80	877.68	1,838.35	1,048.94	43.97%	1.75
	Insitu	5,362.79	3,691.65	549.08	1,122.06	1,803.26	37.54%	0.62	
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>			<b>135,080.14</b>	<b>94,042.68</b>	<b>11,017.47</b>	<b>30,019.99</b>	<b>30,136.72</b>	<b>28.30%</b>	<b>0.80</b>

El volumen total de mineral y desmonte producido en cuerpos y vetas en el Nv 4100 durante el periodo de agosto a diciembre del 2021 fueron de 58,512.44 m3 de mineral y de 6,600.51 m3, con una sobre rotura promedio de 27.97 % y para el periodo enero a mayo del 2022 fueron de 94,042.68 m3 de mineral y de 11,017.47 m3 de desmonte con una sobre rotura promedio de 28.30 %.

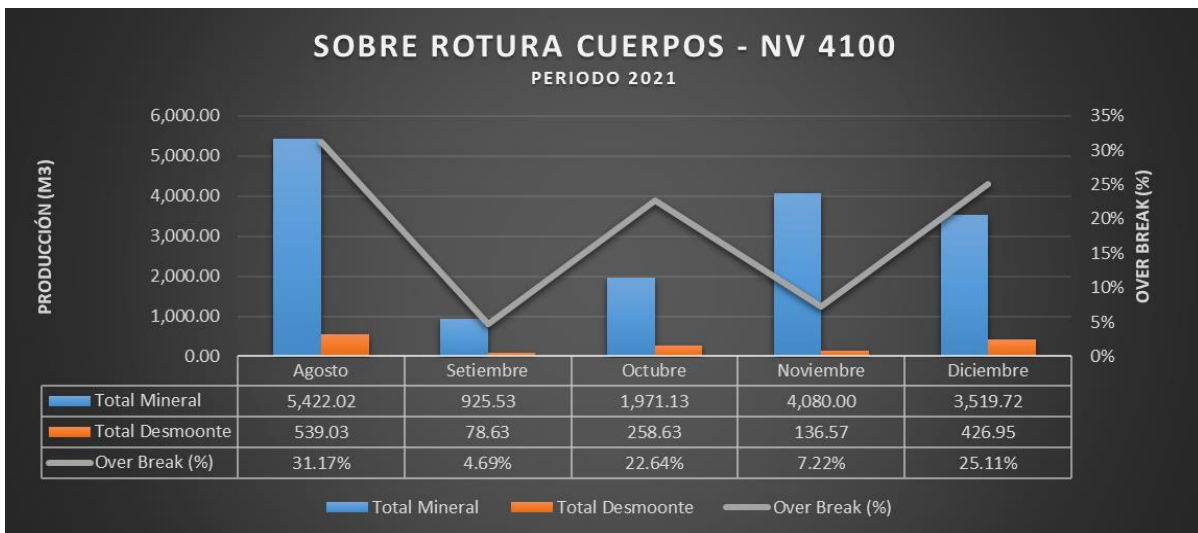
El presente estudio, nos permitió realizar el análisis de la sobre rotura en los cuerpos mineralizados del Nv 4100, mediante el método de minado sublevel stoping (SLC).

a) Análisis de sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100 (SLC)

✓ Periodo agosto – setiembre 2021 (cuerpos)

**Tabla 17. Sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100, periodo 2021**

SOBRE ROTURA CUERPOS - NV 4100									
PERIODO 2021									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Agosto	SLC	Explotado	6,793.41	5,422.02	539.03	832.36	1,309.23	31.17%	0.64
Setiembre	SLC	Explotado	1,053.60	925.53	78.63	49.44	176.52	4.69%	0.28
Octubre	SLC	Explotado	2,560.41	1,971.13	258.63	330.65	295.16	22.64%	1.12
Noviembre	SLC	Explotado	4,544.68	4,080.00	136.57	328.11	859.89	7.22%	0.38
Diciembre	SLC	Explotado	4,951.83	3,519.72	426.95	1,005.16	1,002.26	25.11%	1.00
TOTAL / PROMEDIO			19,903.93	15,918.40	1,439.81	2,545.72	3,643.05	18.17%	0.68

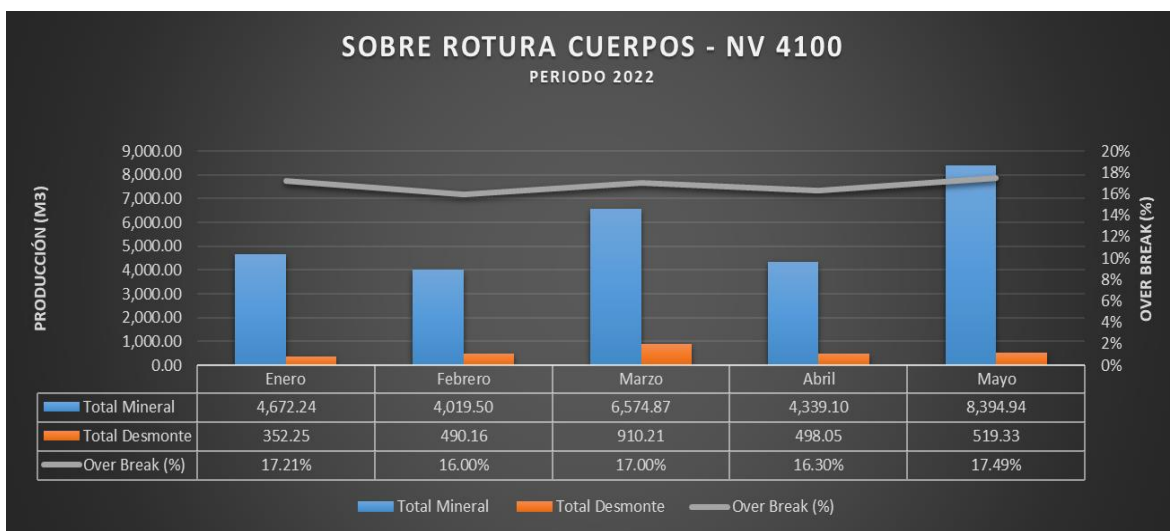


**Figura 27. Sobre rotura en cuerpos mineralizados, Nv 4100, periodo 2021**

✓ Periodo enero – mayo 2022 (Cuerpos)

**Tabla 18. Sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100, periodo 2022**

<b>SOBRE ROTURA CUERPOS - NV 4100</b>									
PERIODO 2022									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Enero	SLC	Explotado	6,000.97	4,672.24	352.25	976.48	1,026.00	17.21%	0.75
Febrero	SLC	Explotado	5,515.22	4,019.50	490.16	1,005.56	1,330.09	16.00%	0.41
Marzo	SLC	Explotado	8,972.99	6,574.87	910.21	1,487.91	1,729.07	17.00%	0.51
Abril	SLC	Explotado	6,475.72	4,339.10	498.05	1,638.57	1,428.12	16.30%	0.65
Mayo	SLC	Explotado	15,107.94	8,394.94	519.33	6,193.67	2,578.68	17.49%	0.93
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>			<b>42,072.84</b>	<b>28,000.65</b>	<b>2,770.00</b>	<b>11,302.19</b>	<b>8,091.95</b>	<b>16.80%</b>	<b>0.65</b>



**Figura 28. Sobre rotura en cuerpos mineralizados, Nv 4100, periodo 2022**

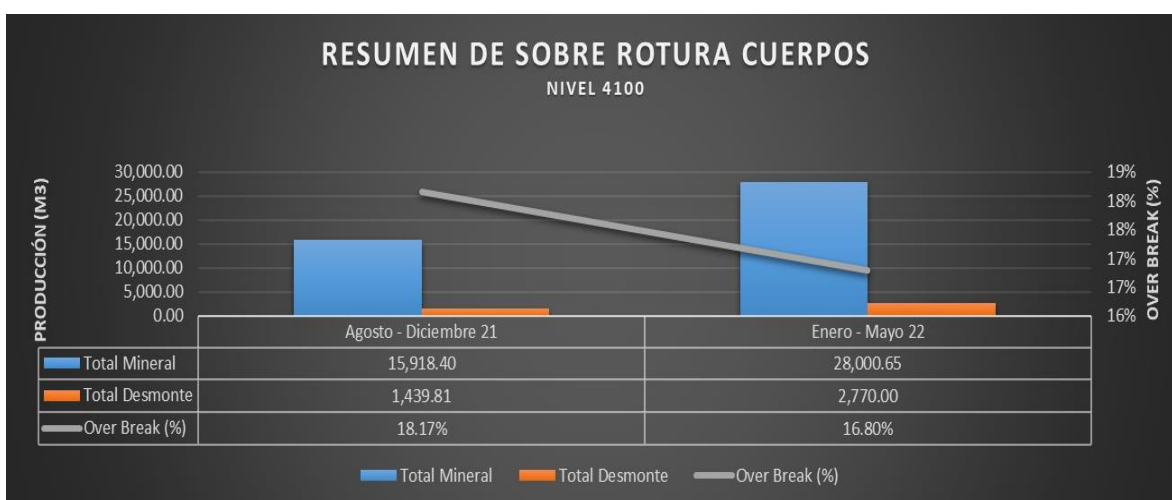
Durante el periodo de agosto a diciembre el total de mineral producido en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 fue de 15,918.40 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 1,439.81 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 18.17% con 0.68 metros (ELOS).

Para el segundo periodo de enero a mayo el total de mineral producido en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 fue de 28,000.65 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 2,770 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 16.80 % con 0.65 metros (ELOS).

✓ Resumen de sobre rotura Nv 4100 (SLC)

**Tabla 19. Resumen de sobre rotura de cuerpos en el Nv 4100**

RESUMEN DE SOBRE ROTURA CUERPOS									
NIVEL 4100									
PERIODO	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Agosto - Diciembre 21	SLC	Explotado	19,903.93	15,918.40	1,439.81	2,545.72	3,643.05	18.17%	0.68
Enero - Mayo 22	SLC	Explotado	42,072.84	28,000.65	2,770.00	11,302.19	8,091.95	16.80%	0.65
TOTAL / PROMEDIO			61,976.77	43,919.05	4,209.81	13,847.91	11,735.00	17.48%	0.67



**Figura 29. Resumen de sobre rotura en cuerpos mineralizados, Nv 4100**

La mejora en el control de la sobre rotura considera una reducción de 1,37% en el segundo periodo, esto fue producto de un mejor control en la desviación de taladros, el radio de daño de taladros de producción considerando los taladros completamente cargados o con carga desacoplada en taladros en paralelo y en abanico.

Asimismo, tener un mejor control de los diferentes dominios geológicos por tipo de roca y alteración presente, permitió estos mejores controles en la sobre rotura.

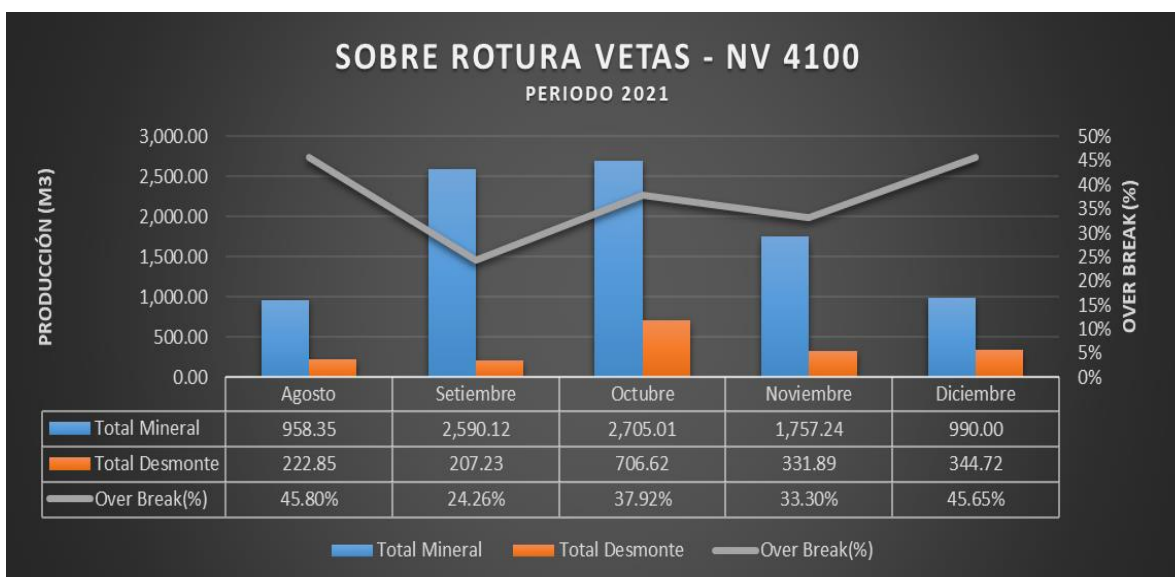
b) Análisis de sobre rotura de vetas en el Nv 4100 (SLV)

- ✓ Periodo agosto – setiembre 2021 (vetas)



**Tabla 20. Sobre rotura en vetas en el Nv 4100, periodo 2021**

SOBRE ROTURA VETAS - NV 4100									
PERIODO 2021									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Agosto	SLV	Explotado	2,128.13	958.35	222.85	946.93	820.50	45.80%	1.15
Setiembre	SLV	Explotado	3,655.42	2,590.12	207.23	858.07	1,149.07	24.26%	0.75
Octubre	SLV	Explotado	4,950.58	2,705.01	706.62	1,538.95	1,582.19	37.92%	0.97
Noviembre	SLV	Explotado	2,941.23	1,757.24	331.89	852.10	1,098.77	33.30%	0.78
Diciembre	SLV	Explotado	2,374.93	990.00	344.72	1,040.21	962.02	45.65%	1.08
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>			<b>16,050.29</b>	<b>9,000.72</b>	<b>1,813.31</b>	<b>5,236.26</b>	<b>5,612.55</b>	<b>37.39%</b>	<b>0.95</b>

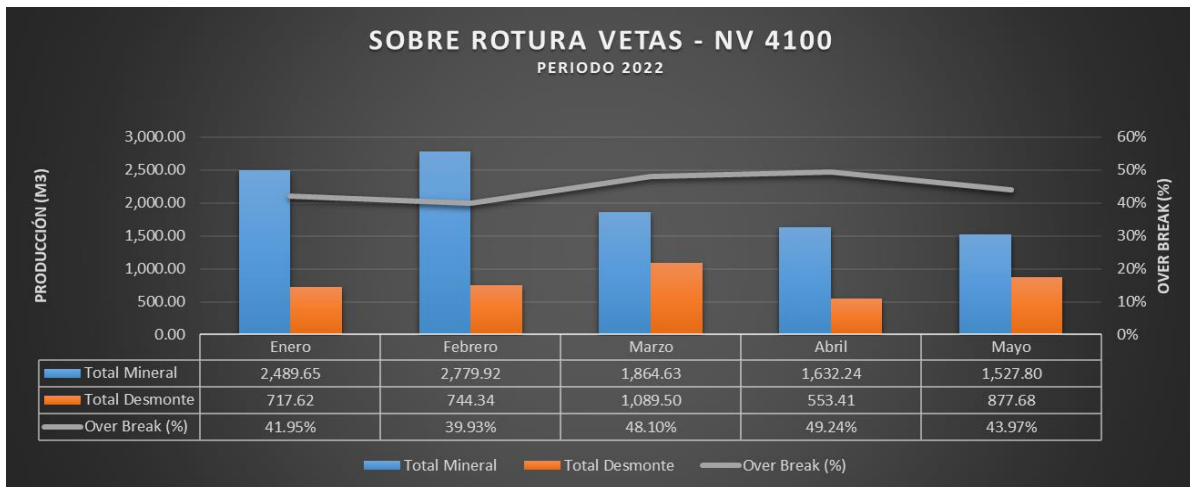


**Figura 30. Sobre rotura en vetas mineralizadas, Nv 4100, periodo 2021**

✓ Periodo enero – mayo 2022 (vetas)

**Tabla 21. Sobre rotura en vetas en el Nv 4100, periodo 2022**

SOBRE ROTURA VETAS - NV 4100									
PERIODO 2022									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Enero	SLV	Explotado	4,614.53	2,489.65	717.62	1,407.26	1,767.37	41.95%	0.80
Febrero	SLV	Explotado	5,459.51	2,779.92	744.34	1,935.25	2,488.21	39.93%	0.78
Marzo	SLV	Explotado	5,526.42	1,864.63	1,089.50	2,572.29	2,419.08	48.10%	1.06
Abril	SLV	Explotado	3,843.17	1,632.24	553.41	1,657.52	1,578.22	49.24%	1.05
Mayo	SLV	Explotado	4,243.83	1,527.80	877.68	1,838.35	1,048.94	43.97%	1.75
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>			<b>23,687.46</b>	<b>10,294.24</b>	<b>3,982.55</b>	<b>9,410.67</b>	<b>9,301.83</b>	<b>44.64%</b>	<b>1.09</b>



**Figura 31. Sobre rotura en vetas mineralizados, Nv 4100**

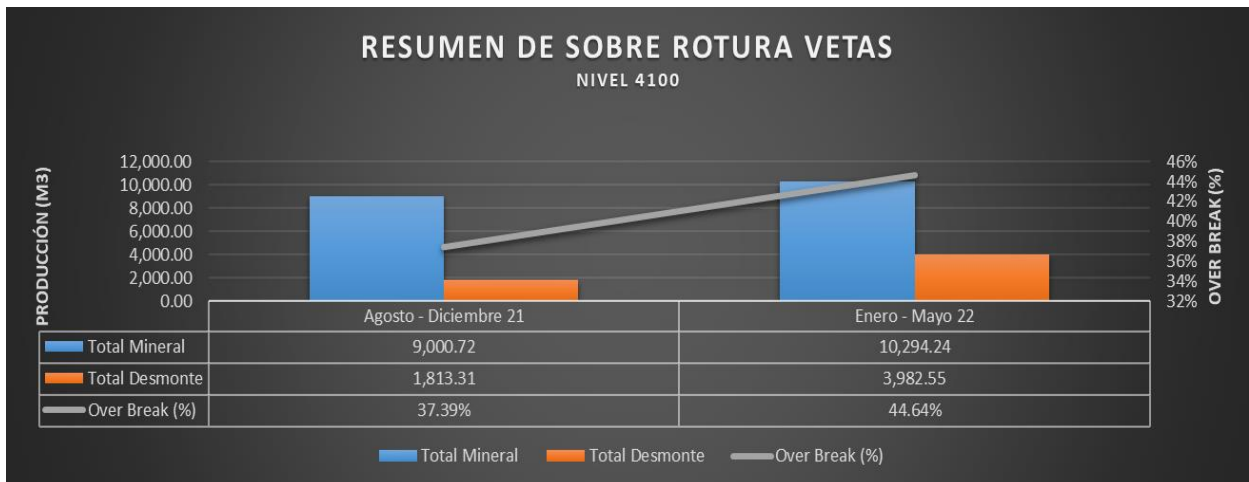
Durante el periodo de agosto a diciembre el total de mineral producido en vetas mineralizados en el Nv 4100 fue de 9,000.72 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 1,813.31 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 37.39% con 0.95 metros (ELOS).

Para el segundo periodo de enero a mayo el total de mineral producido en vetas mineralizados en el Nv 4100 fue de 10,294.24 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 3,982.55 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 44.64 % con 1.09 metros (ELOS).

✓ Resumen de sobre rotura Nv 4100 (SLV)

**Tabla 22. Resumen de sobre rotura de vetas en el Nv 4100**

<b>RESUMEN DE SOBRE ROTURA VETAS</b>									
NIVEL 4100									
Mes	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	Area Minada (m2)	OverBreak(%)	ELOS (m)
Agosto - Diciembre 21	SLV	Explotado	16,050.29	9,000.72	1,813.31	5,236.26	5,612.55	37.39%	0.95
Enero - Mayo 22	SLV	Explotado	23,687.46	10,294.24	3,982.55	9,410.67	9,301.83	44.64%	1.09
<b>TOTAL / PROMEDIO</b>			<b>39,737.75</b>	<b>19,294.96</b>	<b>5,795.86</b>	<b>14,646.93</b>	<b>14,914.38</b>	<b>41.01%</b>	<b>1.02</b>



**Figura 32. Resumen de sobre rotura en vetas mineralizados, Nv 4100**

A diferencia de los cuerpos mineralizados, en las vetas no se realizó el control de la sobre rotura, donde se incrementó en 7.25 % en el segundo periodo, esto fue producto de no realizar un mejor control en la desviación de taladros, el análisis del radio de daño de taladros de producción, control litológico y de alteración, etc.

El presente estudio solo está referido a cuerpos mineralizados y su implicancia en la sobre rotura en el Nv 4100.

#### **4.1.3 Análisis comparativo de producción y valor de mineral en vetas – Nv 4100**

Durante el periodo de estudio se analizó el tonelaje programado y tonelaje procesado, así como el valor de mineral correspondiente en ambos escenarios.

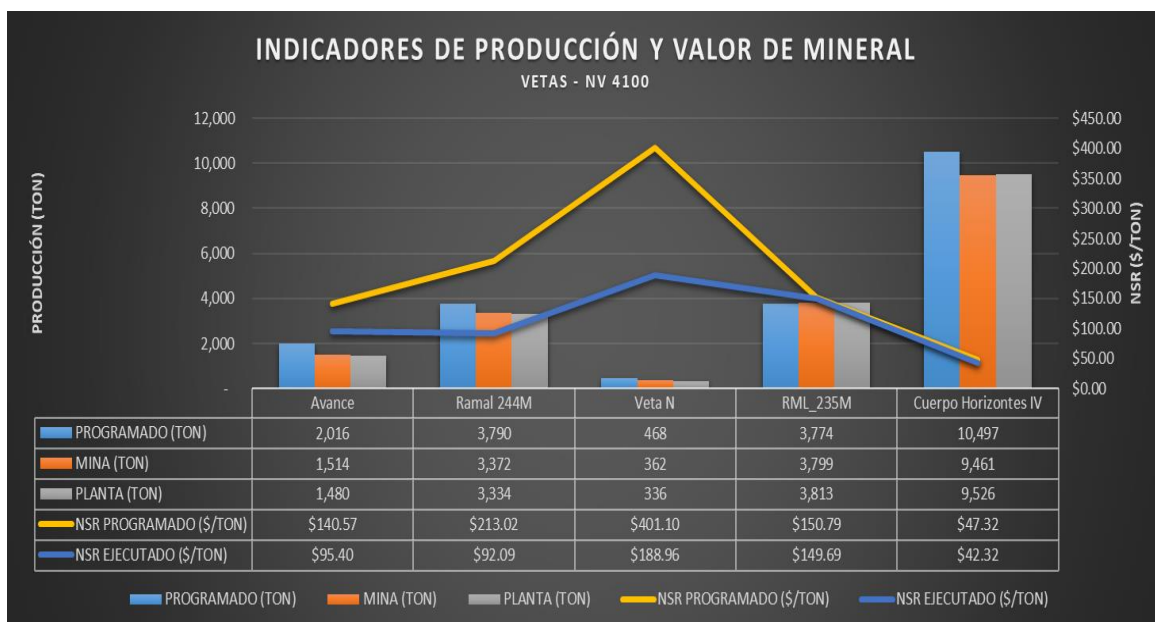
**Tabla 23. Resumen de análisis comparativo de tonelaje y valor de mineral en vetas – Nv 4100**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE TONELAJE Y VALOR DE MINERAL (NSR) EN VETAS**

DATOS				PROGRAMA MENSUAL						PROGRAMA SEMANAL					
Seccion	Nivel	Nomenclatura	Estructura	TN-PM	%Zn_PM	%Pb_PM	%Cu_PM	OzAg_PM	Nsr_PM	TN-PS	%Zn_PS	%Pb_PS	%Cu_PS	OzAg_PS	Nsr_PS
VII	4100	Avances	(en blanco)	2,016	1.03	0.60	0.10	6.31	\$140.57	1,840	0.84	0.54	0.10	3.91	\$93.50
		TJ-155	Ramal 244M	3,790	1.65	1.25	0.13	9.26	\$213.02	4,200	0.99	0.70	0.08	5.92	\$133.93
		TJ-157	Veta N	468	1.66	1.41	0.44	19.24	\$401.10	326	1.42	1.24	0.37	15.35	\$323.57
		TJ-282	RML_235M	3,774	1.14	1.17	0.20	6.24	\$150.79	4,160	1.17	1.14	0.22	7.08	\$166.46
		TJ-7010	Cuerpo Horizontes IV	10,497	1.74	0.06	0.18	0.73	\$47.32	10,870	1.74	0.06	0.18	0.70	\$46.74
Total VII				<b>20,545</b>	<b>1.54</b>	<b>0.57</b>	<b>0.17</b>	<b>4.28</b>	<b>\$114.10</b>	<b>21,396</b>	<b>1.40</b>	<b>0.45</b>	<b>0.17</b>	<b>3.46</b>	<b>\$95.37</b>

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE TONELAJE Y VALOR DE MINERAL (NSR) EN VETAS**

DATOS				EJECUTADO						TRATADO				
Seccion	Nivel	Nomenclatura	Estructura	TN-E	%Zn-E	%Pb-E	%Cu-E	OzAg-E	Nsr_E	TN-T	%Zn-T	%Pb-T	%Cu-T	OzAg-T
VII	4100	Avances	(en blanco)	1,514	0.67	0.63	0.08	4.13	\$95.40	1,480	0.81	0.52	0.12	3.88
		TJ-155	Ramal 244M	3,372	0.72	0.45	0.06	4.05	\$92.09	3,334	1.17	0.89	0.10	5.95
		TJ-157	Veta N	362	0.88	0.83	0.22	8.84	\$188.96	336	1.24	1.09	0.29	9.00
		TJ-282	RML_235M	3,799	0.87	0.84	0.19	6.68	\$149.69	3,813	1.19	1.22	0.25	6.56
		TJ-7010	Cuerpo Horizontes IV	9,461	1.51	0.06	0.18	0.67	\$42.32	9,526	1.76	0.06	0.20	0.62
Total VII				<b>18,508</b>	<b>1.15</b>	<b>0.35</b>	<b>0.15</b>	<b>2.96</b>	<b>\$80.64</b>	<b>18,488</b>	<b>1.45</b>	<b>0.50</b>	<b>0.19</b>	<b>3.22</b>



**Figura 33. Relación tonelaje producido – procesado versus el NSR en vetas**

**Tabla 24. Análisis comparativo de cumplimiento de producción en vetas en el Nv 4100**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN EN VETAS**

DATOS				COMPARATIVO - CUMPLIMIENTO									
				Ejecutado vs Programado Sem.					Ejecutado vs Programa Mensual				
Seccion	Nivel	Normenclatura	Estructura	Tn(E-PS)	Zn(E-PS)	Pb(E-PS)	Cu(E-PS)	OzAg(E-PS)	Tn(E-PM)	Zn(E-PM)	Pb(E-PM)	Cu(E-PM)	OzAg(E-PM)
VII	4100	Avances	(en blanco)	82%	79%	118%	85%	106%	75%	65%	106%	81%	65%
		TJ-155	Ramal 244M	80%	73%	65%	67%	68%	89%	44%	36%	45%	44%
		TJ-157	Veta N	111%	62%	67%	59%	58%	77%	53%	59%	50%	46%
		TJ-282	RML_235M	91%	74%	74%	88%	94%	101%	76%	72%	98%	107%
		TJ-7010	Cuerpo Horizontes IV	87%	87%	103%	97%	97%	90%	87%	100%	96%	93%
Total VII				<b>87%</b>	<b>82%</b>	<b>78%</b>	<b>91%</b>	<b>86%</b>	<b>90%</b>	<b>75%</b>	<b>63%</b>	<b>87%</b>	<b>69%</b>

Los indicadores de producción en vetas, Nv 4100 durante el último mes de estudio (mayo), corrobora esa distorsión en el tonelaje producido y el procesado, y la incidencia que genera esta distorsión, en el valor de mineral, disminuyendo la rentabilidad operacional.

El tonelaje programado en las vetas de la sección IV del Nv 4100 fue de 20,545 toneladas, siendo el ejecutado de 18,508 toneladas y el procesado de 18,488 toneladas, con valores de mineral (NSR) programado de 114.10 \$/t y el ejecutado de 80.64 \$/t.

La diferencia de tonelaje entre lo programado y procesado es de 2,057 toneladas y el de valor de mineral es de 33.47 \$/t, generando una menor rentabilidad operacional.

Al igual que en el análisis de la sobre rotura en cuerpos, es necesario controlar diferentes variables operacionales que inciden en esta distorsión como: desviación de taladros, el análisis del radio de daño de taladros de producción, control litológico y de alteración, definición de un correcto contacto entre la estructura mineralizada y las cajas asociadas, etc.,

#### **4.1.4 Prueba de la hipótesis.**

De acuerdo con lo planteado en el presente trabajo de investigación acerca del análisis de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* en el Nivel 4100 para la mejora del rendimiento operacional de la unidad minera, se diseñó dos etapas de análisis, siendo el primer periodo de agosto a diciembre del 2021 y el segundo periodo de enero a mayo del 2022.

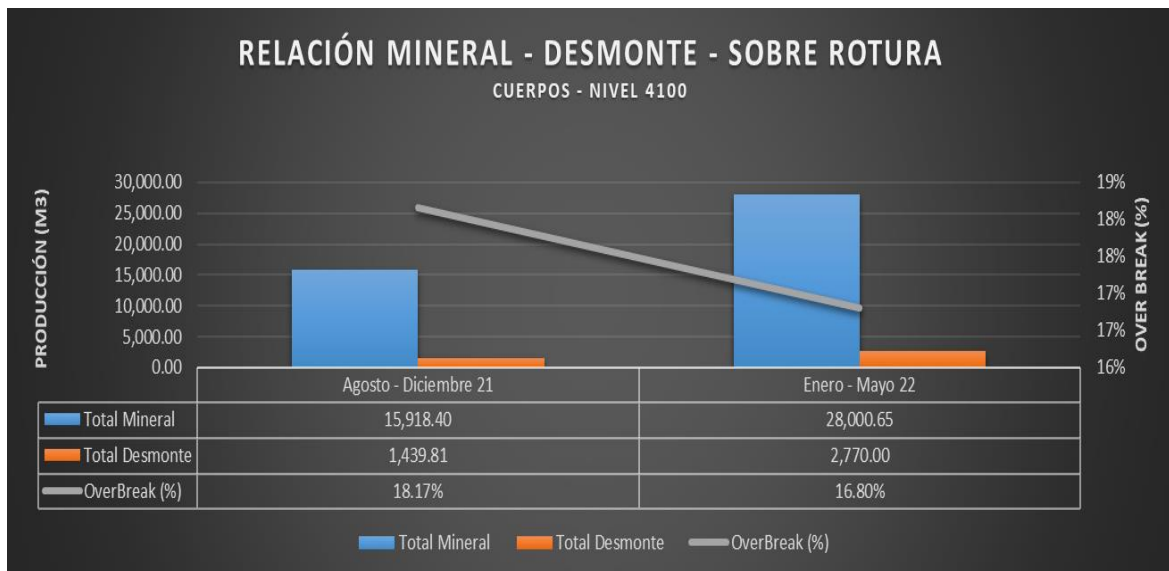
Para validar la hipótesis planteada en la mejora del rendimiento operacional, se realizó el análisis del volumen de mineral ejecutado y el volumen de desmonte ejecutado para determinar la sobre rotura asociada en cuerpos mineralizados en el Nivel 4100.

Asimismo, la validación de las hipótesis específicas, estarán relacionadas a la disminución de la sobre rotura en el segundo periodo de estudio (enero a mayo 2022) comparado con el primer periodo de estudio (agosto a diciembre del 2021) y su influencia en el valor de mineral (NSR), para validar la mejora en el rendimiento operacional.

a) Análisis de sobre rotura

**Tabla 25. Análisis de sobre rotura entre periodos de estudio en cuerpos en el Nv 4100**

PRUEBA DE HIPÓTESIS - SOBRE ROTURA									
CUERPOS - NVIVEL 4100									
PERIODO	Metodo	Condición	Vol Total Ejecutado	Vol Mineral Ejecutado	Vol Desmonte Ejecutado	Overbreak Total m3	OverBreak(%)	ELOS (m)	NSR (\$/TON)
Agosto - Diciembre 21	SLC	Explotado	19,903.93	15,918.40	1,439.81	2,545.72	18.17%	0.68	60.69
Enero - Mayo 22	SLC	Explotado	42,072.84	28,000.65	2,770.00	11,302.19	16.80%	0.65	73.73
TOTAL / PROMEDIO			61,976.77	43,919.05	4,209.81	13,847.91	17.48%	0.67	65.94



**Figura 34. Relación tonelaje producido – procesado versus sobre rotura**

Durante el periodo de agosto a diciembre se produjo en cuerpos mineralizados en el Nv 4100, un volumen total de mineral de 15,918.40 m<sup>3</sup> y un volumen total de desmonte de 1,439.81 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura del 18.17 %.

Durante el periodo de enero a mayo se produjo en cuerpos mineralizados en el Nv 4100, un volumen total de mineral de 28,000.65 m<sup>3</sup> y un volumen total de desmonte de 2,770.00 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura del 16.80 %.

El objetivo del presente trabajo de investigación es mejorar el rendimiento operacional en la unidad minera, donde uno de los objetivos es disminuir la sobre rotura para el segundo periodo teniendo en consideración el control de la desviación

de taladros, el análisis del radio de daño de taladros de producción, control litológico y de alteración, definición de un correcto contacto entre la estructura mineralizada y las cajas asociadas, etc., donde se logró disminuir en 1.37 %.

✓ Desviación de taladros:

De acuerdo con la información realizada por EXSA durante el periodo de agosto a diciembre la desviación de taladros durante ese periodo fue de 3.5 % y 0.44 metros en promedio. De acuerdo con las correcciones realizadas y un mejor control asociado a la desviación de taladros durante el periodo enero a mayo del 2022 se determinó:

**Tabla 26. Análisis de levantamiento de desviación de taladros en el Nv 4100**

Taladro N°	dNorthing (m)	dEasting (m)	dZ (m)	Dev	
				(m)	(%)
Tal 1	0.24	0.19	-0.02	0.29	2.1
Tal 2	0.49	-0.89	0.29	1.01	5.0
Tal 3	0.71	-0.78	0.38	1.09	5.1
Tal 4	0.54	-0.14	0.11	0.54	3.7
Tal 5	0.30	0.05	-0.03	0.31	1.9
Tal 6	0.33	-0.08	0.09	0.30	2.4
Tal 7	0.67	-0.02	0.03	0.51	6.5
Tal 8	0.48	0.05	-0.20	0.45	7.3
Tal 9	0.69	-0.02	-0.08	<b>0.59</b>	<b>11.5</b>
Tal 10	0.59	-0.01	-0.13	<b>0.58</b>	<b>10.2</b>
Tal 11	-0.07	-0.06	-0.13	0.13	2.6
Tal 12	0.01	-0.08	-0.12	0.10	2.1
Tal 13	-0.02	-0.07	-0.10	0.11	2.1
Tal 14	0.04	-0.01	-0.01	0.04	0.4
Tal 15	-0.30	0.76	0.44	<b>0.82</b>	<b>8.5</b>
Tal 16	-0.29	0.06	0.01	0.25	2.3
Tal 17	-0.03	0.09	0.02	0.10	1.2
Tal 18	-0.07	0.00	0.00	0.07	0.7
Tal 19	-0.27	0.02	-0.01	0.24	3.1
Tal 20	-0.04	0.42	-0.01	0.30	4.9
<b>Promedio</b>				<b>0.39</b>	<b>3.14</b>

**Tomada de Informe EXSA**

Se eliminarán los datos más extremos con la finalidad de obtener un promedio más representativo en el levantamiento de desviación de taladros.

De acuerdo con el análisis de desviación de taladros durante el periodo enero a mayo 2022, se generó una desviación de 3.14 % y 0.39 metros.

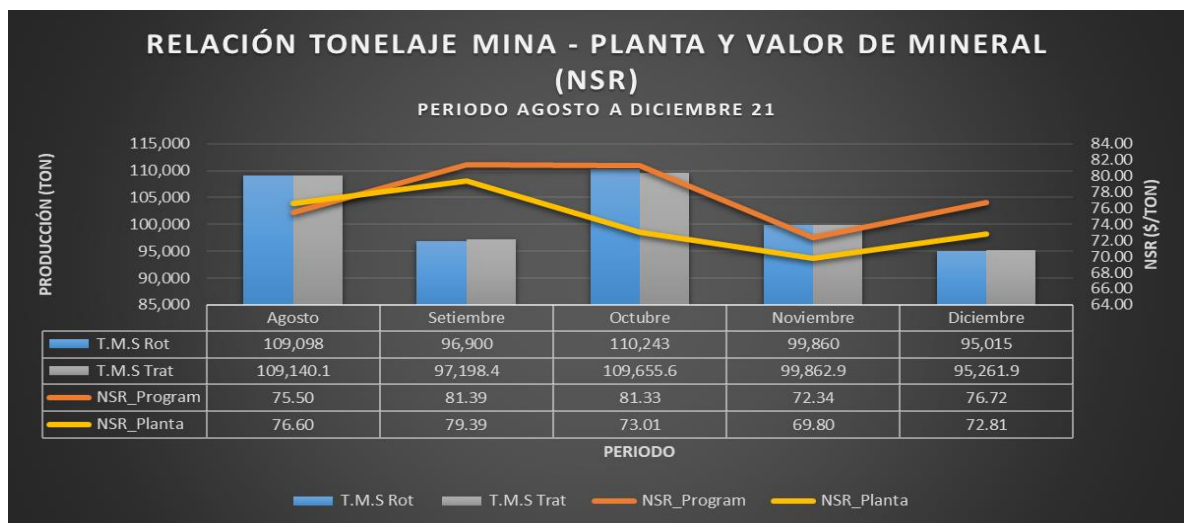


Esta mejora del control de la desviación de taladros permite un mejor control en la sobre rotura con una disminución del 0.36 % y de 0.05 metros.

b) Análisis del valor de mineral (NSR)

**Tabla 27. Análisis de valor de mineral (NSR) periodo 2021 en cuerpos mineralizados en el Nv 4100**

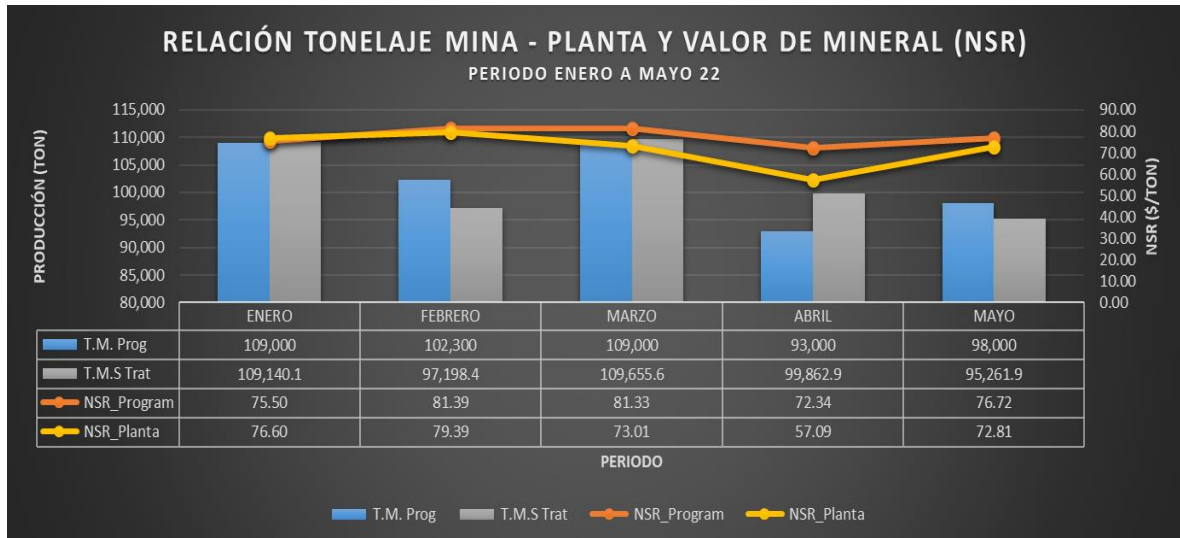
PRUEBA DE HIPÓTESIS - VALOR DE MINERAL (NSR)												
PERIODO 2021 - Nv 4100												
Mes	MINA						PLANTA					
	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	NSR_Program	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
Agosto	109,098	3.33	1.29	0.36	3.39	75.50	109,140.1	2.47	0.91	0.27	2.52	76.60
Setiembre	96,900	3.37	1.55	0.32	3.54	81.39	97,198.4	2.52	1.07	0.26	2.53	79.39
Octubre	110,243	3.02	1.53	0.26	3.77	81.33	109,655.6	1.97	0.98	0.19	2.88	73.01
Noviembre	99,860	2.83	1.15	0.26	3.62	72.34	99,862.9	1.90	0.70	0.19	2.79	69.80
Diciembre	95,015	2.65	1.02	0.25	4.31	76.72	95,261.9	1.79	0.69	0.18	3.43	72.81
Total/Prom	511,116	3.05	1.31	0.29	3.72	77.58	511,119	2.13	0.87	0.22	2.82	60.69



**Figura 35. Relación tonelaje mina – planta y NSR periodo 2021**

**Tabla 28. Análisis de valor de mineral (NSR) periodo 2022 en cuerpos mineralizados en el Nv 4100**

PRUEBA DE HIPÓTESIS - VALOR DE MINERAL (NSR)												
PERIODO 2022 - NV 4100												
MES	MINA						PLANTA					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
ENERO	109,000	2.32	0.83	0.24	2.75	75.50	109,140.1	2.47	0.91	0.27	2.52	76.60
FEBRERO	102,300	2.53	1.11	0.23	3.02	81.39	97,198.4	2.52	1.07	0.26	2.53	79.39
MARZO	109,000	2.50	1.07	0.21	2.82	81.33	109,655.6	1.97	0.98	0.19	2.88	73.01
ABRIL	93,000	2.25	0.85	0.20	2.58	72.34	99,862.9	1.90	0.70	0.19	2.79	57.09
MAYO	98,000	2.16	0.93	0.17	3.05	76.72	95,261.9	1.79	0.69	0.18	3.43	72.81
TOTAL	511,300	2.36	0.96	0.21	2.77	77.58	511,118.9	2.13	0.87	0.22	2.82	73.73



**Figura 36. Relación tonelaje mina – planta y NSR periodo 2022**

De acuerdo con el análisis del valor de mineral durante el periodo de agosto a diciembre del 2021 la relación de sobre rotura es de 18.17 % y un NSR de 60.69 \$/t, teniendo un mejor control de la sobre rotura en el periodo enero a mayo del 2022 con una sobre rotura de 16.80 % y un NSR de 73.73 \$/t.

Esta mejora del control de la sobre rotura permitió el incremento del NSR en 13.04 \$/t, validando el control de las variables operacionales del método de minado sublevel stoping en el Nv 4100.

## CONCLUSIONES

1. Durante el periodo agosto a diciembre del 2021 se produjo en el Nv 4100 un total de 511,116 toneladas con un NSR de 77.58 \$/t y se procesó un total de 511,119 toneladas con un NSR de 60.69 \$/t. Este menor valor de mineral se reduce en 16.9 \$/t en este periodo, producto de una mayor sobre rotura e incremento de la dilución disminuyendo las leyes de cabeza con las leyes de planta, siendo las leyes de cabeza Zn@3.05 %, Pb@01.31 %, Cu@0.29 % y Ag@3.72 Oz y disminuyendo sus leyes de planta en Zn@2.13 %, Pb@0.87 %, Cu@0.22 % y Ag@2.82 Oz.
2. Asimismo, durante el periodo de estudio de enero a mayo del 2022 se produjo del Nv 4100 un total de 344,123 toneladas con un NSR de 75.77 \$/t y se procesó un total de 344,565 toneladas con un NSR de 73.73 \$/t. A diferencia del periodo anterior, en este se controló la sobre rotura y por ende la dilución, controlando el valor de mineral y disminuyendo solo en 2 \$/t, a diferencia del periodo anterior con una disminución de 16.9 \$/t.
3. Durante el periodo de agosto a diciembre el total de mineral producido en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 fue de 15,918.40 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 1,439.81 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 18.17 % con 0.68 metros (ELOS).
4. Para el segundo periodo de enero a mayo el total de mineral producido en cuerpos mineralizados en el Nv 4100 fue de 28,000.65 m<sup>3</sup> y el de desmonte fue de 2,770 m<sup>3</sup>, generando una sobre rotura de 16.80 % con 0.65 metros (ELOS).
5. El objetivo del presente trabajo de investigación es mejorar el rendimiento operacional en la unidad minera, donde uno de los objetivos es disminuir la sobre rotura para el segundo periodo teniendo en consideración el control de la desviación de taladros, el análisis del radio de daño de taladros de producción, control litológico y de alteración, definición de un correcto contacto entre la

estructura mineralizada y las cajas asociadas, etc., donde se logró disminuir en 1.37 %.

6. Durante el periodo de agosto a diciembre 2021 la desviación de taladros fue de 3.5 % y 0.44 metros y para el periodo enero a mayo del 2022 se generó una desviación de 3.14 % y 0.39 metros. Esta mejora del control de la desviación de taladros permite un mejor control en la sobre rotura con una disminución del 0.36 % y de 0.05 metros.
  
7. De acuerdo con el análisis del valor de mineral durante el periodo de agosto a diciembre del 2021 la relación de sobre rotura es de 18.17 % y un NSR de 60.69 \$/t, teniendo un mejor control de la sobre rotura en el periodo enero a mayo del 2022 con una sobre rotura de 16.80 % y un NSR de 73.73 \$/t. Esta mejora del control de la sobre rotura permitió el incremento del NSR en 13.04 \$/t, validando el control de las variables operacionales del método de minado *sublevel stoping* en el Nv 4100.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios detallados de los diferentes dominios geológicos y asociarlos a las propiedades del macizo rocoso, considerando la variabilidad mineralógica, alteración hidrotermal asociada y propiedades físicas.
2. Es importante relacionar y medir el grado de fragmentación post voladura, para medir su influencia en el rendimiento de equipos de perforación, carguío y acarreo.
3. Se recomienda relacionar el P80 considerando el grado de fragmentación post voladura y su relación con la sobre rotura.
4. Se recomienda relacionar las variables de leyes de cabeza con las leyes de planta, definiendo su relación con la dilución asociada en los diferentes frentes operacionales mediante el método de minado SLC y SLV.
5. Se recomienda definir en mayor detalle los diferentes modelos geo metalúrgicos y su relación con el valor de mineral (NSR).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAVO, Isidora. Estudio de vibraciones inducidas por tronadura en Minera spence. Memoria (Título de Ingeniera Civil de Minas). Santiago, Chile : Universidad de Chile, 2018, 106 pp.
2. SERIN, Roger. Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la mina Marza-Retamas-2017. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Peru : Universidad Nacional de Trujillo, 2017, 96 pp.
3. MALLQUI, Yerlin. Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stopping para incrementar la productividad en la mina Marca punta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Perú : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2019, 89 pp.
4. GAGO, Gerald. Diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance para reduccion de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A - Unidad San Vicente, Vitoc - Junín, 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Perú : Universidad Continental, 2018, 146 pp.
5. ANTONIO, Waldo. Aplicación de taladros largos en vetas angostas, caso mina Austria Duvas-Morococha. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Perú : Universidad Continental, 2017, 136 pp.

## **ANEXOS**

## Anexo A

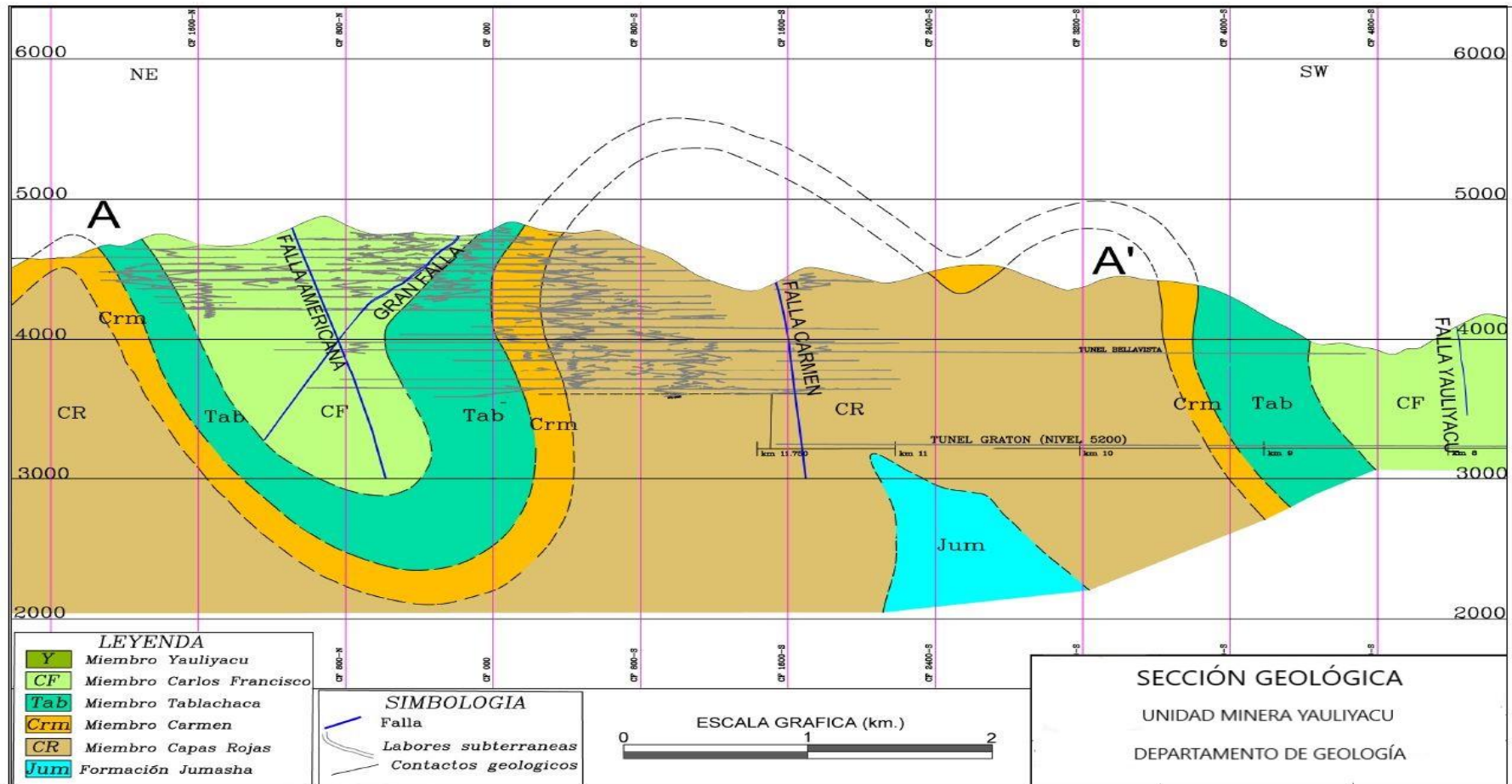
### Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 29. Tabla de variables**

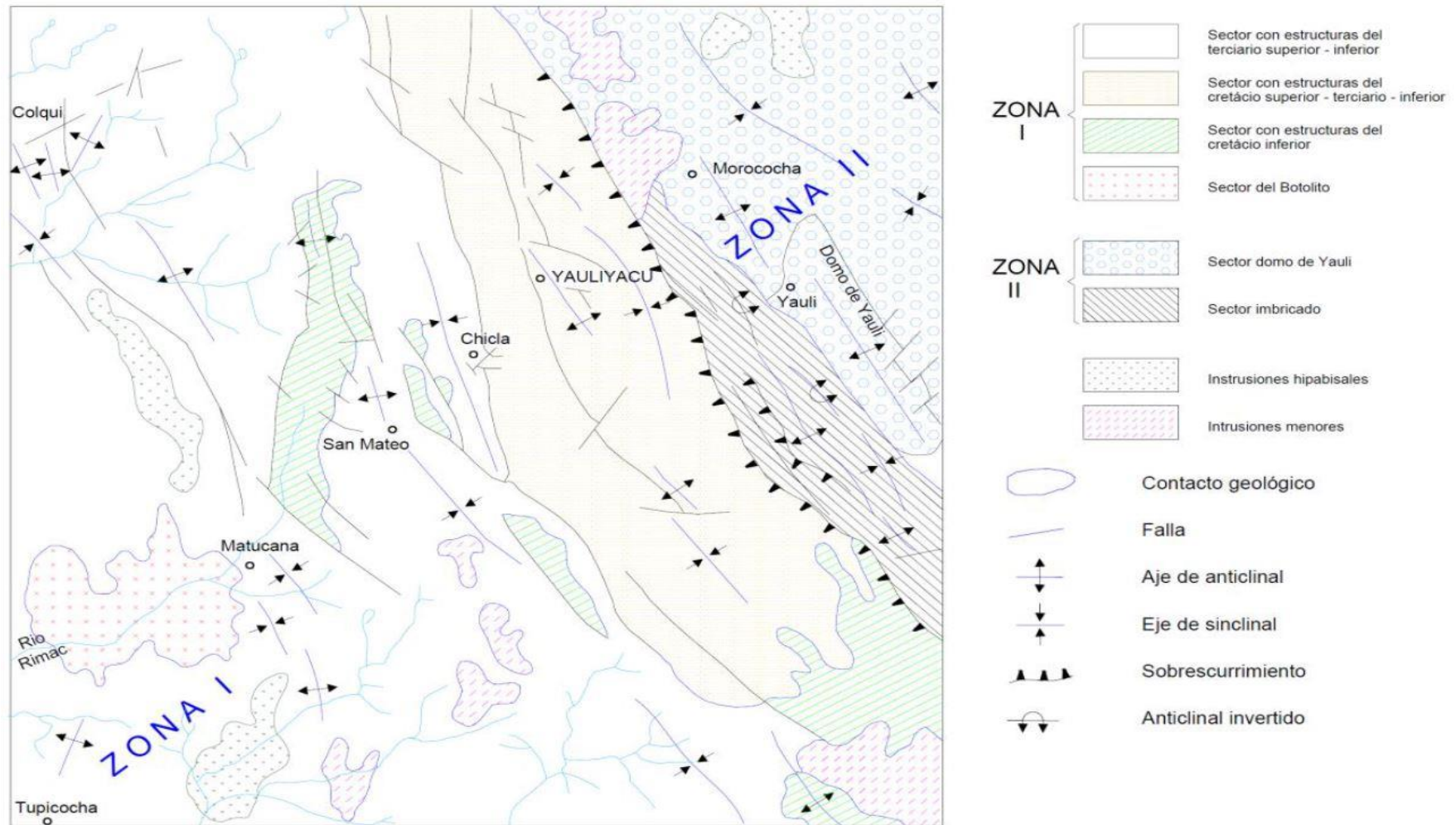
Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
<p>VI:</p> <p>Mejora del rendimiento operacional</p>	<p>La mejora del rendimiento operacional está relacionada directamente a las diferentes variables operacionales, mediante la aplicación del método de minado con taladros largos..</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geología</li> <li>• Geomecánica</li> <li>• Operacionales</li> </ul>	<p>dominios geológicos</p> <p>dominios geomecánicos</p> <p>Productividad</p>	<p>Tipos de roca, leyes, alteración hidrotermal, etc.</p> <p>Dureza, propiedades del macizo rocoso, etc.</p> <p>Rendimiento operacional, tonelaje mineral, tonelaje desmonte, etc..</p>
<p>VD:</p> <p>Variables operacionales del método de minado</p>	<p>Las variables del método de minado con taladros largos, influyen directamente en la rentabilidad operacional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción</li> <li>• Económico</li> </ul>	<p>Mineral</p> <p>Desmonte</p> <p>Valor Mineral</p>	<p>Tonelaje</p> <p>Sobre rotura</p> <p>Leyes</p> <p>NSR</p>



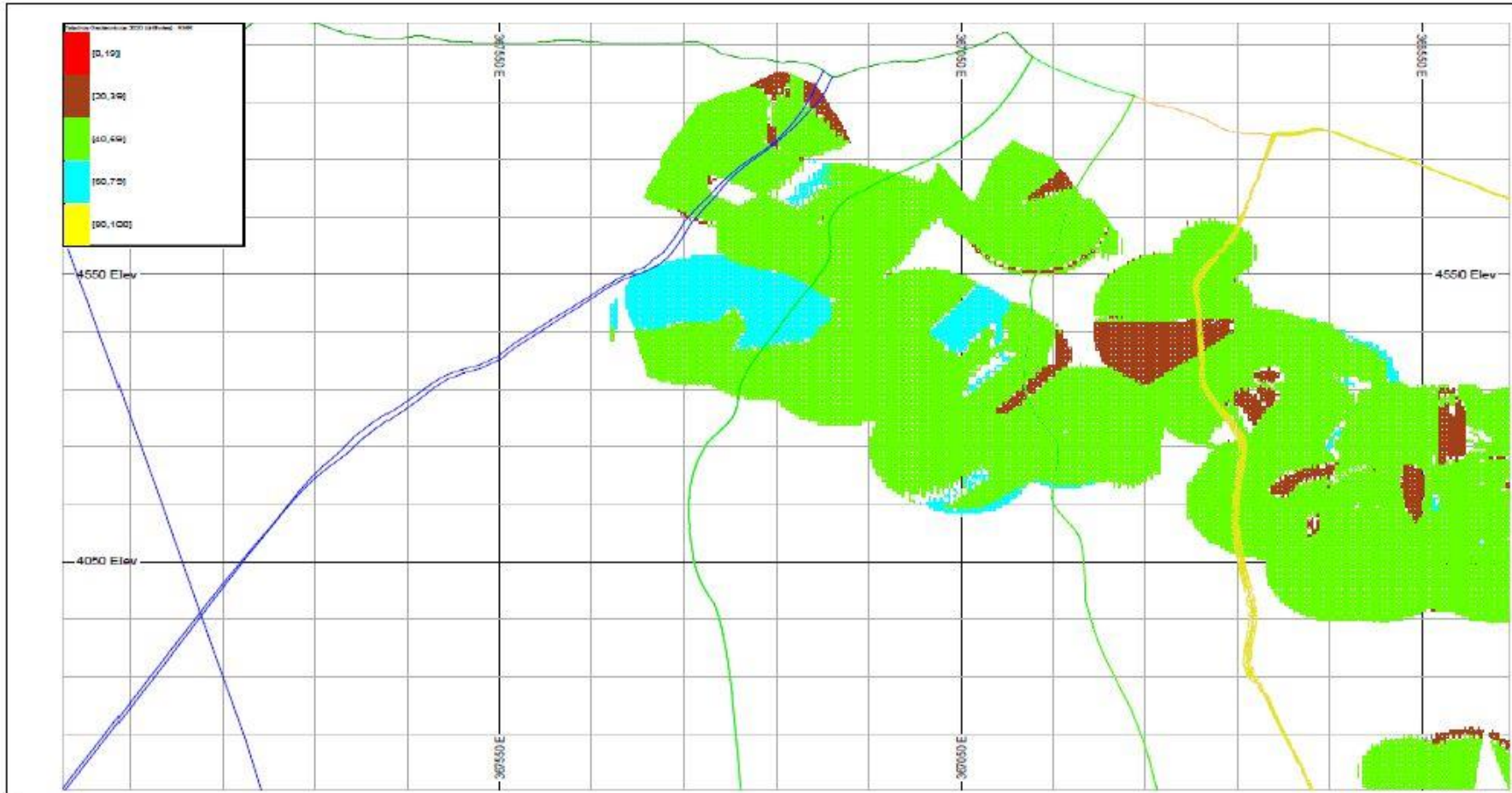
**Anexo B**  
**Planos en planta**



**Figura 37. Geología regional**  
**Tomada del departamento de Geología**



**Figura 38. Zonación estructural  
Tomada del departamento de Geología**



**Figura 39. Zonación geomecánica  
Tomada del departamento de geología**

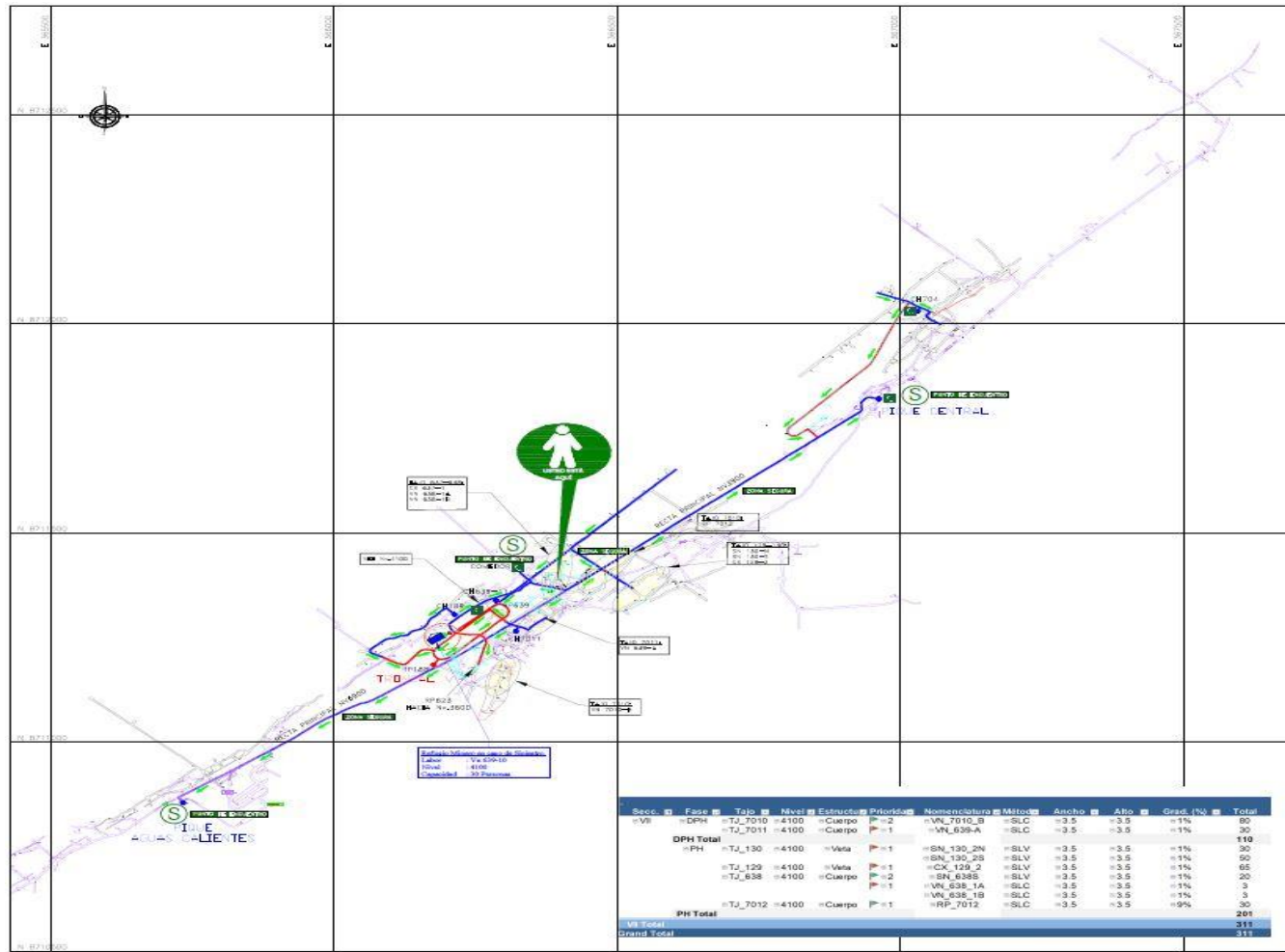
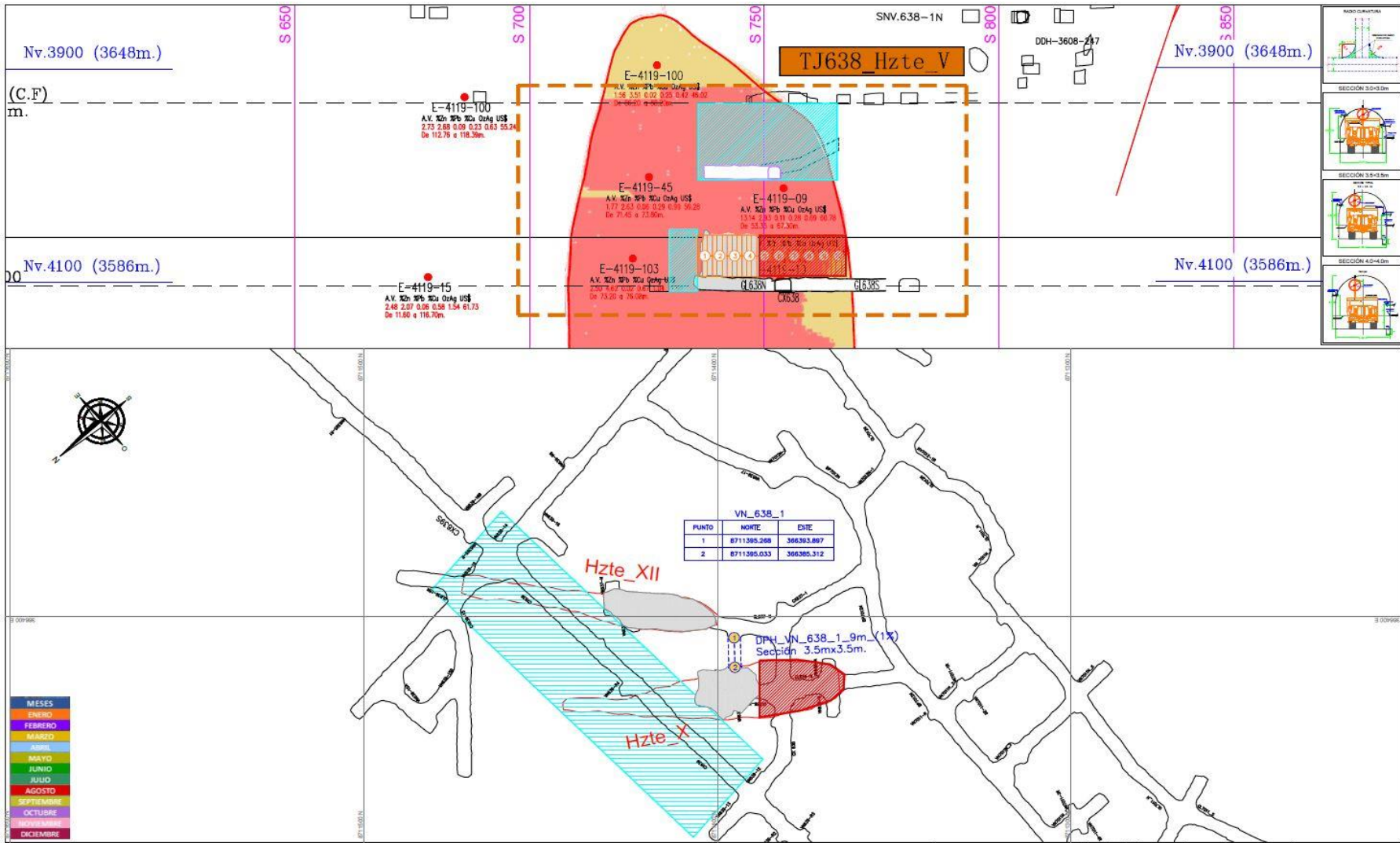


Figura 40. plano en planta, nivel 4100  
Tomada del departamento de Planeamiento





**Figura 41. Tajeo 638, nivel 4100**  
**Tomada del departamento de Planeamiento**

## Anexo C

### Tablas de producción – periodo enero a mayo 2022

**Tabla 30. Resumen de tonelaje y leyes programadas, ejecutada y procesada, enero – febrero del 2022 en el Nv 4100**

RESÚMEN DE TONELAJE Y LEYES - NV 4100																	
MES DE ENERO																	
Sección	Ley Programada						Ley Real de Comunes					Ley Planta					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
I	26,000	1.67	0.96	0.17	3.67	76.76	27,319	2.70	1.53	0.28	4.60	27,329.8	2.00	1.08	0.21	3.41	76.60
II	31,500	2.23	1.15	0.18	3.23	82.31	31,139	2.98	1.80	0.20	4.00	31,151.4	2.21	1.27	0.15	2.97	76.60
IV	25,500	2.70	0.98	0.16	2.15	75.04	20,549	3.90	1.68	0.25	3.09	20,556.6	2.89	1.19	0.19	2.29	76.60
V	7,500	2.56	0.06	0.25	0.83	49.56	8,351	3.40	0.11	0.37	1.01	8,354.2	2.52	0.08	0.28	0.75	76.60
VII	11,000	3.73	0.04	0.80	1.18	78.18	15,388	4.90	0.05	1.03	1.38	15,395.1	3.63	0.03	0.77	1.02	76.60
	2,000	1.53	0.33	0.21	2.28	53.05	4,497	2.56	1.20	0.17	3.29	4,496.7	1.90	0.85	0.13	2.44	76.60
	2,000	0.73	0.49	0.10	4.22	62.71	894	0.83	0.78	0.11	4.96	894.3	0.61	0.55	0.08	3.68	76.60
	2,000	1.72	0.20	0.33	2.62	59.84	77	1.22	0.10	0.20	1.03	76.8	0.90	0.07	0.15	0.76	76.60
	1,500	1.04	0.77	0.14	6.58	96.19	536	0.75	0.65	0.16	7.49	536.4	0.55	0.46	0.12	5.56	76.60
Total VII	18,500	2.73	0.20	0.56	2.22	73.27	21,740	4.07	0.34	0.78	2.19	21,748.2	3.01	0.24	0.58	1.63	76.60
<b>TOTAL</b>	<b>109,000</b>	<b>2.32</b>	<b>0.83</b>	<b>0.24</b>	<b>2.75</b>	<b>75.50</b>	<b>109,098</b>	<b>3.33</b>	<b>1.29</b>	<b>0.36</b>	<b>3.39</b>	<b>109,140.1</b>	<b>2.47</b>	<b>0.91</b>	<b>0.27</b>	<b>2.52</b>	<b>76.60</b>

RESÚMEN DE TONELAJE Y LEYES - NV 4100																	
MES DE FEBRERO																	
Sección	Ley Programada						Ley Real de Comunes					Ley Planta					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
I	20,800	1.73	1.16	0.19	5.30	97.53	20,133	3.25	1.88	0.27	4.70	20,194.7	2.43	1.29	0.22	3.36	79.39
II	34,000	2.98	1.36	0.22	3.09	84.94	31,293	3.23	1.72	0.23	3.91	31,388.9	2.41	1.18	0.19	2.80	79.39
IV	24,500	2.74	1.58	0.16	2.08	82.04	22,591	3.64	2.16	0.29	3.06	22,660.7	2.72	1.48	0.24	2.19	79.39
V	7,000	2.55	0.07	0.25	0.79	48.99	5,533	3.29	0.11	0.34	1.17	5,549.8	2.45	0.07	0.27	0.84	79.39
VII	4,000	3.74	0.04	0.81	1.21	78.79	8,975	4.65	0.10	0.88	1.38	9,011.6	3.47	0.07	0.71	0.99	79.39
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,189	3.14	1.44	0.29	2.06	4,189.0	2.35	0.99	0.24	1.47	79.39
	1,000	0.52	0.40	0.08	3.80	53.72	813	0.81	0.56	0.13	5.61	816.5	0.61	0.39	0.10	4.01	79.39
	3,000	1.39	0.21	0.30	2.20	50.29	660	2.31	0.35	0.48	3.69	662.2	1.73	0.24	0.39	2.64	79.39
	1,000	1.13	0.79	0.15	6.51	96.85	971	0.87	0.71	0.11	5.71	974.7	0.65	0.49	0.09	4.08	79.39
	2,000	0.78	0.65	0.19	5.38	78.83	1,743	0.91	0.73	0.19	9.64	1,750.3	0.68	0.50	0.15	6.89	79.39
5,000	2.94	0.10	0.34	0.79	56.38		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total VII	16,000	2.31	0.24	0.40	2.28	66.01	17,351	3.43	0.55	0.58	2.90	17,404.3	2.56	0.38	0.47	2.07	79.39
<b>TOTAL</b>	<b>102,300</b>	<b>2.53</b>	<b>1.11</b>	<b>0.23</b>	<b>3.02</b>	<b>81.39</b>	<b>96,900</b>	<b>3.37</b>	<b>1.55</b>	<b>0.32</b>	<b>3.54</b>	<b>97,198.4</b>	<b>2.52</b>	<b>1.07</b>	<b>0.26</b>	<b>2.53</b>	<b>79.39</b>

Tomada del departamento de Planeamiento

**Tabla 31. Resumen de tonelaje y leyes programadas, ejecutada y procesada, marzo y abril del 2022 en el Nv 4100**

**RESÚMEN DE TONELAJE Y LEYES - NV 4100**

MES DE MARZO

Sección	Ley Programada						Ley Real de Comunes					Ley Planta					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
I	21,000	2.29	1.14	0.20	4.11	92.57	21,579	2.58	1.51	0.25	5.80	21,464.2	1.68	0.97	0.18	4.43	73.01
II	34,000	2.57	1.30	0.19	3.37	90.31	31,387	2.74	1.75	0.22	4.64	31,220.2	1.79	1.12	0.16	3.55	73.01
IV	26,000	2.75	1.67	0.17	2.16	84.05	28,496	3.83	2.49	0.24	2.74	28,344.2	2.50	1.60	0.18	2.10	73.01
V	4,000	2.55	0.07	0.25	0.79	48.99	8,870	3.39	0.14	0.34	1.15	8,822.7	2.21	0.09	0.25	0.88	73.01
VII		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,901	2.57	1.38	0.28	1.96	3,900.6	1.67	0.88	0.20	1.50	73.01
	1,500	0.78	0.65	0.19	5.38	78.83	809	1.15	0.76	0.12	6.33	803.8	0.75	0.49	0.09	4.84	73.01
	3,000	2.25	0.22	0.39	3.62	79.02	1,742	2.21	0.24	0.30	3.39	1,730.0	1.44	0.15	0.22	2.59	73.01
	1,000	1.13	0.79	0.15	6.51	96.85	78	0.94	0.66	0.17	9.14	77.7	0.61	0.43	0.12	6.99	73.01
	1,500	0.75	0.59	0.13	5.65	79.85	2,097	1.25	0.96	0.26	13.55	2,083.3	0.81	0.62	0.19	10.36	73.01
	7,000	2.94	0.09	0.39	0.74	56.50	8,309	3.00	0.05	0.37	0.75	8,254.0	1.96	0.03	0.26	0.57	73.01
	4,000	2.06	0.10	0.24	0.92	43.71		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6,000	2.85	0.05	0.34	0.78	54.41	2,975	3.34	0.05	0.43	0.79	2,954.9	2.18	0.03	0.31	0.61	73.01
Total VII	24,000	2.34	0.19	0.31	1.98	61.20	19,910	2.63	0.45	0.33	2.83	19,804.3	1.71	0.29	0.24	2.16	73.01
III		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>109,000</b>	<b>2.50</b>	<b>1.07</b>	<b>0.21</b>	<b>2.82</b>	<b>81.33</b>	<b>110,243</b>	<b>3.02</b>	<b>1.53</b>	<b>0.26</b>	<b>3.77</b>	<b>109,655.6</b>	<b>1.97</b>	<b>0.98</b>	<b>0.19</b>	<b>2.88</b>	<b>73.01</b>

**RESÚMEN DE TONELAJE Y LEYES - NV 4100**

MES DE ABRIL

Sección	Ley Programada						Ley Real de Comunes					Ley Planta					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
I	26,000	2.03	0.99	0.20	4.03	86.44	22,945	2.67	1.37	0.29	5.68	22,945.6	1.80	0.83	0.21	4.38	84.32
II	15,000	2.48	1.29	0.18	3.17	86.76	19,812	2.44	1.19	0.20	3.35	19,812.6	1.64	0.72	0.15	2.58	83.25
IV	26,000	2.45	1.14	0.15	1.90	70.61	26,898	3.29	1.91	0.21	2.19	26,899.1	2.22	1.16	0.15	1.69	69.80
V	3,000	2.63	0.07	0.25	0.93	51.77	11,516	3.33	0.09	0.32	0.92	11,516.0	2.24	0.06	0.23	0.71	50.20
VII		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,528	2.26	0.91	0.38	11.01	4,528.3	1.52	0.56	0.28	8.48	0.00
	1,500	0.95	0.76	0.13	6.02	88.61	796	0.78	0.61	0.12	6.81	796.5	0.52	0.37	0.08	5.25	84.30
	2,000	2.36	0.24	0.37	3.80	82.34	2,338	2.83	0.27	0.41	4.54	2,338.1	1.91	0.16	0.30	3.50	81.20
	1,500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	738	1.07	0.71	0.19	7.96	737.9	0.72	0.43	0.14	6.13	0.00
	1,500	1.17	0.76	0.20	4.95	81.29	1,208	1.35	1.00	0.28	13.69	1,207.8	0.91	0.61	0.20	10.55	80.50
	6,500	2.73	0.08	0.37	0.69	52.50	58	2.28	0.03	0.22	0.54	57.6	1.53	0.02	0.16	0.42	50.10
	6,000	1.82	0.06	0.17	0.67	36.23	4,925	2.45	0.07	0.23	0.78	4,924.8	1.65	0.05	0.17	0.60	34.30
	4,000	2.70	0.05	0.34	0.79	52.44	4,099	3.29	0.04	0.30	0.69	4,098.7	2.21	0.03	0.22	0.53	50.10
Total VII	23,000	2.06	0.17	0.26	1.55	51.65	18,689	2.44	0.40	0.30	5.08	18,689.7	1.64	0.24	0.22	3.92	42.28
III		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>93,000</b>	<b>2.25</b>	<b>0.85</b>	<b>0.20</b>	<b>2.58</b>	<b>72.34</b>	<b>99,860</b>	<b>2.83</b>	<b>1.15</b>	<b>0.26</b>	<b>3.62</b>	<b>99,862.9</b>	<b>1.90</b>	<b>0.70</b>	<b>0.19</b>	<b>2.79</b>	<b>57.09</b>

*Tomada del departamento de Planeamiento*

**Tabla 32. Resumen de tonelaje y leyes programadas, ejecutada y procesada, mayo y resumen total del 2022 en el Nv 4100**

<b>RESÚMEN DE TONELAJE Y LEYES - NV 4100</b>																	
<b>MES DE MAYO</b>																	
Sección	Ley Programada						Ley Real de Comunes					Ley Planta					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
I	21,500	2.24	1.24	0.21	3.97	91.67	19,961	2.40	1.18	0.27	5.50	20,013.0	1.62	0.80	0.19	4.39	72.81
II	28,000	1.80	1.00	0.12	3.50	76.37	27,688	2.44	1.16	0.20	5.09	27,759.7	1.64	0.79	0.15	4.06	72.81
IV	24,000	2.80	1.28	0.14	2.08	78.93	21,164	3.31	1.46	0.18	2.15	21,219.2	2.24	0.99	0.13	1.71	72.81
V		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9,102	3.24	0.09	0.32	0.85	9,125.4	2.19	0.06	0.23	0.68	72.81
VII	2,000	1.60	0.59	0.29	6.25	100.74	6,479	1.88	1.15	0.37	12.66	6,479.3	1.27	0.78	0.27	10.09	72.81
	1,500	0.87	0.64	0.13	5.86	84.42	442	0.91	0.76	0.16	7.33	443.4	0.61	0.52	0.12	5.84	72.81
	3,000	2.16	0.22	0.33	3.62	76.82	2,969	2.56	0.33	0.63	4.30	2,981.6	1.73	0.23	0.46	3.43	72.81
	1,500	0.43	0.30	0.06	4.96	63.47	122	0.77	0.62	0.12	5.54	122.7	0.52	0.42	0.09	4.42	72.81
	1,500	1.84	1.21	0.34	9.50	146.81	208	1.00	0.87	0.17	8.21	208.8	0.68	0.59	0.12	6.55	72.81
	9,000	2.31	0.07	0.23	0.91	46.59	4,134	2.32	0.09	0.22	0.58	4,151.6	1.57	0.06	0.16	0.46	72.81
	6,000	1.86	0.04	0.21	0.65	37.04	2,746	2.39	0.07	0.25	0.87	2,757.1	1.62	0.05	0.18	0.69	72.81
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total VII	24,500	1.89	0.24	0.23	2.69	61.86	17,100	2.14	0.56	0.35	6.15	17,144.5	1.45	0.38	0.25	4.90	72.81
III		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>98,000</b>	<b>2.16</b>	<b>0.93</b>	<b>0.17</b>	<b>3.05</b>	<b>76.72</b>	<b>95,015</b>	<b>2.65</b>	<b>1.02</b>	<b>0.25</b>	<b>4.31</b>	<b>95,261.9</b>	<b>1.79</b>	<b>0.69</b>	<b>0.18</b>	<b>3.43</b>	<b>72.81</b>

<b>RESÚMEN DE TONELAJE Y LEYES - NV 4100</b>																	
<b>PERIODO ENERO A MAYO</b>																	
MES	Ley Programada						Ley Real de Comunes					Ley Planta					
	T.M. Prog	%Zn_Pg	%Pb_Pg	%Cu_Pg	OzAg_Pg	NSR_Program	T.M.S Rot	%Zn_Com	%Pb_Com	%Cu_Com	Oz_Ag_Com	T.M.S Trat	%_Zn	%_Pb	%_Cu	Oz_Ag	NSR_Planta
ENERO	109,000	2.32	0.83	0.24	2.75	75.50	109,098	3.33	1.29	0.36	3.39	109,140.1	2.47	0.91	0.27	2.52	76.60
FEBRERO	102,300	2.53	1.11	0.23	3.02	81.39	96,900	3.37	1.55	0.32	3.54	97,198.4	2.52	1.07	0.26	2.53	79.39
MARZO	109,000	2.50	1.07	0.21	2.82	81.33	110,243	3.02	1.53	0.26	3.77	109,655.6	1.97	0.98	0.19	2.88	73.01
ABRIL	93,000	2.25	0.85	0.20	2.58	72.34	99,860	2.83	1.15	0.26	3.62	99,862.9	1.90	0.70	0.19	2.79	57.09
MAYO	98,000	2.16	0.93	0.17	3.05	76.72	95,015	2.65	1.02	0.25	4.31	95,261.9	1.79	0.69	0.18	3.43	72.81
<b>TOTAL</b>	<b>511,300</b>	<b>2.36</b>	<b>0.96</b>	<b>0.21</b>	<b>2.77</b>	<b>77.58</b>	<b>511,116</b>	<b>3.05</b>	<b>1.31</b>	<b>0.29</b>	<b>3.72</b>	<b>511,118.9</b>	<b>2.13</b>	<b>0.87</b>	<b>0.22</b>	<b>2.82</b>	<b>73.73</b>

*Tomada del departamento de Planeamiento*