

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Aplicación del método *Cut & Fill* con circado y su  
influencia en el control de la dilución en el nivel 4455  
en Compañía Minera Santa Luisa S. A., Ancash -2021**

Erika Aracely Moreno Gaspar  
Erick Santiago Rojas Alvarez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTOS**

El mayor agradecimiento a Dios, a nuestras familias que son soporte y nos fortalecen para continuar en el camino de la vida, a Pronabec por brindarnos la oportunidad de seguir educándonos, a nuestro estimado asesor Javier Córdova Blancas, por su predisposición, enseñanza y guía en este proceso; a nuestros amigos que fueron parte de este proceso y quienes confiaron en nosotros para ser realidad el presente proyecto.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional, a nuestros maestros de la Universidad Continental por compartirnos su conocimiento y experiencia.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	18
1.1.1. Planteamiento del problema.....	18
1.1.2. Formulación del problema.....	19
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. Justificación e Importancia.....	20
1.3.1. Justificación social – práctica.....	20
1.3.2. Justificación académica.....	20
1.3.3. Justificación económica.....	20
1.3.4. Importancia.....	20
1.4. Hipótesis de la investigación.....	21
1.4.1. Hipótesis general.....	21
1.4.2. Hipótesis específicas.....	21
1.5. Identificación de variables.....	21
1.5.1. Variable independiente.....	21
1.5.2. Variable dependiente.....	21
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación:.....	23
2.2. Generalidades de compañía minera Santa Luisa S.A.....	25
2.2.1. Ubicación.....	25

2.2.2. Accesibilidad.....	26
2.3. Marco geológico .....	26
2.3.1. Geomorfología.....	26
2.3.2. Geología regional .....	27
2.3.3. Geología local.....	29
2.3.4. Geología estructural .....	31
2.3.5. Geología económica.....	31
2.4. Geomecánica .....	32
2.4.1. Caracterización de la masa rocosa.....	32
2.4.2. Características estructurales: .....	39
2.4.3. Clasificación geomecánica de la masa rocosa .....	42
2.4.4. Zonificación geomecánica de la masa rocosa .....	44
2.4.5. Resistencia de la masa rocosa .....	49
2.4.6. Condiciones de agua subterránea .....	50
2.5. Método de explotación.....	51
2.5.1. Minado.....	53
2.5.2. Diseño de la mina .....	54
2.5.3. Infraestructura de la mina .....	54
2.5.4. Desarrollos .....	55
2.5.5. Preparaciones. ....	55
2.5.6. Infraestructura de servicios.....	56
2.6. Diseño de explotación.....	57
2.6.1. Consideraciones geomecánicas .....	57
2.6.2. Secuencia de método de minado.....	57
2.7. Secuencia de minado .....	58
2.7.1. Riego y desatado.....	58
2.7.2. Limpieza y acarreo .....	58
2.7.3. Sostenimiento.....	59
2.7.4. Perforación .....	59
2.7.5. Voladura .....	60
2.7.6. Transporte de mineral.....	63
2.8. Plan de producción .....	63
2.9. Programa de minado del tajo L-598 V5 en el nivel 4455 .....	64
2.9.1. Programa de producción mineral .....	64

2.9.2. Programa de avance .....	65
2.9.3. Programa de relleno .....	66
2.10. Minado con el método cut and fill con circado en el tajo L-598 V5 .....	67
2.10.1. Preparación .....	67
2.10.2. Producción .....	68
2.11. Cálculo de dilución del tajo L-598 V5 .....	69
2.12. Minado con el método <i>cut &amp; fill</i> con circado en el tajo L-598 V5 .....	70
2.12.1. Malla de perforación .....	71
2.12.2. Primer corte .....	72
2.12.3. Segundo corte – circado en realce .....	73
2.13. Cálculo de dilución del tajo L-598 V5 aplicando el circado en realce .....	75
2.14. Costos unitarios del método de minado <i>cut &amp; fill</i> con circado en realce ...	76
2.14.1. Parámetros de minado .....	76
2.14.2. Precios unitarios .....	76
2.14.3. Precios unitarios por metro de avance .....	77
2.14.4. Precios unitarios en metros cúbicos por <i>breasting</i> .....	78
2.14.5. Precios unitarios en metro cúbico por circado en realce .....	79
2.14.6. Precio unitario por metro cubico en desquinche mineral .....	80
2.15. Costo de operación .....	81
2.16. Costo de transporte .....	83
2.17. Costo de planta .....	84
2.18. Definición de términos básicos .....	85
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	87
3.1. Método y alcances de la investigación .....	87
3.1.1 Método de la investigación .....	87
3.2. Diseño de la investigación .....	87
3.2.1. Tipo de investigación .....	87
3.2.2. Nivel de investigación .....	88
3.2.3. Diseño de la investigación .....	88
3.3. Población y muestra .....	88
3.3.1. Población .....	88
3.3.2. Muestra .....	88
3.4. Técnica e instrumentos para la recolección de datos .....	89
3.4.1. Técnicas utilizadas para la recolección de datos .....	89



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	90
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	90
4.1.1. Análisis de la dilución del mineral del tajo L-598 V5. ....	90
4.1.2. Análisis del método <i>cut &amp; fill</i> con circado en realce.....	91
4.1.3. Análisis de la distribución de taladros de perforación en el circado.....	92
4.1.4. Análisis del costo unitario de avances en metros lineales y rotura en metros cúbicos. ....	93
CONCLUSIONES .....	96
RECOMENDACIONES .....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98
ANEXOS.....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	22
Tabla 2. Mapeo geomecánica por celdas .....	33
Tabla 3. Conjunto de discontinuidades estructuras mayores, fallas .....	34
Tabla 4. Conjunto de discontinuidades estructurales inferiores .....	35
Tabla 5. Clasificación RMR y colores en CMSL .....	42
Tabla 6. Resumen de RMR de la roca- Pallca.....	43
Tabla 7. Propiedades de la masa rocosa .....	50
Tabla 8. Presencia de agua en labores, mina Pallca.....	50
Tabla 9. Desarrollos y preparaciones en la mina.....	54
Tabla 10. Plan de producción veta Berlín.....	63
Tabla 11. Programa de producción del tajo L-598 V5 .....	64
Tabla 12. Programa de Avance en el tajo L-598 V5 .....	65
Tabla 13. Programa de Relleno tajo L-598 V5.....	66
Tabla 14. Dilución de mineral del tajo L-598 V5 .....	69
Tabla 15. Dilución de mineral del tajo L-598 V5 mayo 2021 .....	76
Tabla 16. Precio unitario por metros en avance .....	77
Tabla 17. Precio unitario por metros en avance .....	78
Tabla 18. Precio unitario por metros cúbicos en circado en realce desmante .....	79
Tabla 19. Precio unitario por metros cúbicos en desquinche mineral .....	80
Tabla 20. Costo de operación .....	81
Tabla 21. Costo de transporte.....	83
Tabla 22. Costo de planta .....	84
Tabla 23. Cuadro de dilución de mineral en el tajo L-598 V5 .....	91
Tabla 24. Cuadro de análisis de costos del método cut & fill con circado en realce .....	92
Tabla 25. Cuadro de análisis de costos de explosivos .....	93
Tabla 26. Costos unitarios de operaciones mina en avance, breasting y realce .....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la mina.....	26
Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad Pallca.....	29
Figura 3. Sección geológica de la mina Pallca .....	30
Figura 4. Sección geológica de la mina Pallca en planta.....	31
Figura 5. Ploteo de dispersión de polos del compósito de fallas .....	35
Figura 6. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de fallas Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's .....	36
Figura 7. Planos principales del compósito de fallas .....	36
Figura 8. Rosetas del compósito de fallas.....	36
Figura 9. Ploteo de dispersión de polos de compósito de discontinuidades inferiores. ....	37
Figura 10. Concentración de los polos del compósito de discontinuidades inferiores .....	37
Figura 11. Compósito de discontinuidades menores .....	37
Figura 12. Rosetas de compósito de discontinuidades menores.....	38
Figura 13. Caliza: RMR aproximado 62 (41-69) .....	45
Figura 14. Caliza Alterada: RMR aproximado 42 (32-58) .....	46
Figura 15. Skarn: RMR aproximado 57 (46-71).....	46
Figura 16. Skarn Alterado: RMR aproximado 31 (20-44).....	47
Figura 17. Skarn-Mineral: RMR aproximado 61 (52-73) .....	47
Figura 18. Lutita: RMR aproximado 44 (40-53) .....	48
Figura 19. QP: RMR aproximado 52 (39-58).....	48
Figura 20. Brecha: RMR aproximado 23 (16-29).....	49
Figura 21. Ciclo de minado del método cut & fill (corte y relleno) .....	53
Figura 22. Plano de desarrollo de Pallca.....	55
Figura 23. Plano de preparación para el ingreso a un block de mineral. ....	56
Figura 24. Plano de infraestructura de servicios.....	57
Figura 25. Riego y desate de rocas.....	58
Figura 26. Limpieza y acarreo .....	59
Figura 27. Limpieza y acarreo .....	59
Figura 28. Perforación.....	60

Figura 29. Carguío de explosivos .....	60
Figura 30. Malla de perforación .....	61
Figura 31. Distribución de los taladros y carguío .....	62
Figura 32. Accesorios y explosivos que se utilizan .....	63
Figura 33. Accesorios y explosivos que se utilizan .....	67
Figura 34. Plano del acceso al tajo L-598 V5 .....	67
Figura 35. Circado de mineral en el tajo L-598 V5 .....	68
Figura 36. Plano geológico del tajo L-598 V5 minado .....	68
Figura 37. Circado de mineral en el tajo L-598 V5 .....	69
Figura 38. Plano en planta del circado en realce en el tajo L-598 V5 .....	70
Figura 39. Plano en perfil del circado en realce en el tajo L-598 V5 .....	70
Figura 40. Plano en planta y perfil de la malla de perforación del circado en realce en el tajo L-598 V5 .....	71
Figura 41. Carguío del circado en realce.....	72
Figura 42. Perforación del frente en circado.....	72
Figura 43. Carguío de desmonte en el frente después de realizar limpieza de mineral .....	73
Figura 44. Circado en realce del tajo L-598 V5 .....	73
Figura 45. Perforación del circado en realce del tajo L-598 V5 .....	74
Figura 46. Voladura y relleno del circado en realce del tajo L-598 V5 .....	74
Figura 47. Ciclo de perforación y relleno del tajo L-598 V5 .....	75
Figura 48. Segundo corte del tajo L-598 V5.....	75

## RESUMEN

La investigación tiene como objetivo el control de la dilución de mineral mediante el método *cut & fill* con circado en el nivel 4455 que pertenece a la unidad minera Pallca de la compañía Santa Luisa.

Para la tesis, se emplea el método analítico, también es de carácter explicativo. La investigación fue aplicada, ya que se observan los resultados de la aplicación del método *cut & fill* con circado para el control de la dilución de mineral. Para la recolección de datos fue importante la revisión documentaria, los mapeos geológicos y geomecánicos correspondiente a la unidad minera Pallca.

Finalmente, se concluye con el análisis técnico-económico de la aplicación del método *cut & fill* con circado en el tajo L-598 V5 del nivel 4455, también se realiza el mismo análisis con los costos de mina y transporte.

La implementación del método *cut & fill* con circado aplicado en el tajo L-598 V5, por el tipo de roca que presenta, permite la reducción de costos operativos y la disminución de la dilución de mineral en 4.62 %, ya que las cajas son de tipo regular con contacto de panizo en el mineral , también facilitó en los trabajos de relleno detrítico del tajo, puesto que se procedió a topear el desmonte y realizar la transferencia de desmonte de la cámara de acumulación de desmonte al tajo reduciendo las horas de relleno.

De acuerdo a la evaluación económica, la implementación del método *cut & fill* con circado reduce costos de voladura en 421.66 \$/mes de acuerdo al programa de producción.

Según el precio unitario de avance por metro lineal y rotura en metros cúbicos, el método *cut & fill* con circado resulta más barato que el método *cut & fill*, obteniéndose \$24.39 por metro cúbico al utilizar el último y \$23.63 por metro cúbico al utilizar el primero.

El costo de operación presupuestal para la mina, incluido el costo de transporte y electricidad, es de \$31.12 por tonelada de mineral, con el método *cut & fill* en enero y febrero se llegó a obtener el costo presupuestal de \$47.51 por tonelada de mineral, siendo esta muy excesiva por temas de dilución y problemas operacionales. En el mes de mayo, se utilizó el método *cut & fill* con circado en el cual se obtuvo \$30.88 por tonelada, lo cual genera una reducción por debajo del costo de operación del presupuesto de la minera Pallca - Santa Luisa.

**Palabras clave:** cut & fill, circado, optimización, costos de operación, precio unitario, costo presupuestal.

## ABSTRACT

The objective of the investigation is to control mineral dilution by means of the cut & fill method with a level of 4455 that belongs to the Pallca mining unit of the Santa Luisa company.

For the thesis the analytical method is used, it is also explanatory. The research was applicative, since the results of the application of the cut & fill method with circado for the control of mineral dilution are observed. For data collection, the documentary review, geological and geomechanical mapping corresponding to the Pallca mining unit was important.

Finally, we conclude with the technical-economic analysis of the application of the cut & fill method with circado in the pit L-598 V5 of level 4455, the same analysis is also carried out with the mining and transportation costs.

The implementation of the cut & fill method with circado applied in the L-598 V5 pit due to the type of rock it presents allows the reduction of operating costs and the reduction of mineral dilution by 4.62% since the boxes are of a regular type with contact of panizo in the mineral, it also facilitated the work of filling the pit detritus since it proceeded to butt the waste and carry out the transfer of waste from the waste accumulation chamber to the pit, reducing filling hours.

According to the economic evaluation, the implementation of the cut & fill method with circado reduces blasting costs by 421.66 US \$ / month according to the production schedule.

According to the unit price of advance per linear meter and breakage in cubic meters, the cut & fill method with circado is cheaper than when applying the cut & fill method, obtaining US \$ 24.39 per cubic meter when performing the cut & fill method and 23.63 US \$ per cubic meter when performing the cut & fill method with circado.

The budgeted operating cost for the mine including the cost of transportation and electricity is 31.12 US \$ per ton of mineral, with the cut & fill method in January and February the budgeted cost of 47.51 US \$ per ton of mineral was obtained. This being very excessive due to dilution issues and operational problems, in the month of May, using the cut & fill method with circado, 30.88 US \$ per ton is obtained, generating a reduction and being below the operating cost of the mining budget. Pallca - Santa Luisa.

**Keywords:** Cut & Fill, circado, optimization, operating costs, unit price, budget cost.



## INTRODUCCIÓN

El método *cut & fill* es bastante usado en diferentes empresas mineras en Perú como también en los distintos países de Sudamérica, el cual tiene como finalidad extraer el mineral valioso a un bajo costo de operación para que esta sea rentable.

En estos tiempos, para una empresa es muy importante optimizar los costos operacionales al máximo; es decir, producir mayor cantidad con un bajo costo, es por ello que muchas empresas tienden a realizar variables de métodos de explotación y también combinarlas como es el método *cut & fill* con circado, el cual garantiza un bajo costo de operación controlando la dilución de mineral y las leyes de zinc, plomo, cobre y plata.

En el primer capítulo, se da a conocer el planteamiento del problema, la justificación e importancia de la investigación. Actualmente, la dilución de mineral es un problema diario ya que el terreno es muy variante, esto afecta la operación y produce la contaminación del mineral al realizar la voladura disminuyendo las leyes del mineral.

En el segundo capítulo, se exponen los antecedentes y bases teóricas del trabajo de investigación. Para determinar la dilución producida mensualmente y las leyes de mineral, estos son medidos mediante el cálculo con los mapeos geológicos, para lo cual se realizan las cubicaciones del área de mineral y el área del desmonte; también se lleva el control de mineral extraído. Así, se tiene una mejor visión de la mina.

En el tercer capítulo, se revela el método, el alcance y el diseño de la investigación. En la presente investigación predomina el aplicativo, ya que se aplicará el método *cut & fill* con circado para el cálculo de dilución, costos de perforación, voladura, aceros y relleno.

En el cuarto capítulo, se muestran los resultados de la investigación, el análisis la influencia de los factores geomecánicos, geológicos, económicos y operacionales, también la interpretación de los resultados, el método *cut & fill* con circado en la unidad Pallca solo se usa en tajos especiales de roca competente ya que no se puede realizar en tajos con rocas fracturadas o con presencia de fallas.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

La minería es el sector más imponente para la economía en el Perú por lo cual somos considerados uno de los primeros países en Sudamérica donde se observa mayor inversión en minería, con unos resultados satisfactorios y destacados con la presencia de empresas líderes de la minería mundial.

En el Perú, existen diversas morfologías de vetas de mineral económicas, los cuales son evaluados para su extracción según los métodos de explotación conocidos que van a depender de las características de la roca y la morfología del yacimiento para su extracción. Actualmente, las mineras buscan aumentar la producción y reducir los costos operacionales, en tal sentido se sabe que esto incrementa si no se cumple el programa mensual de operaciones, para ello se tiene como meta mejorar los niveles de rentabilidad buscando nuevas formas de optimización en los costos unitarios.

En la minera Santa Luisa se explota los siguientes minerales económicos que son Pb, Cu, Zn y Ag que se presentan en bloques con una potencia de 1.5 metros a 8 metros de ancho con un buzamiento de 70 a 85 grados. El método de explotación aplicado por la minera Santa Luisa es *cut & fill* o también conocido como corte y relleno ascendente que consiste en la explotación horizontal con cara libre en su mayoría, las vetas son de 1.5 metros a 2 metros de ancho por lo

que es conveniente aplicar el circado, donde el principal problema es la dilución ya que el mineral en su mayoría está en contacto con panizo, relleno o calizas y esto genera que cuando se realiza la voladura se desprenda parte del desmonte cubriendo encima del mineral o viceversa.

En tal sentido se tuvo que modificar el método de explotación, en este caso se adoptó usar el circado que disminuye notablemente la dilución como también reduce los costos de mina, además permite generar un piso que ayuda al jumbo a perforar la veta.

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

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

¿Cuál es la influencia de la aplicación del método *cut & fill* con circado en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021?

#### **b) Problemas específicos**

¿Cuál es la influencia de la aplicación del diseño de malla de perforación en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021?

¿Cuál es la influencia de los costos en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021?

### **1.2. Objetivos**

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

Determinar la influencia de la aplicación del método *cut & fill* con circado en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

Determinar cuál es la influencia de la aplicación del diseño de malla de perforación en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash – 2021.

Determinar cuál es la influencia de los costos en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash – 2021.

### **1.3. Justificación e Importancia**

#### **1.3.1. Justificación social – práctica**

La investigación brindará grandes mejoras al sector minero, puesto que se podrá visualizar un mayor enfoque respecto a la productividad y costos. En la actualidad, es importante en toda operación minera el incremento de la productividad que va de la mano con la reducción de costos, para garantizar y continuar con la rentabilidad económica de la empresa minera logrando generar un incremento en las utilidades anuales.

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

El desarrollo de la investigación servirá como antecedente para las futuras investigaciones y ayudará a las empresas a tener una mejora en la rentabilidad económica y operacional aplicando un método con mayor eficacia en el control de la dilución de mineral, obteniendo buenos resultados económicos y la reducción de costos.

Asimismo, se buscará cumplir las normas del reglamento de seguridad y salud ocupacional, tipificado en el decreto supremo N°024 – 2016. E.M. y su modificatoria D.S. N°023 – 2017. E.M.

#### **1.3.3. Justificación económica**

La presente tesis pretende mejorar el costo y la productividad controlando la dilución en el proceso del ciclo de minado, lo cual generará una mayor rentabilidad económica ya que mejorará las leyes del mineral extraído para poder ser tratados en planta y tener mayor beneficio económico.

#### **1.3.4. Importancia**

La presente investigación servirá como antecedentes para las futuras investigaciones, la cual será aplicada en otras unidades para mejorar en el área de métodos de explotación preferentemente.

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

### **1.4.1. Hipótesis general**

La aplicación del método *cut & fill* con circado influye positivamente en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

La malla de perforación influye positivamente en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021.

Los costos influyen positivamente en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021.

## **1.5. Identificación de variables**

### **1.5.1. Variable independiente**

Método Cut & Fill con circado

### **1.5.2. Variable dependiente**

Control de la dilución

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
		DIMENSION	SUBDIMENSION
<b>VI:</b> Método de circado	Es un método de minado selectivo en estructuras de mineral de poca potencia en la que se extrae primero el material no económico y posteriormente el mineral de alta ley.	Es un método de minado selectivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de malla de perforación.</li> <li>• Costos</li> </ul>
<b>VD:</b> control de dilución	La dilución ocurre cuando el mineral se mezcla con una cantidad considerable de material detrítico, diluyendo la concentración de leyes.	Concentración de ley de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilución de mineral.</li> <li>• Ley de mineral.</li> </ul>

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación:

- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada: *“Explotación de vetas angostas con métodos de circado - corte y relleno ascendente para mejorar productividad – unidad minera Virgen de Chapi 87 de ICA S.A.C- 2019”*. La investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la explotación de vetas angostas con métodos de circado permite mejorar la productividad en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. Se tuvo como hipótesis la explotación de vetas angostas con métodos de circado en corte y relleno ascendente permite mejorar positivamente la productividad en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. Se concluye que la explotación de vetas angostas con el método de circado en corte y relleno ascendente permite mejorar positivamente la productividad en la unidad minera Virgen de Chapi 87 de Ica S.A.C. (1)
  
- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada: *“Explotación de vetas angostas mediante los métodos de circado – corte y relleno ascendente de la veta maría elena – unidad minera eureka – cía. minera Cháparra”*. La investigación tuvo como objetivo explicar la explotación de vetas angostas de oro mediante los métodos de circado – corte y relleno ascendente de la veta María Elena - unidad minera Eureka – cía. minera Cháparra, de manera racional y sostenible, seleccionando la tecnología adecuada en función de la magnitud y características de su yacimiento, de tal



manera que garantice una producción constante y de buena calidad. Se concluye que se ha seleccionado el método de corte y relleno ascendente convencional, debido a la necesidad de obtener un mineral con el mínimo de dilución (10 %), y aprovechar el efecto de la gravedad. Se incluye el circado que viene a ser la rotura del mineral de veta para obtener mineral con alta ley, mientras que el material de las cajas servirá como relleno del tajo. (2)

- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada: *“Rentabilidad en la recuperación de puentes y pilares por el método de explotación de circado en la minería artesanal de la comunidad campesina de Llacuabamba – Parcoy – Patáz – La Libertad”*. La investigación tuvo como objetivo minimizar y/o eliminar la dilución que hay durante el proceso de explotación con la aplicación del método de circado en las labores de los artesanos de Llacuabamba. El trabajo concluye que el método de circado utilizado en la recuperación de puentes y pilares permite recuperar un 17,4 % TN más de mineral con respecto a una voladura de todo el tajeo. (3)
- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada: *“Mejoramiento del proceso de minado para el control de dilución y leyes de mineral en la concesión minera El Extraño, Consorcio Peruano de Minas S.A.C. 2019”*. La investigación tuvo como objetivo el mejoramiento del proceso de minado para el control de dilución y leyes de mineral en la concesión minera “El Extraño” - Consorcio Peruano de Minas S.A.C. en el año 2019. Se concluyó que se mejoró el proceso de minado con el control de dilución y leyes de mineral en la concesión minera “El Extraño” - Consorcio Peruano de Minas S.A.C. en el año 2019. (4)
- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada: *“Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforación, voladura y acarreo: caso práctico; una mina subterránea del norte”*. La investigación tuvo como objetivo optimizar el porcentaje (%) de dilución de los tajos teniendo en cuenta el ajuste en la sección de diseño, mejorando en los procesos de perforación, voladura y acarreo. Se concluyó que la sección de diseño de 3.5x3.5 m, ayudó a mejorar la ley de cabeza, muestra de ello es el incremento

en la ley equivalente de Zn en las reservas por lo tanto los márgenes operativos aumentaron. (5)

- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas titulada “*Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la mina Marsa-Retamas*”. Se tuvo como objetivo reducir el porcentaje de dilución en los tajos de producción. Al reducir la dilución se está reduciendo costos en aceros, explosivo, acarreo y energía por lo cual se cuenta con una mejor condición de trabajo lo cual reducirá el índice de accidentabilidad, se concluyó que se ha logrado la optimización de perforación y voladura con la malla propuesta lo cual se traduce en mejor control de dilución, mayor control en el macizo rocoso y reducción del factor de potencia que indica el menor consumo de explosivos. (6)

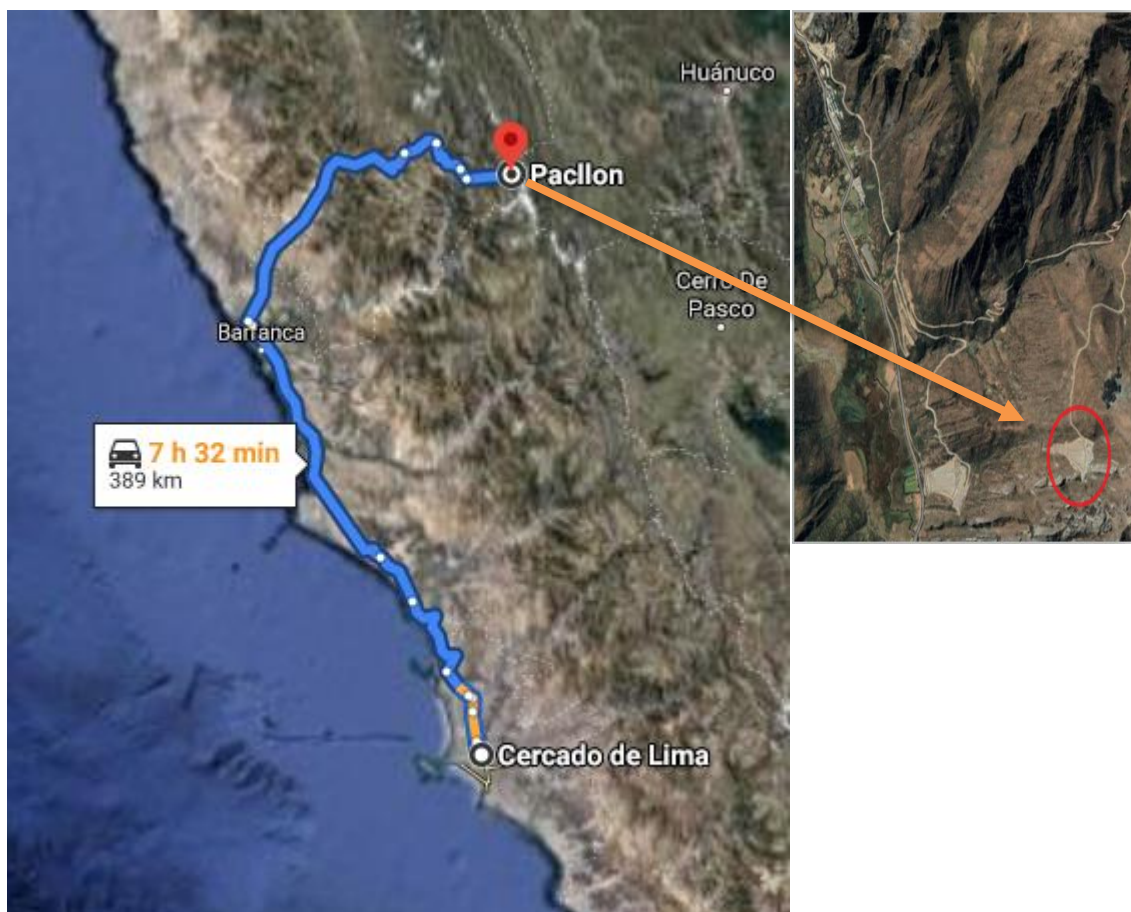
## **2.2. Generalidades de compañía minera Santa Luisa S.A.**

### **2.2.1. Ubicación**

La mina Pallca está ubicada en la localidad de Llamac, distrito de Pacllón, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash. Está comprendida entre una altura de los 3800 a 5000 m s. n. m.

Está situado a 210 km al norte de Lima y a 40 km al sur de la mina Huanzalá de la Cía. Minera Santa Luisa S.A. subsidiaria de Mitsui Mining Smelting.

COORDENADAS UTM		
NORTE	ESTE	ALTITUD
8'870,249.380N	285,497.220E	3,800 a 5,000 m s. n. m.



*Figura 1. Mapa de ubicación de la mina Tomado de Google Maps*

### 2.2.2. Accesibilidad

El acceso a la unidad minera Pallca se efectúa por vía terrestre, tal como se detalla en el siguiente cuadro, además se debe tener en cuenta la ruta trocha carrozable del campamento a la mina, que son en un total de 5 km.

Ruta origen	Ruta	Kilómetros
LIMA	Pativilca – Conococha – Huanzala - Pallca	496 km
	Pativilca – Pachacoto – Huanzala - Pallca	530 km
	Huánuco – La Unión – Huallanca - Pallca	590 km

## 2.3. Marco geológico

### 2.3.1. Geomorfología

La zona de estudio presenta un paisaje, con sus picos y nevados como el Yerupajá, Jirishinca, Rondoy, Rasac, entre otros. (7)

El área lo constituyen principalmente cinco quebradas que conforman el drenaje principal de la zona, sus causas son un tanto estrechos debido a la actividad tectónica. (7)

### **2.3.2. Geología regional**

En el área de explotación del proyecto Pallca está situado en los depósitos del Cretáceo. (7)

Estratigráficamente la región se halla dominado por la presencia de rocas sedimentarias que van desde el Jurásico Superior, formación Chicama hasta el Terciario Medio, volcánicos Tsacra. (7)

#### **a) Grupo Goyllarisquizga**

- **Formación Chimú**

Es la formación más antigua de la región, constituido por *ortocuarcitas* de color gris claro a blanco, de grano medio, compacta y masiva con intercalaciones de lutitas de color negro. (7)

- **Formación Santa**

Consiste en sedimentos marinos fosilíferos conformadas por calizas gris-azuladas, el espesor de sus estratos varía desde 0.1m a 1.0m; algunas veces pueden presentar concreciones de Chert. (7)

- **Formación Carhuaz**

Consiste principalmente de sedimentos alterados de lutitas arenáceas laminadas de color gris oscuro a marrón mientras que las areniscas presentan una coloración gris pálido a marrón de grano fino a medio. (7)

- **Formación Farrat**

Constituye la unidad más discreta cuyo grosor es mínimo, yace directamente sobre la formación Carhuaz conformadas por cuarcitas areniscas laminadas de color gris pálido a blanco de grano medio a grueso con algunas intercalaciones de lutitas arenáceas. (7)

## **b) Grupo Machay**

- **Formación Pariahuanca o Inca**

Esta formación está constituida por calizas macizas compactas de grano medio a fino presenta una coloración gris-azulado en estratos de 1.0 a 2.0 m de espesor. Algunas veces presentan una ligera apariencia rugosa y cuando esto sucede puede asemejarse a las calizas del santa, también se pueden observar intercalaciones delgadas de areniscas, lutitas y cuarcitas. (7)

- **Formación Pariatambo**

Esta formación está conformada mayormente de sedimentos alterados lutitas negras y calizas bituminosas de color gris–oscuro a negro con contenidos de fósiles. Son frecuentes las intercalaciones de las calizas en estratos delgados.

- **Formación Jumasha**

Está constituido de sedimentos marinos calizas dolomíticas masivas de colores que van desde marrón naranja a marrón amarillento y gris. (7)

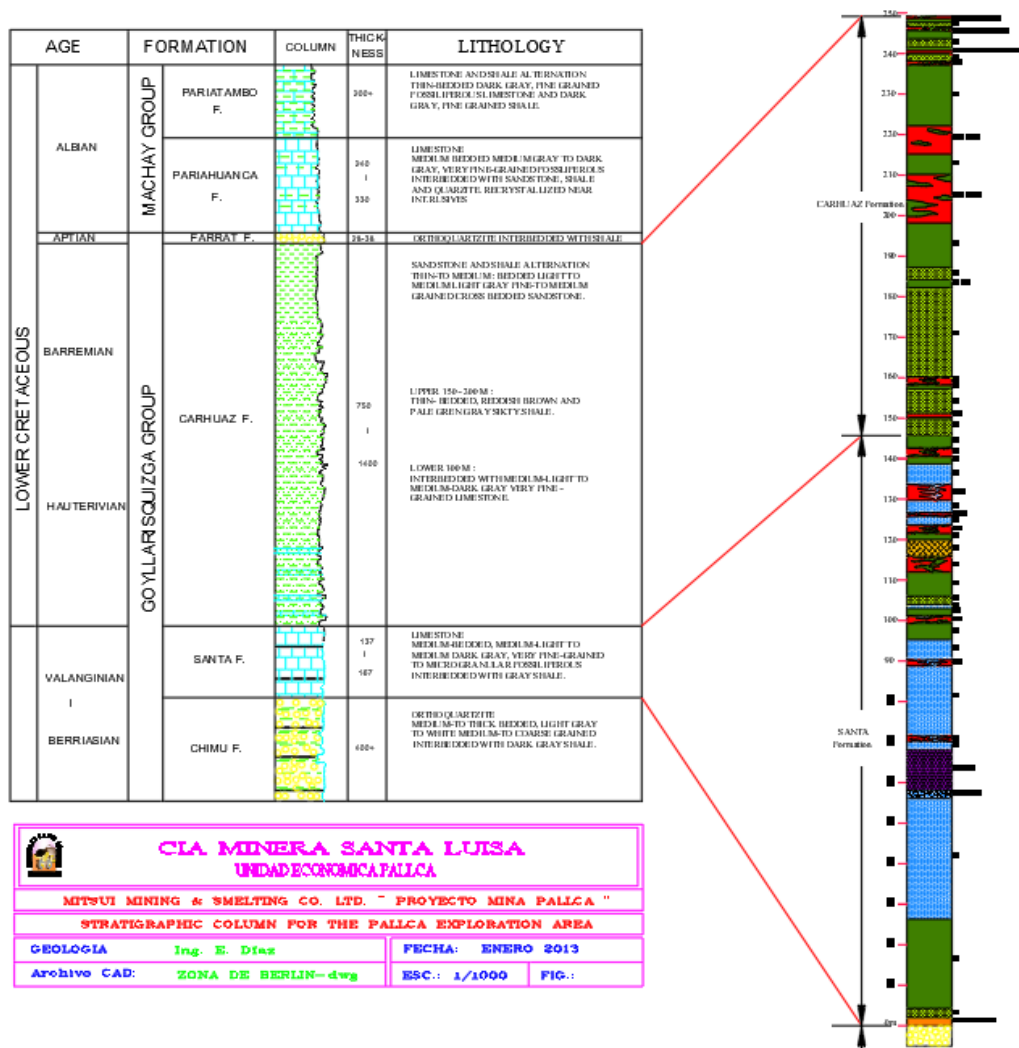
## **c) Rocas ígneas**

- **Rocas volcánicas extrusivas**

Estas rocas volcánicas presentan una textura afanítica a porfirítica de color gris verdoso y se encuentran compuestos de derrames lávicos y brechas de andesitas, dacitas y tobas de coloración muy variable. (8)

- **Rocas plutónicas intrusivas**

En intrusivos en sus diferentes formas como: stock, diques, sill, etc. su composición varía desde granodiorita, tonalita pórfido granítico y pórfido cuarcífero. Estas rocas en su mayoría presentan una textura equi-granular muy definida. (8)



**Figura 2. Columna estratigráfica de la unidad Pallca**  
Tomado de Departamento de Geología de la unidad minera Santa Luisa S. A.

### 2.3.3. Geología local

En el área de estudio, se han identificado cuatro diferentes tipos litológicos, se pueden nombrar en su orden de importancia en cuanto a su presencia a: la *Caliza*, principal tipo de roca (de la formación Santa en la zona de Berlín y de la formación Pariahuanca en la zona de Culebra mina); el *skarn*, producto del reemplazamiento meta somático para el emplazamiento del mineral; las *lutitas*, presente como intercalaciones entre las calizas; y el *Pórfido cuarcífero*, correspondiente a las rocas intrusivas. (8)

Las calizas de la formación Santa, suprayacendo a la formación Chimú, presentan pequeñas intercalaciones de lutitas negras, estas constituyen la principal zona de mineralización. La formación Santa se encuentra ampliamente expuesta sobre todo en la zona de Berlín. (9)

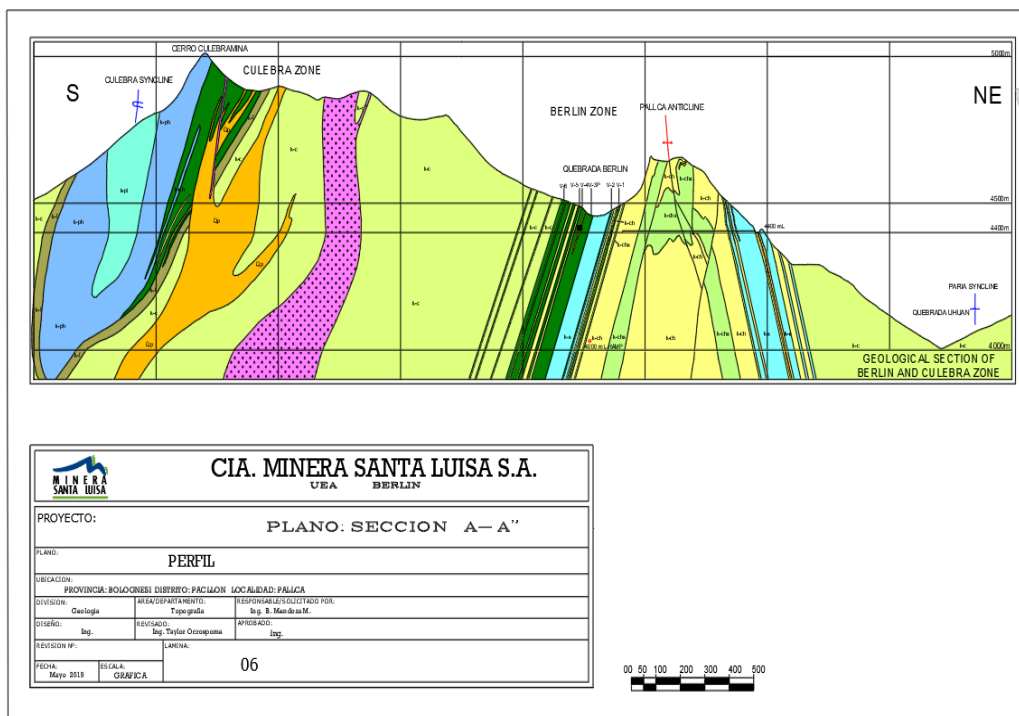
Las areniscas y lutitas de la formación Carhuaz presentan una coloración gris – oscuro a marrón de grano fino a medio. (9)

Ortocuarcitas de la formación chimú de color blanco de granulometría medio-grueso. (9)

Cuarcitas de la formación Farrat representa al tope del grupo Goyllarizquisga, se encuentra encima de la formación Carhuaz, presenta color blanco de grano medio a grueso. (9)

Calizas masivas de la formación Pariahuanca intercaladas con Lutitas y ocasionalmente con areniscas. (10)

En el área de Pallca se han diferenciado cuatro *stocks* que constituyen el complejo Culebra, desde el más antiguo al más joven son: de cuarzo porfírico, granodiorita, granito porfírico y tonalita que se emplazan entre el anticlinal de Pallca y el sinclinal de Culebra. (9)



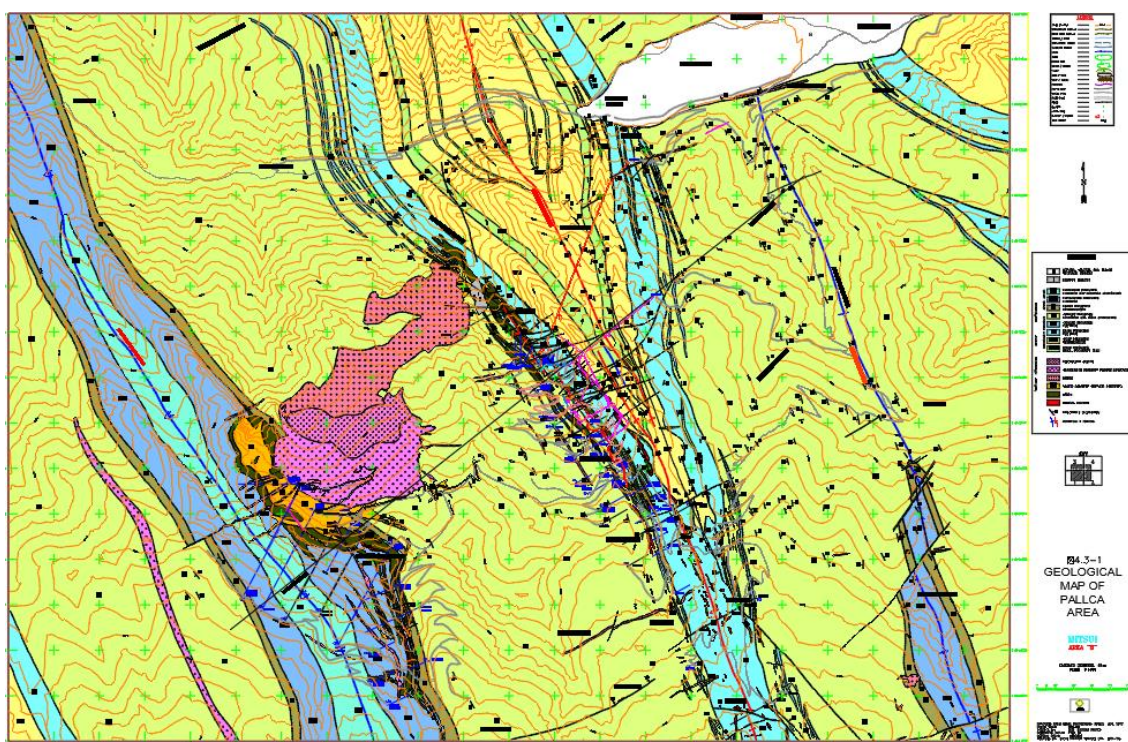
**Figura 3. Sección geológica de la mina Pallca Tomado del Departamento de Geología de la unidad minera Santa Luisa S. A.**

### 2.3.4. Geología estructural

La secuencia sedimentaria presente en el área de Pallca ha sufrido una fuerte deformación debido a la orogenia andina trayendo como resultado de estos la formación de: pliegues, fallas, fracturas, etc. (11)

El área está constituida por la presencia de dos anticlinales y tres sinclinales. Los ejes de los sinclinales se ubican en la zona de Asia, Rasac y Culebra; y los ejes de los anticlinales se encuentran en Pallca y Paria. (11)

Se pueden diferenciar dos sistemas de fallas inversas, en orden cronológico, se tiene: fallas transversales de rumbo, sistema NE – SW y buzamiento al NW entre 70 a 85°, fallas longitudinales de salto vertical paralelo al rumbo de los estratos con buzamientos entre 80° y 90° a lo largo de toda el área de estudio. (11)



**Figura 4. Sección geológica de la mina Pallca en planta**  
Tomado del Departamento de Geología de la unidad minera Santa Luisa S. A.

### 2.3.5. Geología económica

Los cuerpos mineralizados de Pb, Zn, Cu, Ag son considerados de origen hidrotermal originados por reemplazamiento meta somático de contacto



(exoskarn) en las calizas de las formaciones Santa, Carhuaz y Pariahuanca en las cuales se encuentran localizados importantes cuerpos mineralizados. (11)

Las estructuras mineralizadas del yacimiento de Pallca se presentan en forma estratiforme lenticular masiva diseminada. Los cuerpos mineralizados de Pb, Zn, Cu, Ag presentan una orientación y buzamiento paralelos al de los estratos y en promedio es de N 30° W y buzamiento de 60° a 80° al W. Los promedios de las potencias de las zonas de mayor importancia oscilan entre 2 y 12 metros, las extensiones del rumbo y buzamiento entre 50 y 150 m y entre 50 y 500 m respectivamente. Los mantos se formaron cerca al contacto skarn-caliza, lejanos del cuarzo porfirítico, con un rango muy variable en espesor y con un promedio de 10% de Zn. (11)

Los principales minerales de mena son: esfalerita, galena, calcopirita, argentita y molibdeno. Como minerales de ganga se tiene: pirrotita, pirita, magnetita, grosularia, clorita, epidota, augita, diópsido, calcita, limonita y hematita. (11)

## **2.4. Geomecánica**

### **2.4.1. Caracterización de la masa rocosa**

- **Registro de datos**

La lista de la información del macizo rocoso se generó a partir del mapeo de la masa rocosa en las labores subterráneas. Se logro a cabo utilizando el "método directo por celdas de detalle". Mediante este método se vienen realizando los cálculos sistemáticos de las labores.

Los parámetros de observación y medición fueron obtenidos en formatos de registro diseñado para este propósito, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Estos parámetros fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua.

Tabla 2. Mapeo geomecánica por celdas

			<b>TABLAS DE MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS</b>				U. MINERA :	BERLIN	
							CÓDIGO :	RG-01	
VERSIÓN :	02								
F. APROBACIÓN :	07/11/2018								
SECCIÓN :	GEOMECÁNICA								

Resistencia de la roca intacta			VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (RMR, BENIAWSKI)									
R6	Solo se rompe esquilas c/ la picota.	>250 MPa	<b>R. COMPRESIVA UNIAX.</b>	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)				
R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.	100 - 250 (MPa)	<b>R Q D (%)</b>	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)				
R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.	50 - 100 (MPa)	<b>ESPACIAMIENTO (m)</b>	>2 (20)	0,6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)				
R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.	25 - 50 (MPa)	<b>COND DE JUNTAS</b>	<b>Persistencia</b>	<1m long. (6)	1-3 m Lon. (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)			
				<b>Apertura</b>	Cerrada (6)	<1mm aper. (5)	0.1-1.mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)			
				<b>Rugosidad</b>	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)			
				<b>Relleno</b>	Limpia (6)	Duro<5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 m (1)	Suave>5 mm (0)			
R2	Se desconcha con dificul. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.	5 - 25 (MPa)		<b>Alteración</b>	Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)			
				<b>AGUA SUBTERRANEA</b>	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)			
R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla	1 - 5 (MPa)	<b>CORRECCIÓN POR ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES</b>	PERPENDICULAR AL EJE DE LA EXCAVACIÓN				PARALELO AL EJE DE LA EXCAVACIÓN		CUALQUIER DIRECCIÓN		
				A FAVOR		EN CONTRA						
				45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	0° - 20°		
				-12	-2	-5	-10	-12	-5	-10		
			<b>RMR</b>	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0		
			<b>DESCRIPCION</b>	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala		

Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – AyS GEOTECNIA

### 2.4.1.1. Aspectos litológicos

La zona delimitada, geomecánicamente, posee rasgos litológicos que diferencian los dominios estructurales: la zona de Roca Caliza, la cual es la más predominante, en algunos tramos. Esta caliza se presenta brechada y/o alterada (principalmente oxidación) disminuyendo su calidad. Existen también horizontes de lutitas de menor calidad geomecánica. La mineralización se ha dado en *skarn* con características geomecánicas de roca favorables para el minado. El pórfido y las cuarcitas del Chimú que pese a su elevada resistencia presentan notable fracturamiento.

### 2.4.1.2. Distribución de las discontinuidades

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades, se procesaron los datos orientacionales mediante técnicas estereográficas, utilizando la versión 5.103 de Rocscience Inc. (2004), del programa de cómputo Dips, elaborado por M.S. Diederichs y E. Hoek del Grupo de Ingeniería de Rocas del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto (Canadá).

Un resumen de estos resultados se presenta en las tablas 2 y 3, el primero relacionado a las estructuras mayores (sistema de fallas) y el segundo relacionado a las estructuras menores (discontinuidades como diaclasas principalmente). (12)

(Dirección del Buzamiento/Buzamiento-Rumbo/Buzamiento)

**Tabla 3. Conjunto de discontinuidades estructuras mayores, fallas**

Litología	Sistema 1	Sistema 2
Caliza	244°/69°	343°/70°
	S26°E/69°SW	N73°E/70°NW
Skarn – Mineral	248°/72°	345°/77°
	S22°E/72°SW	N75°E/77°NW
Pórfido Cuarcífero (QP)	236°/73°	344°/74°
	S34°E/73°SW	N74°E/74°NW
Compósito	245°/71°	349°/76°
	S25°E/71°SW	N76°E/76°NW

**Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**

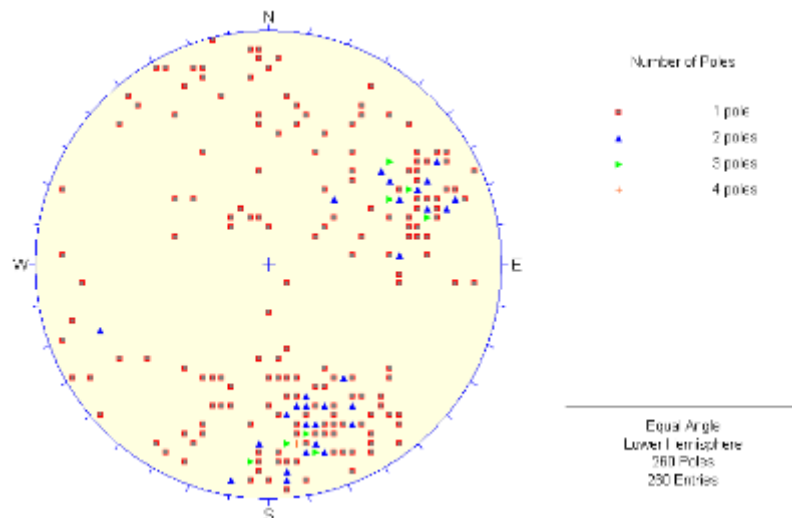
(Dirección del Buzamiento/Buzamiento-Rumbo/Buzamiento)

**Tabla 4. Conjunto de discontinuidades estructurales inferiores**

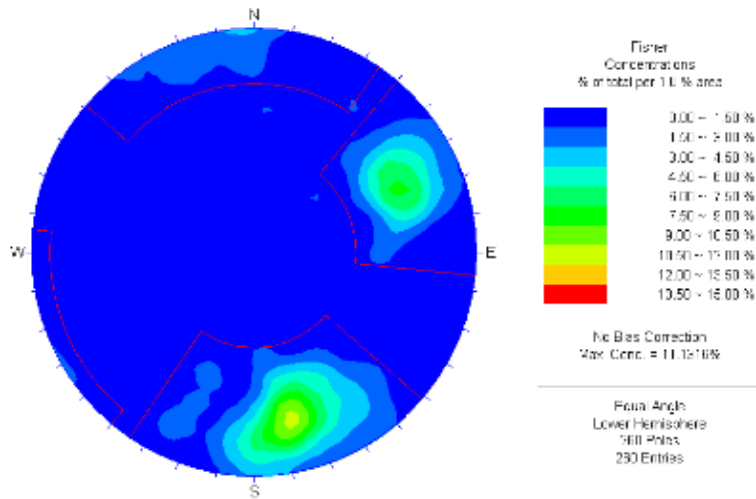
Litología	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Caliza	243°/66°	141°/26°	337°/78°	
	S27°E/66°SW	N51°E/26°SE	N67°E/78°NW	
Skarn – Mineral	243°/69°	345°/74°	130°/26°	
	S27°E/69°SW	N75°E/74°NW	N40°E/26°SE	
Pórfido Cuarcífero (QP)	351°/63°	139°/26°	247°/70°	161°/82°
	N81°E/63°NW	N49°E/26°SE	S23°E/70°SW	N71°E/82°SE
Lutita	243°/70°			
	S27°E/70°SW			
Compósito	243°/68°	345°/73°	145°/24°	
	S27°E/68°SW	N75°E/73°NW	N55°E/25°SE	

**Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**

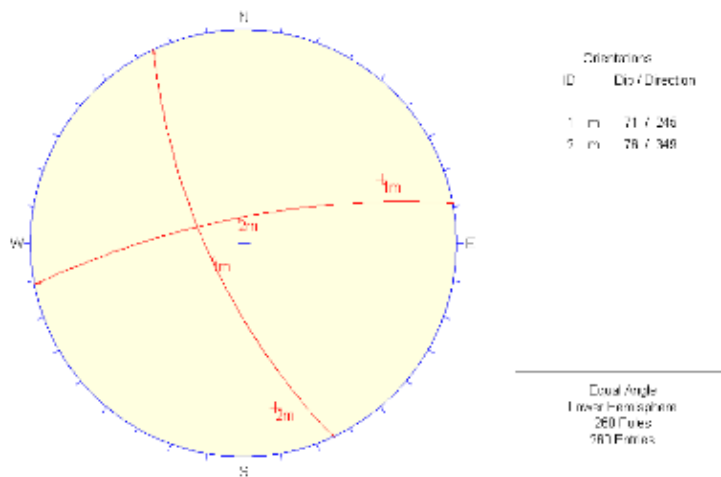
Los valores expuestos en la tabla N° 3, se analizaron con técnicas estereográficas (Ver ilustración N° 5 a N° 6). Para el estudio de manera estadística de polos se utilizó Fisher, considerando familias de discontinuidades con una concentración mayor al 12 % del total.



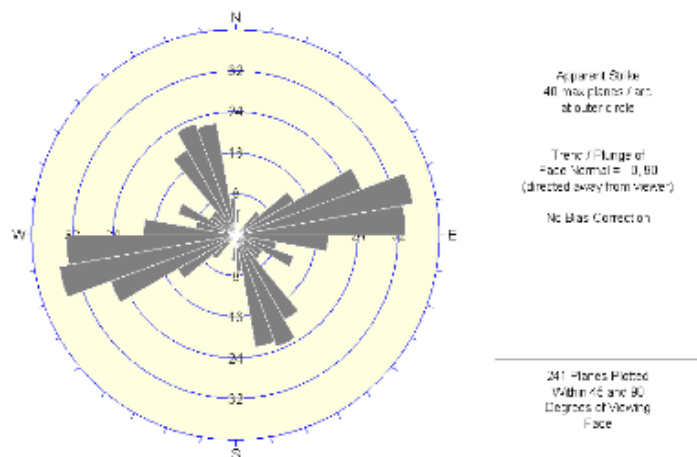
**Figura 5. Ploteo de dispersión de polos del compósito de fallas  
Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



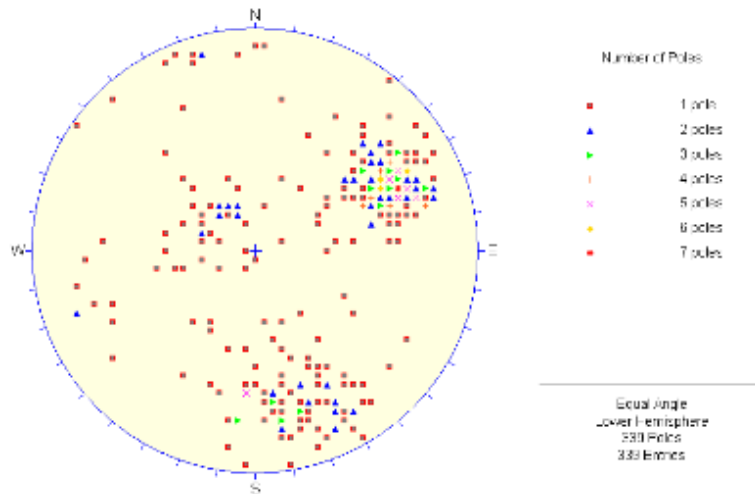
**Figura 6. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compuesto de fallas Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



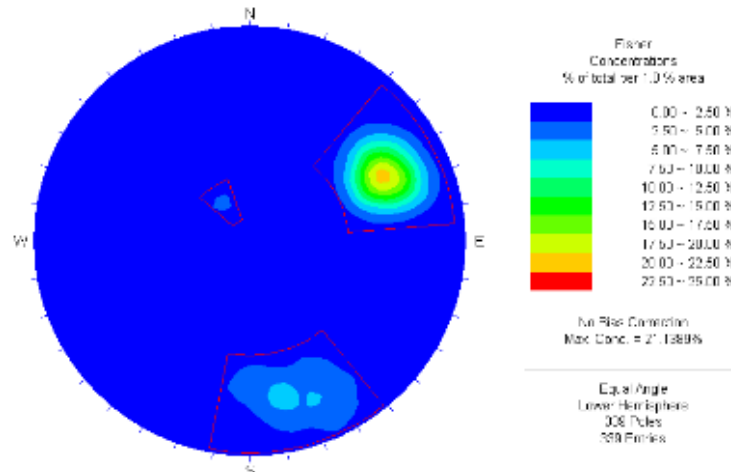
**Figura 7. Planos principales del compuesto de fallas Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



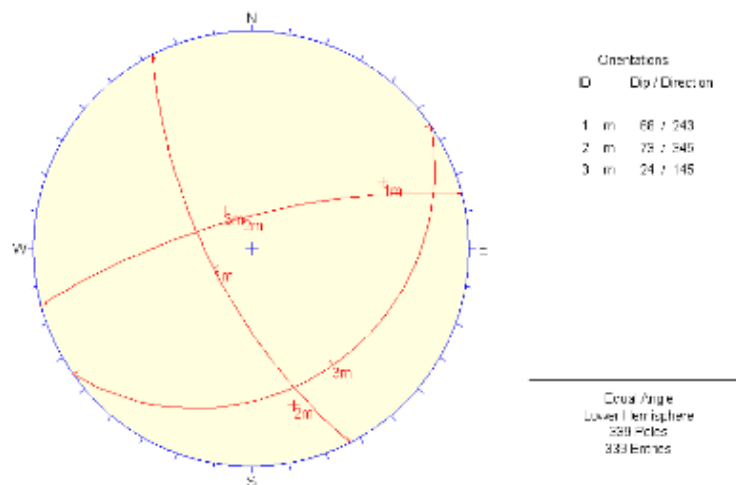
**Figura 8. Rosetas del compuesto de fallas Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



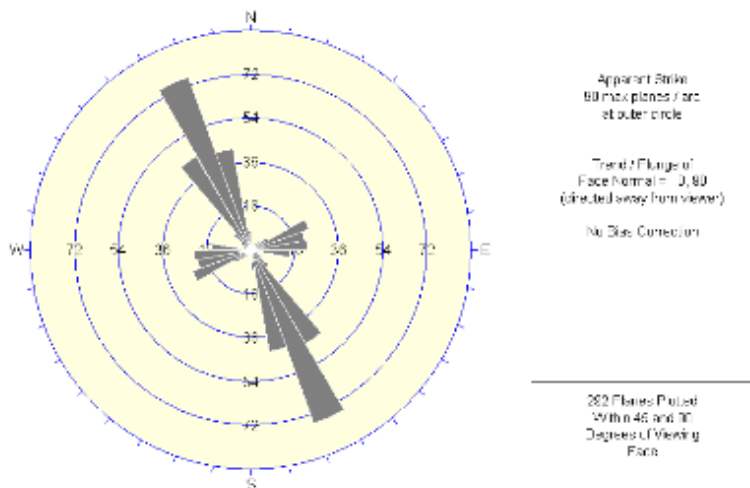
**Figura 9. Ploteo de dispersión de polos de compuesto de discontinuidades inferiores. Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



**Figura 10. Concentración de los polos del compuesto de discontinuidades inferiores Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



**Figura 11. Compósito de discontinuidades menores Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**



**Figura 12. Rosetas de compuesto de discontinuidades menores Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S.A. – DIP's**

Se ha considerado como las discontinuidades mayores a las fallas debido a su alta persistencia y condiciones no favorables de sus propiedades. Asimismo, como discontinuidades menores, tenemos: los planos de estratificación (propio de las rocas sedimentarias) y las diaclasas o juntas.

El estudio que se realizó en base a la diferente información recaudada ha indicado que el manejo estructural en la masa asociada a Berlín tiene las siguientes características:

a) Razón a las estructuras grandes

- Se presentan dos sistemas de fallas geológicas. Uno de ellos tiene el rumbo en paralela al estructuramiento mineralizado (NW-SE) con buzamiento alto, superiores a  $60^\circ$  al SW. El segundo conjunto de fallas, de rumbo NE – SW, perpendiculares al rumbo de las estructuras mineralizadas, con inclinación superior a  $70^\circ$  al NW.
- Los sistemas de fallas vistas en lo anterior, continúan en todos los distintos tipos de rocas: calizas, skarn, mineral e intrusivo.

b) Razón a estas estructuras pequeñas

- Se evidencia 4 sistemas de estas discontinuidades, tres de ellos familias de diaclasas y el más predominante correspondiente a los planos de

estratificación del primer sistema. Tenemos las diaclasas de origen tectónico asociado principalmente al plegamiento y fallamiento de la zona, este diaclasamiento asociado al sistema de fallas se presentan paralelos con la superficie de dicha falla, evidenciando una frecuencia que baja al subir la distancia de las mismas. El diaclasamiento es evidente en caliza, Skarn y QP con rumbos NW – SE, NE – SW, con buzamientos superiores a 60° y 70° al SW respectivamente.

- En lutitas, calizas y Skarn el sistema predominante viene a ser el de los planos de estratificación con rumbo NW – SE buzamientos superiores a 60° al SW.
- Se tiene además un sistema de rumbo NE – SW con buzamientos entre 15° y 25° al SE; en QP, es evidente la presencia de un cuarto y último sistema de diaclasamiento con rumbo NE – SW y con buzamientos superior a 80° al SE, se asume, que estos dos últimos sistemas de discontinuidades han sido formados.

#### **2.4.2. Características estructurales:**

Las características estructurales de las discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en los mapeos geomecánicos, lo que se trató de compatibilizar con las observaciones *in situ*. Según esto, las siguientes son las principales características estructurales de las discontinuidades tanto mayores como menores: (1)

##### **a) Fallas**

Lo afloramientos evidenciados en las excavaciones se han podido identificar dos sistemas predominantes de fallas geológicas, las cuales, presentan rellenos blandos: óxidos, panizo, con espesores que van de 0.5 cm a 20 centímetros. Con aberturas son mayores a 5.0mm. Las superficies de los hastiales de la discontinuidad son muy lisas a ligeramente rugosas. Son superficies de drenaje de agua (favorecen las filtraciones). Cabe resaltar que la falla más importante del área viene a ser falla “Gomi” de rumbo paralelo a los estratos.



## **b) Planos de estratificación**

- **Zona de Mineral (skarn-mineral)**

La mineralización (mineral en skarn) cuenta con las siguientes características de las estructuras: espaciado entre 20 y 60 centímetros, persistencia mayor a 20.0m (por ser planos de estratificación), apertura variable  $< 0.1\text{mm}$ , las paredes de las discontinuidades son ligeramente rugosas, no es evidente ningún tipo de relleno, las paredes de la discontinuidad no presentan alteración. La zona de *skarn* tiene el mismo comportamiento.

- **Caliza**

Los estratos en las calizas de la Zona de Berlín tienen las siguientes características de las estructuras: el espaciamiento de 20 centímetros hasta 60 centímetros, con persistencia mayor a 20m, apertura que varía entre 0.1 – 1.0mm, la rugosidad en los hastiales de las discontinuidades es lisa a ligeramente rugosas, el relleno es duro (calcita) menor a 5mm..

- **Lutita**

Cuyas características de las estructuras son: el espaciamiento de 6 centímetros hasta 20 centímetros, por ser es estratos de lutitas tienen persistencia de más de 20.0m, apertura que va de 1.0mm a 5.0mm, con relleno blando, las paredes de la discontinuidad son lisas y ligeramente alteradas.

## **c) Diaclasas**

- **Zona de mineral (skarn-mineral)**

Se tiene un sistema de diaclasamiento bien definido en la zona de mineral, de rumbo perpendicular al rumbo de la mineralización (o estratificación). Las características de las estructuras son las siguientes: espaciamiento es de 20 hasta 60 cm, la apertura no es muy perceptible  $< .1\text{mm}$ , no poseen ningún tipo de relleno, no soy muy persistentes, ya que se cortan en los planos de estratificación. Se han detectado zonas en la que estos sistemas de diaclasamiento presentan relleno de oxido y poseen una persistencia mayor a 3.0 m.

- **Caliza**

Es evidente dos sistemas de diaclasamiento que en algunos tramos es más marcado que en otros, no son muy persistentes (1.0 a 3.0m). El primero, perpendicular al rumbo de los estratos, presenta relleno de óxidos cuanto está en tramos alterados, con aberturas que van de 0.1 a 1.0m y de paredes lisas, espaciamientos que varían de 0.2 a 0.6 cm. Así mismo, este sistema presenta relleno de calcita en algunas zonas, con condiciones más favorables que cuando presentan rellenos de óxidos. También se tiene un sistema cuasi-paralelo en orientación al rumbo y buzamiento con la dirección opuesta al de los estratos con inclinación promedio de 25°, este sistema, de persistencia d 1.0 a 3.0m, presenta paredes lisas y espaciamientos que varían de 0.20 a 0.60cm, son cerradas y no poseen relleno, los efectos de voladura, hacen que la apertura de dichas fracturas aumente. Cuando se presenta óxidos como relleno, los hastiales de las discontinuidades se presentan alteradas, de lo contrario son sanas.

- **Pórfido cuarcífero**

Son evidentes, según el análisis estereográfico, cuatro sistemas de discontinuidades, los cuales presentan aberturas de 0.1 a 1.0mm con relleno suaves (óxidos); así mismo, las paredes de la discontinuidad son lisas, la matriz rocosa presenta ligera alteración argílica. Los óxidos no permiten una buena cohesión entre los bloques que se forman, lo que hace que este macizo rocoso sea muy débil, en muchos casos existe sistemas diaclasamiento aleatorios los cuales se conjugan con los dos anteriormente nombrados, forman bloques y tienden a irrumpir en la excavación. El espaciamiento varía de 0.20 a 0.60 cm.

#### **d) Brechas**

Se presentan mayormente en caliza y usualmente vienen acompañadas de oxidación, presentan fragmentos angulares de roca caliza en una matriz de material arcilloso y óxidos. Existe una zona bien marcada en mina Pallca a la que se ha denominado “Brecha Fuji”, donde la alteración ha llegado el extremo de descomponer el material rocoso.

Se muestran en zonas de alteración, principalmente argílica, de manera horizontes a lo largo de los estratos en SKARN, pero son muy puntuales.

### 2.4.3. Clasificación geomecánica de la masa rocosa

Para clasificar geomecánicamente a la masa rocosa se utilizó el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Valoración del Macizo Rocoso – 1989). Los valores del índice de calidad de la roca (RQD) fueron determinados mediante el registro lineal de discontinuidades, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986) y la relación de Palmstron, teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal. (13)

El criterio para clasificar la masa rocosa se presenta en la tabla N°5.

Tabla 5. Clasificación RMR y colores en CMSL

TIPO DE ROCA		RMR	DESCRIPCION
TIPO	COLOR	Bieniawski	DE ROCA
II	II	61 - 80	BUENA
III	III A	51 - 60	REGULAR/BUENA
	III B	41 - 50	REGULAR/MALA
IV	IV A	31 - 40	MALA/REGULAR
	IV B	21 - 30	MALA/MUY MALA
V	V	0 - 20	MUY MALA

Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S. A.

Los rangos de la clasificación se evidencian en el cuadro N°5, en donde, se dan los valores de calidad de la masa rocosa expresado en la clasificación RMR por los distintos tipos de rocas que se presentan. Los rangos de los valores de RMR referencian a los datos que se registró en el mapeo geomecánico.

**Tabla 6. Resumen de RMR de la roca- Pallca**

<b>Litología</b>	<b>Rango RMR</b>	<b>Valor Promedio</b>	<b>Calidad</b>
Caliza	41 - 69	54	REGULAR-BUENA TIPO IIIA
Caliza Alterada	32 - 58	42	REGULAR-MALA TIPO IIIB
Skarn	46 - 71	57	REGULAR-BUENA TIPO IIIA
Skarn alterado	20 - 44	31	MALA-REGULAR TIPO IVA
Skarn - Mineral	52 - 73	61	BUENA-REGULAR TIPO II
Lutita	40 - 53	44	REGULAR-MALA TIPO IIIB
QP	39 - 58	52	REGULAR-BUENA TIPO IIIA
Brecha	16 - 29	23	MALA-MUY MALA TIPO IVB

**Tomado del Departamento de geomecánica Santa Luisa S. A.**

Según la tabla N°5, y verificando los valores de la masa rocosa, la caliza tiene calidad Regular a Buena, reduciendo su calidad a Regular-Mala cuando esta alterada. El comportamiento del *skarn* es muy variable de Regular a Buena. El QP (pórfido cuarcífero), presenta calidad Regular-Buena, condicionándose en tramos alterados. La lutita de calidad Regular-Mala, su presencia en el yacimiento es a manera de horizontes con potencia de 1.0 m a 2.0 m. Los horizontes de brecha son de calidad mala a muy mala, muchos casos el terreno ha sido descompuesto. Finalmente, la zona mineralizada de calidad buena.

El RQD de Pallca, evidenciado en los testigos de las perforaciones diamantinas; son de, 82 % en caliza y *skarn*, 35 % en lutita, <25 % en brechas y zonas alteradas.

El dominio litológico de mayor frecuencia es el de caliza y Skarn, los horizontes de lutitas, brechas, *skarn* alterado y caliza alterada son muy puntuales. Dado ello las condiciones de calidad de roca en la mina son de Regular a Buena. La estabilidad está condicionada principalmente por los diferentes rasgos estructurales.

Debe quedar claro que los valores de RMR no consideran el valor de ajuste de discontinuidades, lo cual es considerado en la selección del sostenimiento adecuado.

#### **2.4.4. Zonificación geomecánica de la masa rocosa**

Para la aplicación racional de los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, es necesario que la masa rocosa bajo estudio esté dividida en áreas de características estructurales y mecánicas similares, debido a que los criterios de diseño y el análisis de los resultados serán válidos solo dentro de masas rocosas que presenten propiedades físicas y mecánicas similares. Por ello, es práctica común en el diseño de excavaciones subterráneas delimitar el área de estudio en zonas geomecánicas o dominios estructurales. (13)

La zonificación geomecánica, considerando los aspectos litológicos y de calidad de la masa rocosa ha sido definida en el acápite anterior. Es decir, la calidad de la roca está muy relacionada al tipo litológico determinado. (13)

Con las consideraciones dadas, se presentan los resultados de la zonificación geomecánica de labores; asimismo, se han diferenciado los diferentes dominios estructurales de acuerdo a un color determinado consignado en la tabla N°5. (13)

A continuación, se muestran fotografías que ejemplifican a los diferentes dominios estructurales (zonas de características geomecánicas similares), para los ocho tipos de litología determinados: (13)





**Figura 13. Caliza: RMR aproximado 62 (41-69)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S.A.**

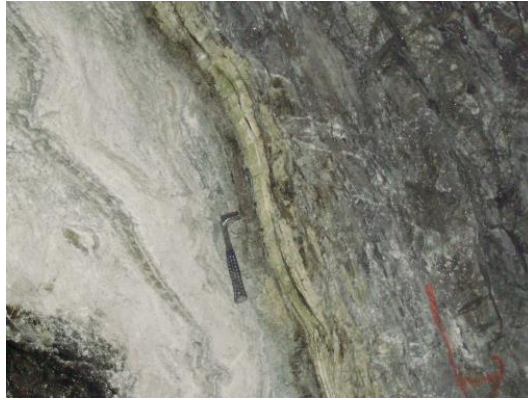




**Figura 14. Caliza Alterada: RMR aproximado 42 (32-58)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S.A.**



**Figura 15. Skarn: RMR aproximado 57 (46-71)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S. A. A.**



**Figura 16. Skarn Alterado: RMR aproximado 31 (20-44)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S. A.**



**Figura 17. Skarn-Mineral: RMR aproximado 61 (52-73)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S. A.**





**Figura 18. Lutita: RMR aproximado 44 (40-53)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S. A.**



**Figura 19. QP: RMR aproximado 52 (39-58)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S. A.**



**Figura 20. Brecha: RMR aproximado 23 (16-29)  
Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S.A.**

#### **2.4.5. Resistencia de la masa rocosa**

Para estimar los parámetros de resistencia de la masa rocosa se utilizó el criterio de falla generalizado de Hoek & Brown (2002, 2006), con el programa ROCLAB de Rocscience Inc. (2007). Para ello, se tomaron los valores más representativos de calidad de la masa rocosa reflejados en el valor del índice GSI; asimismo, de resistencia compresiva uniaxial y la constante “mi” de la roca intacta, desarrollados en este estudio. (12)

Además, el minado involucra usar el relleno detrítico con sus propiedades que son densidad  $2.0 \text{ g/cm}^3$ , módulo de deformación igual  $150 \text{ MPa}$ , el valor de las cohesiones cero con el ángulo de fricción es de  $32^\circ$ . Estos datos de acuerdo a la experiencia de los autores en trabajos con relleno detrítico en otras minas.

**Tabla 7. Propiedades de la masa rocosa**

ROCA	GSI	$\sigma_{cmr}$ MPa	Peso			$s_{mr}$	$E_{mr}$ MPa	$\mu$
			Específico t/m <sup>3</sup>	$m_i$	$m_{mr}$			
Caliza	56	18.351	2.7	10	1.23	0.0028	10594.03	0.37
Skarn	59	27.102	2.9	12	1.703	0.0042	12591.03	0.39
Skarn - Mineral	62	29.471	3.4	12	1.965	0.0063	14964.47	0.42
Lutita	45	5.183	2.7	6	0.437	0.0007	4359.03	0.28
QP	53	26.898	2.7	20	2.133	0.0019	8913.77	0.35
Brecha	25	0.511	2.7	4	0.112	4.54E-05	665.47	0.21

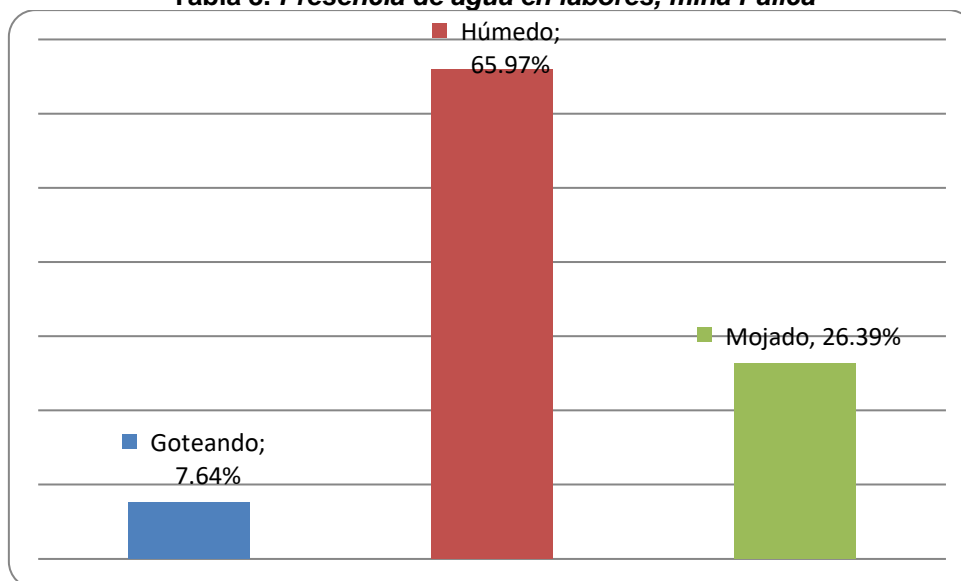
*Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S.A.*

#### 2.4.6. Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua dentro de la masa rocosa influye adversamente en las condiciones de estabilidad de las labores subterráneas. Su principal efecto es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y por tanto disminuyendo el factor de seguridad o grado de estabilidad, por ello es importante tomarla en cuenta.

Según se puede observar en los formatos de mapeo geomecánico de las labores subterráneas, las condiciones de presencia de agua corresponden desde húmedo, mojado y goteando.

**Tabla 8. Presencia de agua en labores, mina Pallca**



*Tomado del Departamento de Geomecánica Santa Luisa S.A.*

De la tabla N°8, es evidente que existe un 65.97 % de las labores caracterizadas con humedad y 26.39 % de superficies mojadas, esporádicamente se evidencian goteos, lo que se evidencia con un 7.64 % del total de labores caracterizadas.

Como uno de los principales problemas de Pallca es la presencia de agua, en macizos rocosos presentando tres sistemas de discontinuidades que presentan relleno blando (óxidos o arcillas) complican a la estabilidad de la explotación asociadas al minado, debido principalmente, a la presión que ejerce el agua sobre las discontinuidades y su efecto lubricante, lavando el relleno débil de las fracturas.

Durante los trabajos de campo se han observado en algunas labores acumulación significativa de agua en el piso, que no es drenada oportunamente. Esta agua se está filtrando constantemente dentro de la masa rocosa mineral y cajas, causando perturbación de la masa rocosa y complicando las condiciones del minado en los tajos inferiores. Es recomendable por tanto implementar adecuados sistemas de drenaje en estas labores.

## **2.5. Método de explotación**

En Pallca, el método de explotación es corte y relleno ascendente y mecanizado con perforación horizontal, el relleno detrítico que son producto de las labores de preparación como rampas, galerías y otros, asimismo de las canchas de desmonte.

Esta se basa en separar el mineral de los frentes con dimensión de 3.8 m de altura y 4 m de ancho dependiendo del ancho del mineral, después de separar todo el mineral del tajo.

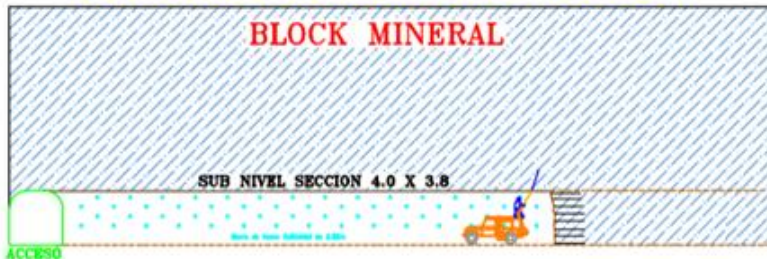
Principalmente, se hace uso de los equipos mecanizados como jumbos electro hidráulico, máquina de lanzado de *shotcrete*, equipo de sostenimiento y *anfotruck* que es un equipo de carguío de explosivos.

### 1.- AVANCE DE SUBNIVEL ACUMULACIÓN DE TALADROS FRENTE Y SOSTENIMIENTO.



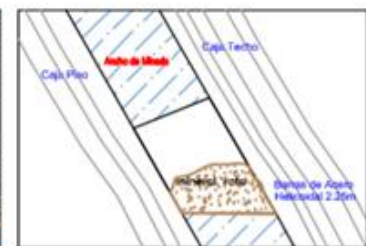
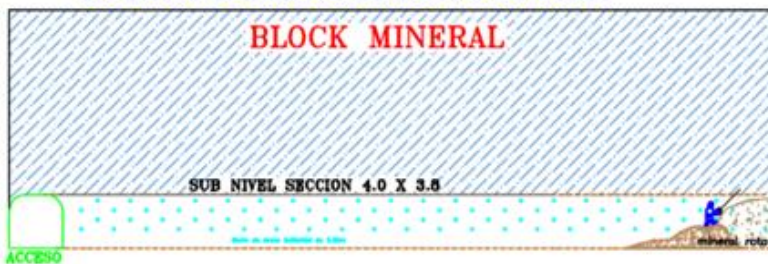
El Sostenimiento es con Barra de Acero Helicoidal espaciado de 1.2 x 1.2 m a 1.7 x 1.7m según lo requiera el terreno. La longitud de los pernos es de 2.25m. Se colocará placas con tuerca de ser necesario. NOTA: Si cambian las condiciones geomecánicas, se colocará sostenimiento previa evaluación Geomecánica.

### 2.- INYECCIÓN DE PERNOS CON LECHADA DE CEMENTO

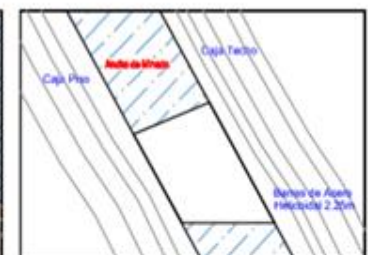
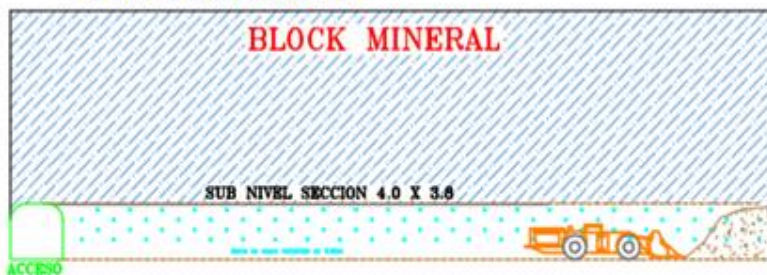


Se utilizará 12 Litros de agua por cada bolsa de cemento. Se debe rellenar al menos el 90% del volumen del taladro. El perno no debe sobresalir más de 0.20m

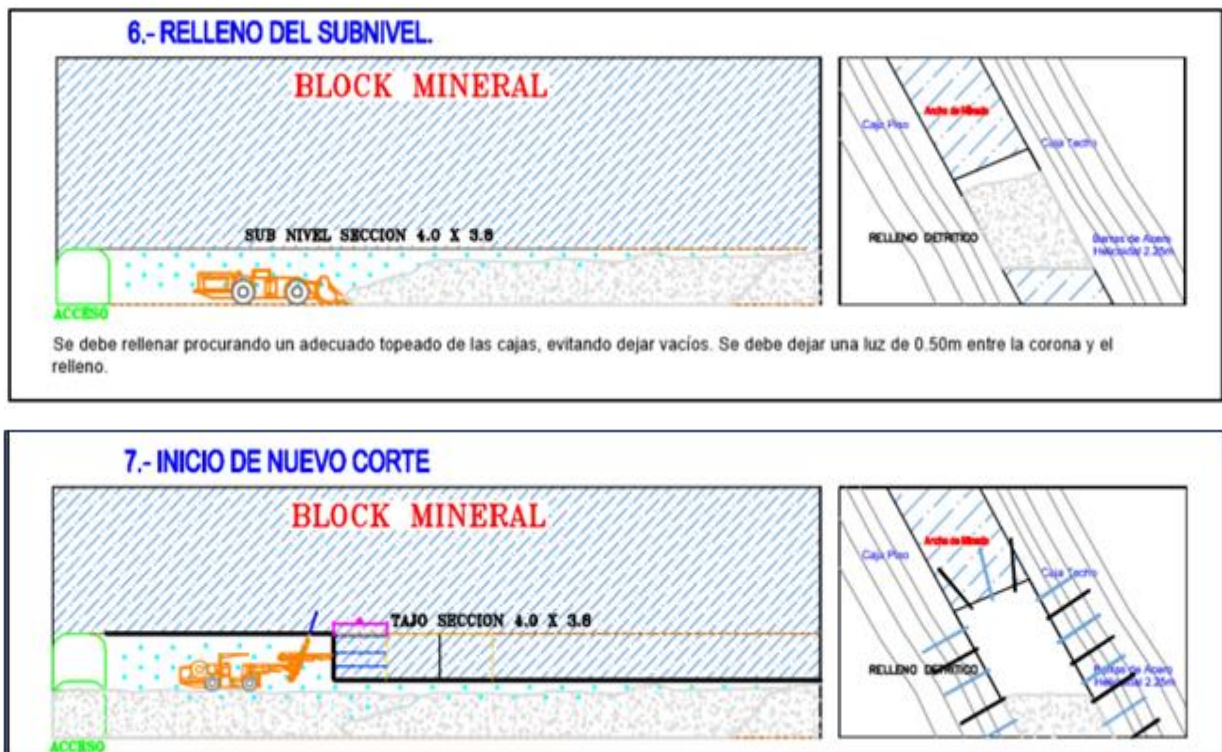
### 3.- DESATE DE ROCAS SUELTAS PARA LIMPIEZA



### 4.- LIMPIEZA DE MINERAL



5.- SE REPITEN LOS PASOS DEL 1 AL 4 HASTA DELIMITAR LA ESTRUCTURA DE MINERAL.



**Figura 21. Ciclo de minado del método cut & fill (corte y relleno)**  
**Tomado del Departamento de Planeamiento Santa Luisa S. A.**

## 2.5.1. Minado

### 2.5.1.1. Descripción general de la mina.

La unidad Pallca perteneciente a la empresa minera Santa Luisa del grupo Mitsui Mining & Smelting comienza en el año 2000 la construcción de sus galerías de exploración y galerías en dirección a los bloques de mineral que está conformada por 16 vetas: V1, V2, V2T, V3P, V3, V3T, V3TA, V3TB, V4, V5P, V5, V6P, V6T, V7, V8 Y V9.

Se tiene cuatro bocaminas de ingreso y salida que se encuentran en el Nv 4000, Nv 4400, Nv 4410 y Nv 4640. También se tiene 4 chimeneas que sirven para la extracción de mineral y 12 chimeneas que comunican con la superficie que sirven para la ventilación de la mina.

Los bloques de mineral están constituidos principalmente por Pb, Cu, Zn y Ag con buzamiento de 70° a 85° en donde las cajas piso y techo están constituidas por calizas, skarn y cuarzos cupríferos.

### 2.5.2. Diseño de la mina

Para realizar el diseño se tuvo que considerar las vetas de mineral y las futuras exploraciones, en donde se realizó 6 rampas cada una con una dimensión de 4.0 x 4.5 m para que pueda permitir el ingreso de los volquetes, de esta manera optimizando los costos de transporte de mineral, también se cuenta con cámaras de acumulación de mineral para optimizar la limpieza de los tajos y con las pozas de bombeo que son muy importantes ya que existe demasiada presencia de agua en los tajos.

Se tiene 4 chimeneas de extracción de mineral que están ubicados en el Nv 4000 la cual es trasladada hacia la cancha de acumulación de mineral que se encuentra en la superficie afueras del Nv 4000.

### 2.5.3. Infraestructura de la mina

Para obtener una mejor productividad y operatividad de la mano de la seguridad se desarrolló las rampas y accesos hacia las vetas identificadas de Berlín a través de las bocaminas Nv. 4000, Nv. 4400 y Nv. 4640.

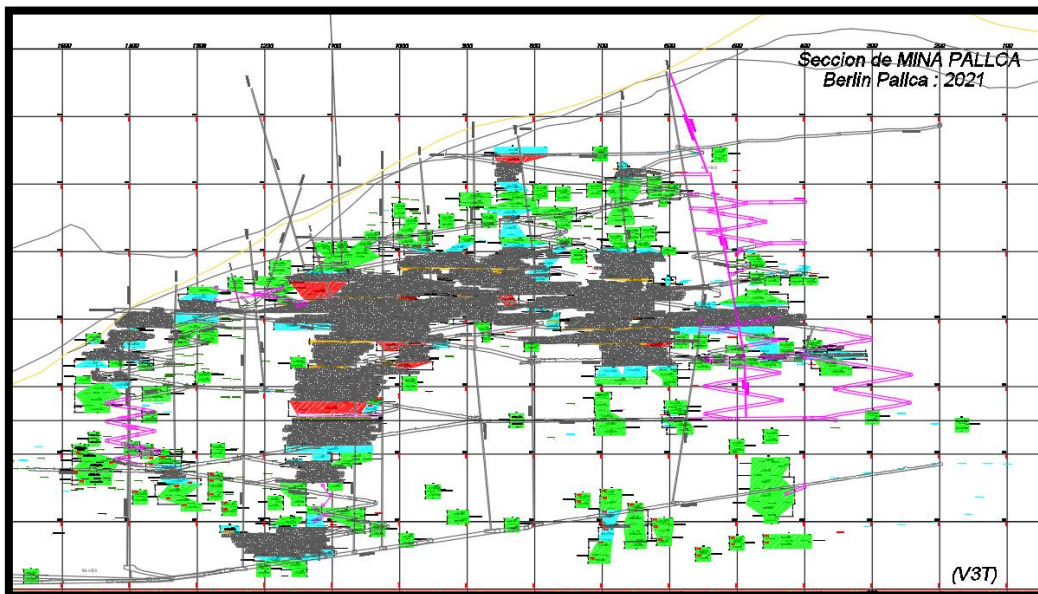
En la actualidad, se comunica dos rampas una positiva y la otra negativa ya que sirve para ingresar a las vetas V3, V3T, V3P y V4 a través de un acceso que llega al tajo L-721, L-591, M-579 y L-480.

**Tabla 9. Desarrollos y preparaciones en la mina.**

Desarrollos Primarios	Se tiene un total de 04 bocaminas: NV 44400, NV 4000, NV4640, NV4410.
	Se desarrolló 6 rampas para acceder a las diferentes vetas que son: Rampa 4640, Rampa P-554, Rampa Kitagawa, Rampa K-1150, Rampa I-550, Rampa Auxiliar.
	Se tiene 5 pozas de sedimentación: NV 4000, VR800, POZAS GEMELAS – Inicio Kitagawa, CB-05, NV 4400.
	Se tiene 9 Chimeneas para la ventilación: VR 800, VR 600, VR1000, VR1300, VR1060, VR1150, VR1400, VRL1200, VRL1220.
Preparaciones	Se tiene 2 By Pass que son: 4375 y 4735
	Se cuenta con 3 cruceros que son: 4000, 4400 y Berlín.
	Se cuenta con 7 Sub niveles que son: Sub nivel C1177, E1340, I4552, M935, M820, O665 y P554

#### 2.5.4. Desarrollos

- **Rampa Kitagawa**, esta rampa es considerada como una principal para el ingreso del nivel 4000 al nivel 4400 con una sección de 4.5 x 5.0 metros, de forma espiral con una pendiente de 15%, también sirve como acceso a las vetas 1,2,3.
- **Rampa 4640**, esta rampa sirve como acceso del nivel 4400 al nivel 4640 con una sección de 4.5 x 5.0 metros, de forma espiral con una pendiente de 15%, también sirve como acceso para las vetas 6,7,8.
- **Rampa auxiliar**, esta rampa es considerada auxiliar ya que comunica con la rampa Kitagawa y la rampa 4640 con una sección de 4.5 x 5.0 metros, de forma espiral con una pendiente de 15%, también sirve como acceso a las vetas 3T, 4, 5.



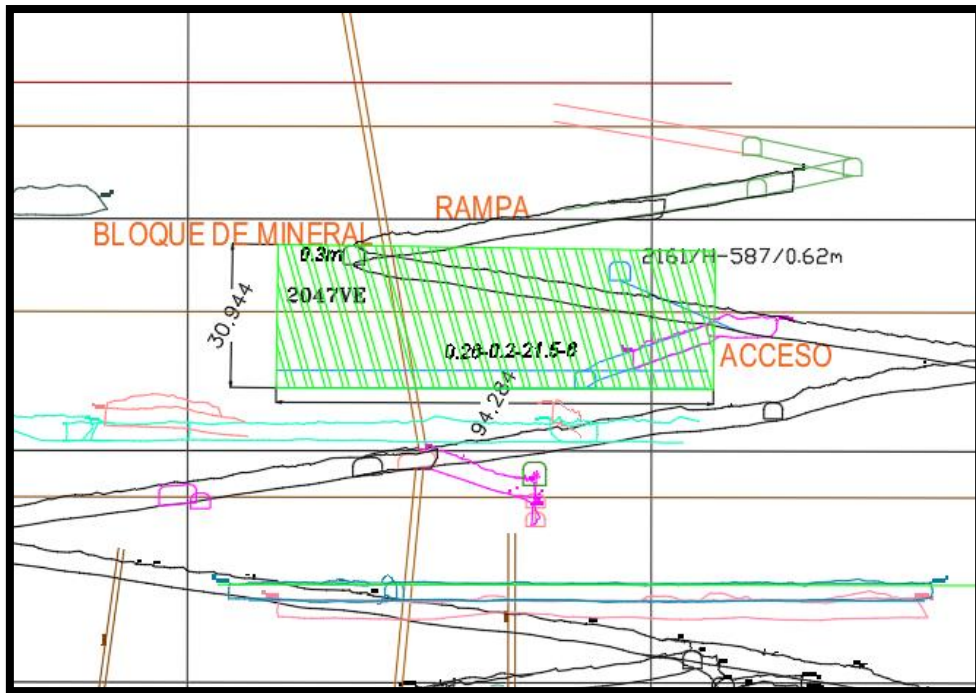
**Figura 22. Plano de desarrollo de Pallca**  
**Tomado del Departamento de Planeamiento Santa Luisa S. A.**

#### 2.5.5. Preparaciones.

- **By pass**, estas labores tienen una sección de 3.8 x 4.0 metros con una pendiente de 2 % se inicia en las rampas con acceso hacia las vetas de mineral.



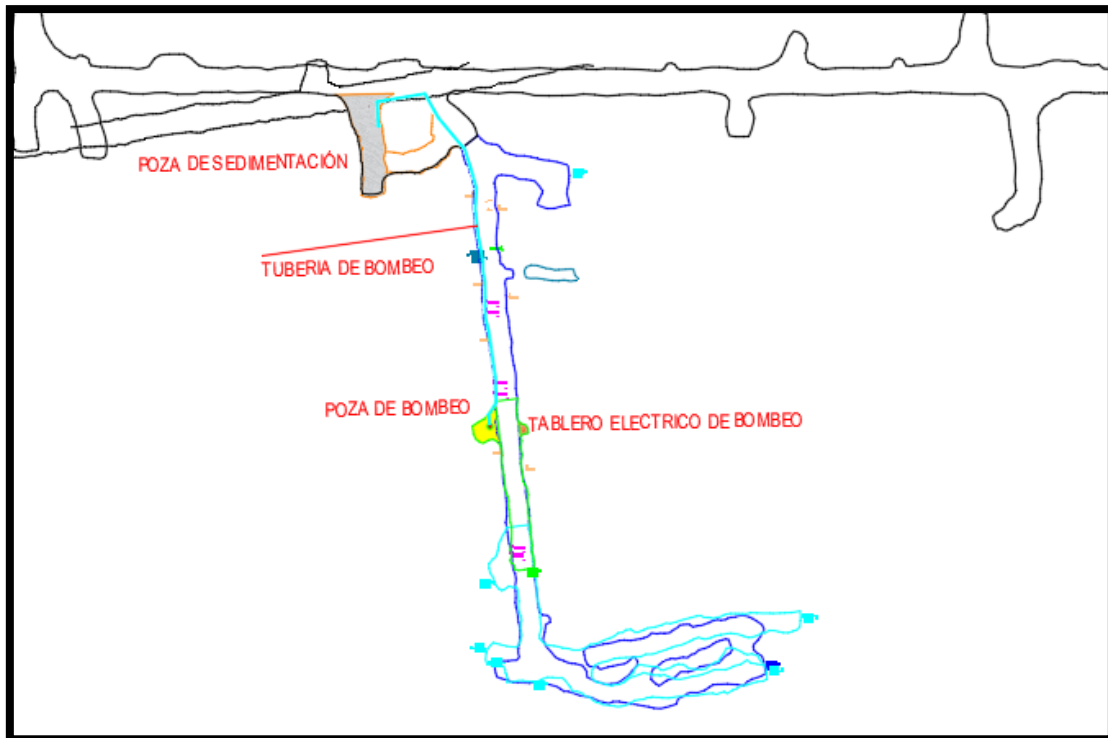
- **Sub niveles**, principalmente los subniveles son de una sección de 3.8 x 4.0 metros, estos mayormente son encontrados en el primer corte de explotación.



*Figura 23. Plano de preparación para el ingreso a un block de mineral.  
Tomado del Departamento de Planeamiento Santa Luisa S. A.*

### 2.5.6. Infraestructura de servicios

- **Cámara de bombeo**, principalmente son de 2.0 x 3.5 con una pendiente de 15% ya que existe presencia excesiva de agua en los tajos del nivel 4000 con un caudal de 8 litros por minuto donde se utiliza una bomba grindex de 30 HP de manera automática para un mejor control del bombeo de agua.
- **Pozas de Sedimentación**, tienen una sección de 4.0 x 3.8 metros con una profundidad de 6 metros con pendiente de 15%, que sirven para que se pueda depositar los sedimentos.
- **Chimeneas de ventilación**, principalmente están conectados con las rampas con la finalidad de ingresar el aire fresco y evacuar el aire viciado, mejorando así el circuito de ventilación para brindarles las mejores condiciones a los colaboradores.



**Figura 24. Plano de infraestructura de servicios  
Tomado del Departamento de planeamiento Santa Luisa S. A.**

## 2.6. Diseño de explotación

### 2.6.1. Consideraciones geomecánicas

Para elegir y realizar el diseño de explotación se realiza un mapeo y evaluación geomecánica determinando el método de explotación adecuado y factible, considerando las características del yacimiento es el *cut & fill* o también conocido como corte y relleno ascendente.

### 2.6.2. Secuencia de método de minado

Para ingresar a un bloque de mineral ingresamos a través de un acceso o rampa, al llegar al bloque se empezará a explotar de manera ascendente desde un sub nivel y los siguientes cortes será en *breasting* con una cara libre de 0.50 cm.

- a) Construcción de un sub nivel o una rampa hacia los bloques de mineral.
- b) Construcción de un acceso hacia el bloque de mineral con una pendiente de 15% negativa que servirá como basculante para poder explotar los siguientes cortes.

- c) Construcción del primer tajo en sub nivel con una sección de 4.0 x 3.8 metros, al terminar se realizará el relleno detrítico de 3.3 metros de altura dejando 0.50 cm como cara libre para el siguiente corte la cual se correrá en breasting.

## 2.7. Secuencia de minado

Las fases del ciclo de minado son: riego y desate, limpieza, sostenimiento, perforación, voladura, ventilación. En cada proceso del ciclo de minado se tiene consideraciones para tener un mejor control de la dilución y también la estabilidad de la roca.

### 2.7.1. Riego y desatado

Al ingresar a la labor se evalúa el área de trabajo para luego poder realizar el regado de la carga evitando el polvo cuando se realice la limpieza e identificando las rocas fracturadas en la labor, luego se procede a realizar el desatado de rocas según los PETS entre dos personas en posición de cazador con una posición de 45° la barretilla.



*Figura 25. Riego y desate de rocas*

### 2.7.2. Limpieza y acarreo

En la limpieza de mineral se usa un *scooptram Cat* de capacidad 6 yd<sup>3</sup> de forma manual, la limpieza se realizará a una cámara cercana, para iniciar los trabajos se procede a encender el ventilador para mejorar la ventilación ya que

existe la presencia de polvo y humo del equipo que dificultan a realizar el trabajo pudiendo ocasionar incidentes y accidentes.



*Figura 26. Limpieza y acarreo*

### **2.7.3. Sostenimiento**

Para realizar el sostenimiento se realiza con un camión empernador acondicionado una bomba putzmeister que es un mezclador de cemento, al ingresar a la labor se inyecta la lechada de cemento para luego introducir el perno helicoidal manualmente al taladro de 2.10 m.



*Figura 27. Limpieza y acarreo*

### **2.7.4. Perforación**

Para la perforación se utiliza los equipos electrohídricos Jumbo S1D de un brazo, con una longitud máxima a perforar de 3.8 m para una sección de 4.0 x 3.8.



**Figura 28. Perforación**

### **2.7.5. Voladura**

El carguío de explosivos se realiza mediante un *anfotruck*, el cual es un equipo acondicionado que lleva una compresora y una aliva para el depósito de anfo, los explosivos que se emplea son emulnor 3000, pentacord 3p y superfam dos; en cuanto a accesorios se usa de periodo largo y corto de los números 1 al 15, como iniciador a la guía seca y fulminante número 8.

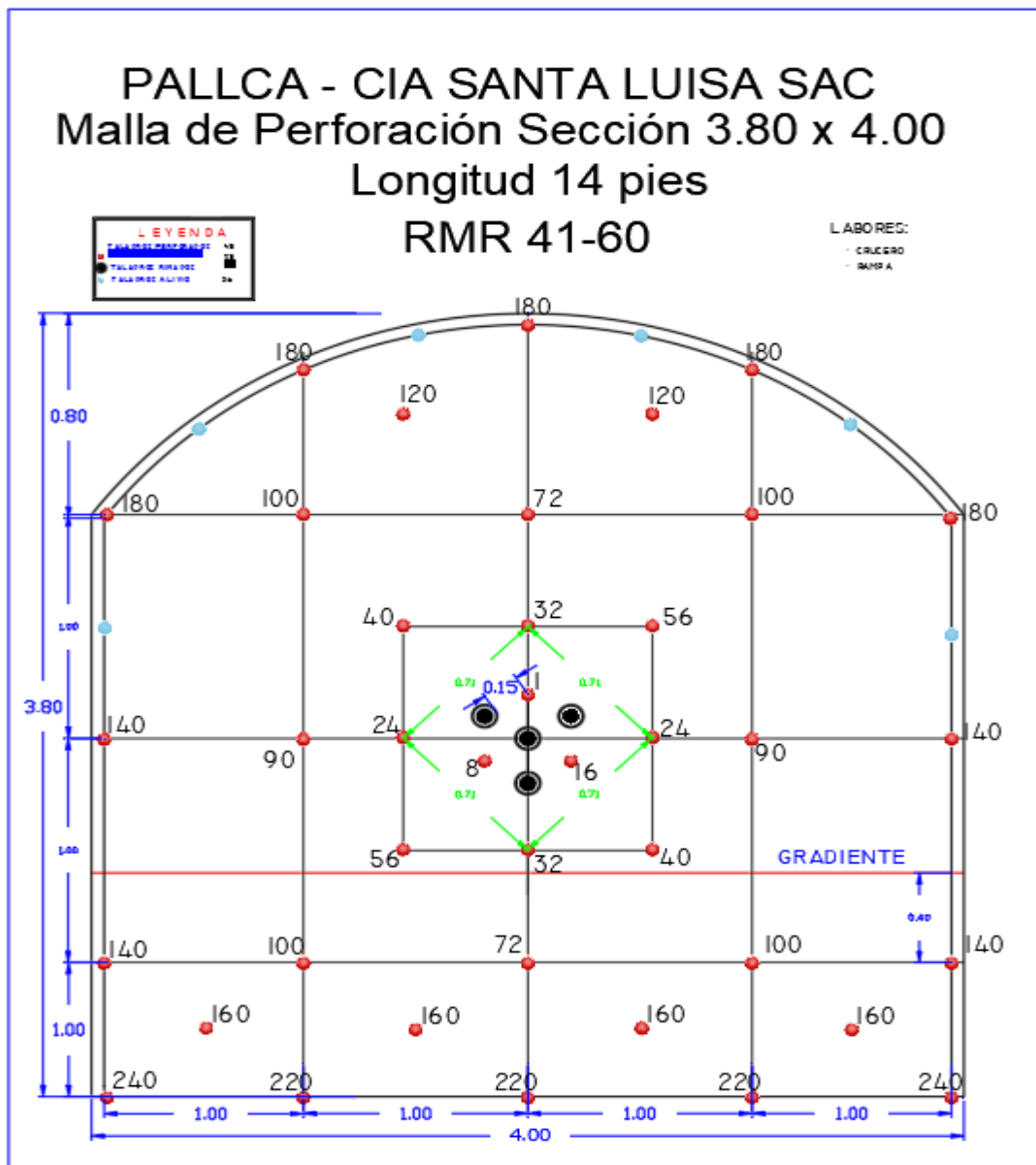


**Figura 29. Carguío de explosivos**

#### **2.7.5.1. Malla de perforación**

La distribución de taladros en la malla de perforación, es importante en el proceso de la perforación y la voladura ya que tiene como resultado una buena granulometría de mineral y el buen control de la labor.

Tomándose en cuenta la dureza de roca, el diámetro de la broca, la longitud del taladro y el tipo de explosivo a usar.



**Figura 30. Malla de perforación**

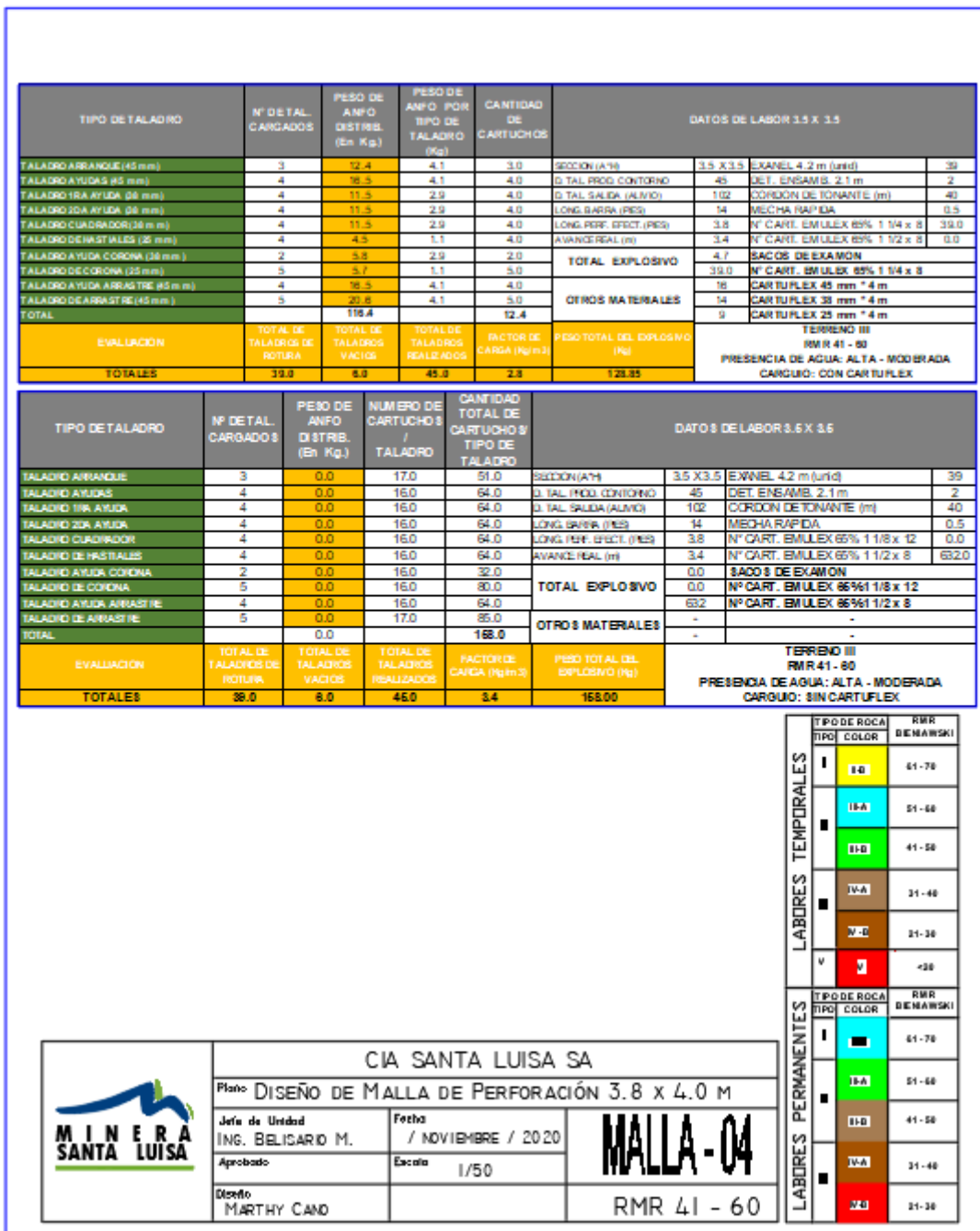


Figura 31. Distribución de los taladros y carguío

### 2.7.5.2. Accesorios y explosivos

Es una variedad de suministros que se usan para realizar la voladura en las operaciones mineras, actualmente Santa Luisa viene trabajando con la empresa Famesa, quien es el encargado de suministrar los accesorios y explosivos.



Figura 32. Accesorios y explosivos que se utilizan

### 2.7.6. Transporte de mineral

El transporte del mineral extraído se realiza con un *scooptram* de 6 yd a los volquetes de capacidad de 15 m<sup>3</sup> la cual estas son conducidas a la planta concentradora ubicada en Huanzalá.

### 2.8. Plan de producción

Para la estructura Berlín se tiene proyectado la explotación de 144000 toneladas métricas para el año 2021. Con leyes de plata de 1.16 onz/tn, 0.18 % Cu, 1.30 % Pb, 7.38 % Zn.

Tabla 10. Plan de producción veta Berlín

Estructura	Valores	21-Ene	21-Feb	21-Mar	21-Abr	21-May	21-Jun	21-Jul	21-Ago	21-Set	21-Oct	21-Nov	21-Dic
BERLIN	TMS	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
	Ag oz/t	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
	% Cu	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	% Pb	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
	% Zn	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38



## 2.9. Programa de minado del tajo L-598 V5 en el nivel 4455

### 2.9.1. Programa de producción mineral

Tabla 11. Programa de producción del tajo L-598 V5

PROGRAMA DE PRODUCCION 2020 - TAJO L-598 V5 NV 4455																				
ZONA	Ubicación	Potencia	Longitud	ton recurso	Ley	Ley	Ley	Ley	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
					CABEZA Cu(%)	CABEZA Pb(%)	CABEZA Zn(%)	CABEZA Ag(oz/t)												
L-598 V5	L-598	2.30	60.5	2132	0.19	0.48	7.82	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	568.48	994.84	0.00	568.48

PROGRAMA DE PRODUCCION 2021 - TAJO L-598 V5 NV 4455																				
ZONA	Ubicación	Potencia	Longitud	ton recurso	Ley	Ley	Ley	Ley	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21
					CABEZA Cu(%)	CABEZA Pb(%)	CABEZA Zn(%)	CABEZA Ag(oz/t)												
L-598 V5	L-598	2.30	60.5	2558	0.19	0.48	7.82	0.99	994.84	0.00	994.84	568.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## 2.9.2. Programa de avance

Tabla 12. Programa de Avance en el tajo L-598 V5

PROGRAMA DE AVANCE 2020 - TAJO L-598 V5 NV 4455																		
ZONA	Block No	Veta	Ubicación	Color	Comentario	Tipo de Avance	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
L-598 V5	3262	V5	L-598	AZ	Acceso al Tajo L-598 V5	Acceso Sub Nivel	10.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L-598 V5	3262	V5	L-598	AZ	Tajo L-598 V5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	28.50	0.00	0.00	0.00	0.00

PROGRAMA DE AVANCE 2021 - TAJO L-598 V5 NV 4455																
ZONA	Ubicación	Comentario	Tipo de Avance	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	
L-598 V5	L-598	Acceso al Tajo L-598 V5	Acceso	0.00	25.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
L-598 V5	L-598	Tajo L-598 V5	Subnivel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

### 2.9.3. Programa de relleno

**Tabla 13. Programa de Relleno tajo L-598 V5**

PROGRAMA DE RELLENO 2020 - TAJO L-598 V5 NV 4455																	
ZONA	Veta	Ubicación	Altura	Longitud	Potencia	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
L-598 V5	V5	L-598	32.6	60.5	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	302.91	702.91	220.50	785.31	0.00

PROGRAMA DE RELLENO 2021 - TAJO L-598 V5 NV 4455																	
ZONA	Ubicación	Altura	Longitud	Potencia	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21	
L-598 V5	L-598	32.6	60.5	4.75	220.50	785.31	0.00	220.50	785.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## 2.10. Minado con el método cut and fill con circado en el tajo L-598 V5

El tajo L-598 V5 se encuentra en el nivel 4455, presentan las leyes de Cu que es 0.19 %, 0.48 % de Pb, 7.82 % de Zn y 0.99 oz/t Ag con una potencia inferior de 2.70 metros y en la parte superior llegando a 2.0 metros de mineral.

Presenta dos tipos de rocas encajonantes, en la caja techo presenta al cuarzo porfídico y en la caja piso calizas, la mineralización está asociada a la roca skarn con un contacto de panizo.

La dureza de la roca *skarn* es de tipo IIIA según la tabla GSI, mientras la caliza es de dureza IV A siendo está muy débil al realizar la voladura y contaminando al mineral.

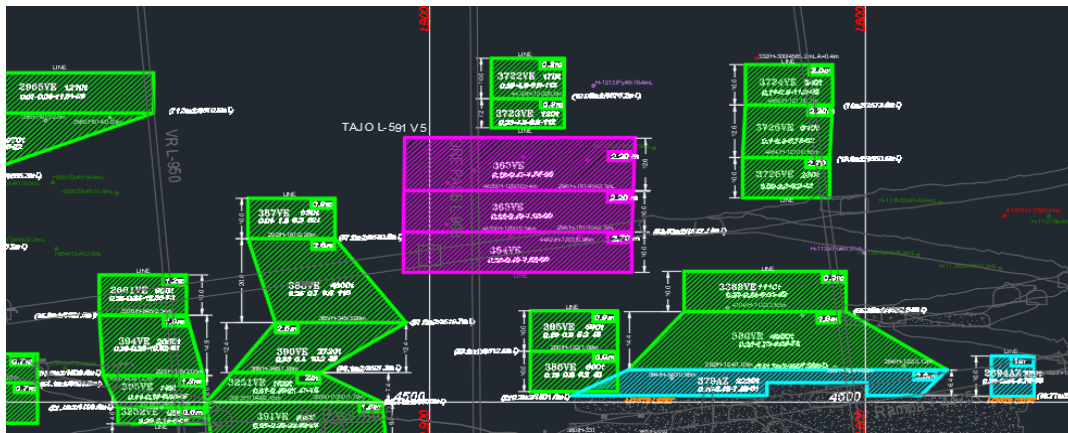


Figura 33. Accesorios y explosivos que se utilizan

### 2.10.1. Preparación

Para ingresar al tajo L-598 V5 se realizó un acceso directo de la intersección del tajo L-591 V4 de ancho 4.00 metros y de alto 3.80 metros.

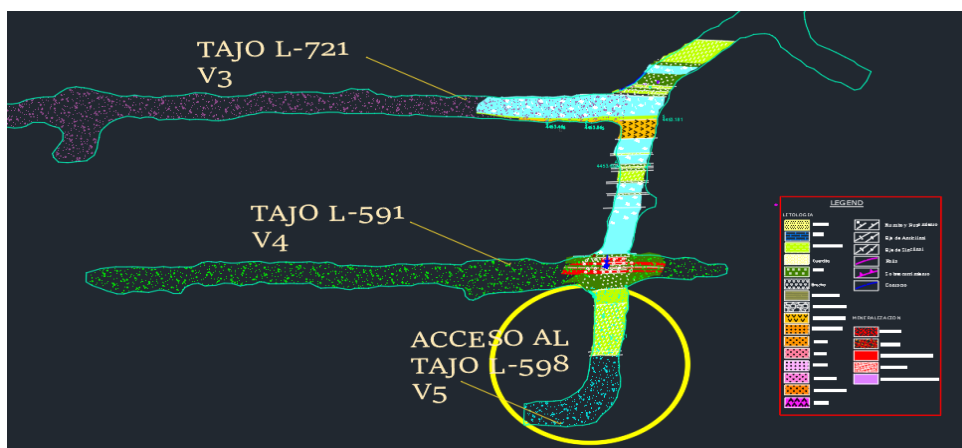


Figura 34. Plano del acceso al tajo L-598 V5

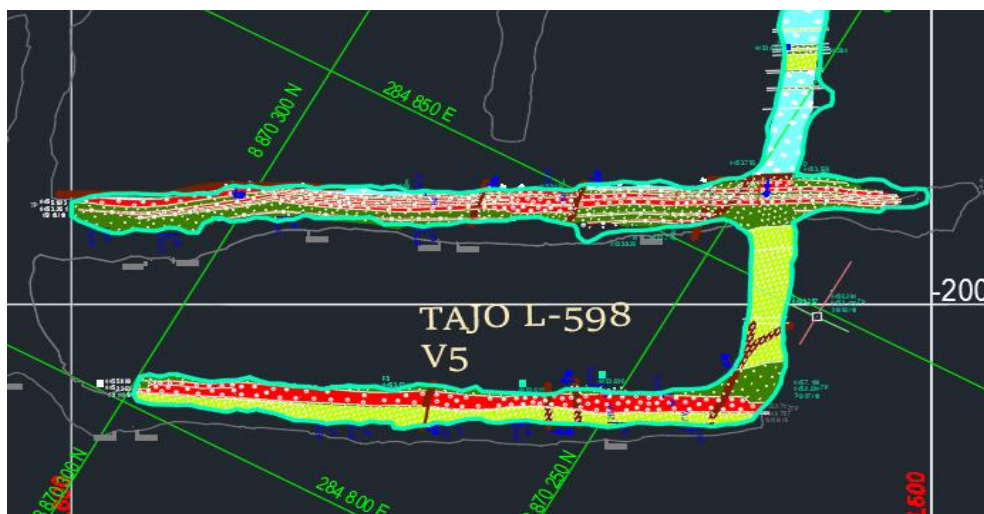
### 2.10.2. Producción

Al llegar a la zona de mineralización la potencia es de 2.70 metros de mineral y 1.30 metros de desmonte, para ello se procede a realizar perforación y voladura en circado, para ello se realiza la perforación con el arranque en mineral para poder realizar la voladura en 2 tiempos primero mineral para luego extraer el desmonte, pero al realizar ese proceso se evidencia contaminación del mineral ya que la caliza y panizo tienden a desmoronarse y caer encima del mineral.



**Figura 35. Circado de mineral en el tajo L-598 V5**

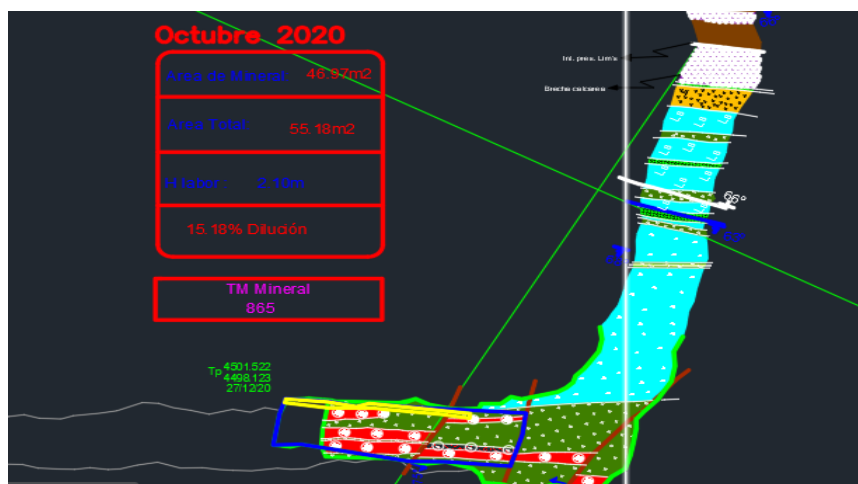
En la figura 35, se evidencia el desprendimiento de la caja techo y del contacto de mineral con desmonte donde se observa claramente a la caliza y cuarzo cuprífero.



**Figura 36. Plano geológico del tajo L-598 V5 minado**

## 2.11. Cálculo de dilución del tajo L-598 V5

Para el cálculo de dilución después de terminar minar el tajo, se realizó el mapeo geológico, cubicando el mineral en metros cuadrados con el ancho y altura, comparando la sección de la labor obteniendo la diferencia de mineral porcentual de dilución.



**Figura 37. Circado de mineral en el tajo L-598 V5  
Tomado del Departamento de Geología Santa Luisa**

En el cálculo de dilución de mineral se evidencia que la dilución de mineral es de 15.18% la cual es muy alta e implica tener que extraer más mineral aumentando los costos de mina, transporte y operación.

**Tabla 14. Dilución de mineral del tajo L-598 V5  
DILUCIÓN TAJO L-598 V5 2020-2021**

MES	TIPO	TAJO	BLOCK	CU (%)	PB (%)	ZN (%)	Gr/m	t	AREA	AREA	DILUCIÓN
Jul-20	P	L-598	3262	0.19	0.48	7.82	99.00	<b>893.12</b>	117.92	132.45	10.97%
Ago-20	P	L-598	3262	0.17	0.50	9.57	45.00	<b>164.00</b>	113.56	129.54	12.34%
Set-20	P	L-598	3262	0.21	0.47	8.54	55.00	<b>485.25</b>	114.87	130.20	11.77%
Oct-20	P	L-598	3262	0.24	0.49	7.56	40.00	<b>884.65</b>	119.20	140.53	15.18%
Dic-20	P	L-598	3262	0.18	0.50	7.92	35.00	<b>527.68</b>	116.30	132.65	12.33%
Ene-21	P	L-598	3262	0.19	0.48	8.01	52.00	<b>1094.32</b>	120.30	138.50	13.14%
Mar-21	P	L-598	3262	0.18	0.48	7.89	35.00	<b>778.59</b>	118.60	138.90	14.61%
Abr-21	P	L-598	3262	0.20	0.49	7.24	63.00	<b>954.64</b>	116.90	136.50	14.36%
<b>TONELADAS MINERAL</b>								<b>5782</b>	937.65	1079.27	<b>13.09%</b>

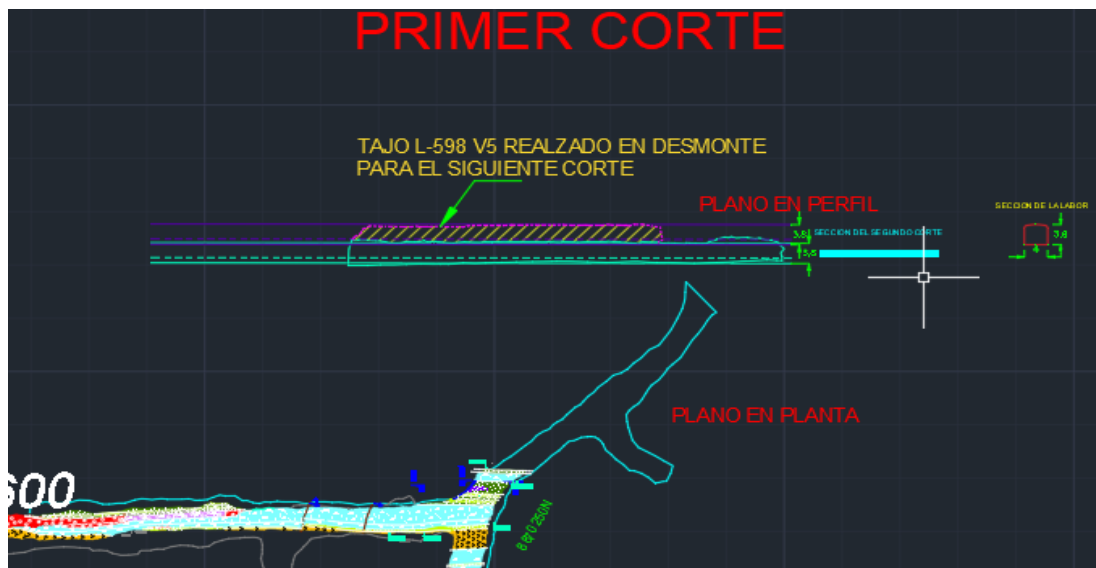
**2.12. Minado con el método *cut & fill* con circado en realce en el tajo L-598 V5.**

Al obtener un gran porcentaje de dilución de mineral como problema en la minera Santa Luisa, unidad Pallca se eligió realizar el método corte y relleno con circado en realce para poder controlar la dilución del mineral con la finalidad de optimizar el costo de mina y una mejor productividad.

Para el siguiente corte se procedió a ingresar de manera horizontal y culminar de minar el tajo para luego realizar perforación de manera vertical solamente en el desmonte para luego poder realizar la voladura y sirva como piso y relleno.



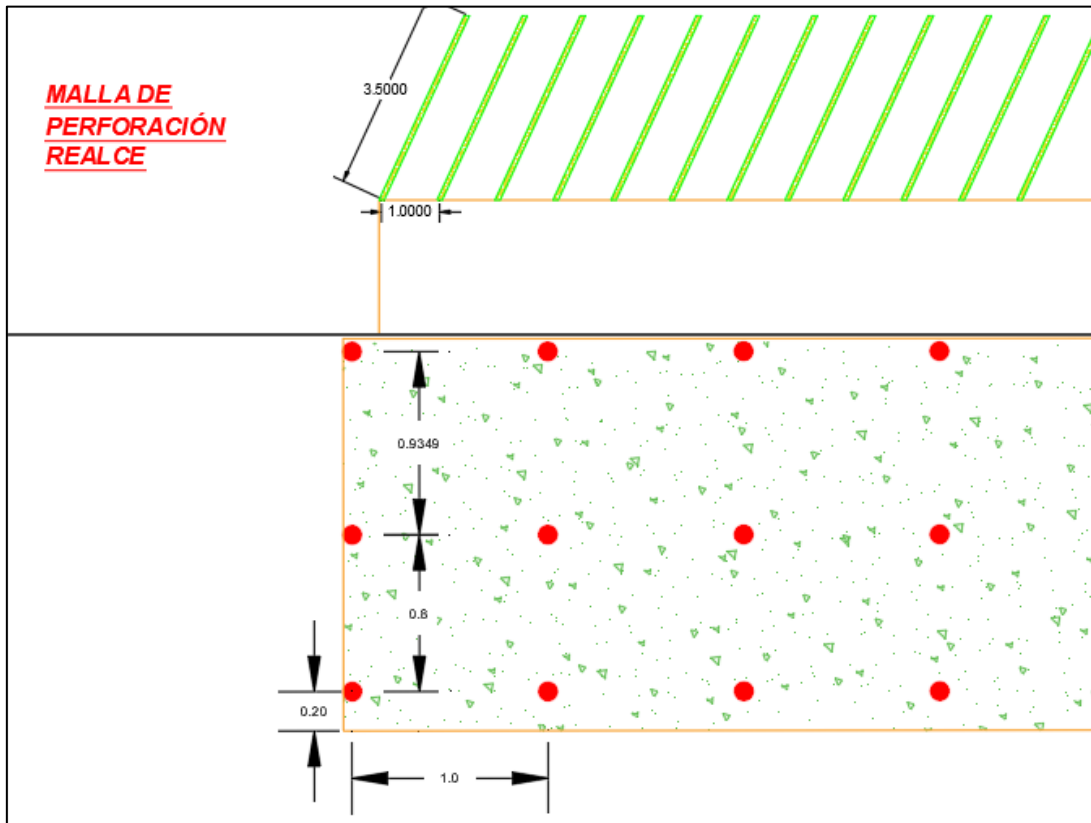
**Figura 38. Plano en planta del circado en realce en el tajo L-598 V5**



**Figura 39. Plano en perfil del circado en realce en el tajo L-598 V5**

### 2.12.1. Malla de perforación

La malla de perforación diseñada para el circado en realce influye mucho para un buen control de dilución de mineral ya que el contacto de panizo entre la mineralización y el desmante tiende a desprender por ella realizando un ajuste en la malla de perforación se toma en cuenta el espaciamiento a 1.00 metros de taladro a taladro.



**Figura 40. Plano en planta y perfil de la malla de perforación del circado en realce en el tajo L-598 V5**

- N° taladros: 183 taladros
- Ancho: 2 m
- Longitud: 60.5 m
- Longitud de taladro: 3.50 m
- Espaciamiento: 1 m
- Diámetro de taladro: 45 mm
- Factor de Carga: 1.29 kg/m<sup>3</sup>
- Explosivo: emulnor 3000, superfam dos, pentacord 3p.
- Accesorios de voladura: guía seca, fanel ms y lp, fulminante.



- Emulnor 3000: 183
- Superfam Dos: 549 kg
- Fanel: 183
- Pentacord 60.5 m
- Guías secas: 6



*Figura 41. Carguío del circado en realce*

### **2.12.2. Primer corte**

El primer corte se realiza de manera horizontal en circado, ya que la potencia de mineral es de 2.7 metros, donde se procede a realizar la perforación horizontal el frente completo con el arranque a un lado; debido a que, primero se procederá al carguío del mineral para luego realizar la voladura y posterior a la limpieza. En la segunda fase se realizará el carguío en la zona de desmonte para luego proceder a realizar la voladura y limpieza hasta culminar el tajo.



*Figura 42. Perforación del frente en circado*



**Figura 43. Carguío de desmonte en el frente después de realizar limpieza de mineral**

Como se observa en la figura 41 después de realizar el carguío y voladura en la zona de mineral se procede a cargar la zona de desmonte.

### **2.12.3. Segundo corte – circado en realce**

Para el segundo corte se procederá a realizar la perforación circado en realce para luego realizar el carguío en la zona de desmonte y topear al fondo todo el desmonte como relleno del tajo para que el siguiente corte quede solamente mineral e ingresar de manera horizontal realizando el desquinche.



**Figura 44. Circado en realce del tajo L-598 V5**

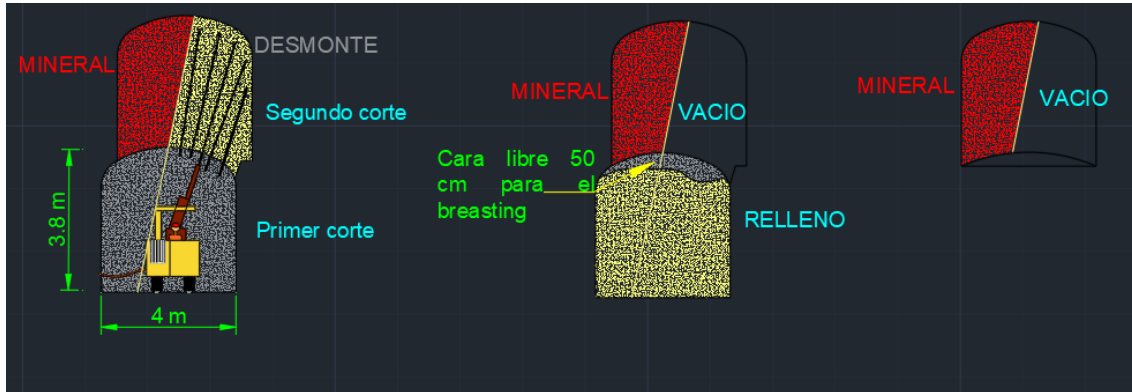


**Figura 45. Perforación del circado en realce del tajo L-598 V5**



**Figura 46. Voladura y relleno del circado en realce del tajo L-598 V5**

Como se observa en las figuras 43 y 44 después de la perforación vertical se realiza la voladura solamente la zona del desmonte para poder extraer en el siguiente corte solamente el mineral.



**Figura 47. Ciclo de perforación y relleno del tajo L-598 V5**



**Figura 48. Segundo corte del tajo L-598 V5**

### **2.13. Cálculo de dilución del tajo L-598 V5 aplicando el circado en realce**

En el siguiente cuadro se aprecia claramente la disminución porcentual de la dilución de mineral para el mes de mayo con 8.47% de dilución en el segundo corte.

**Tabla 15. Dilución de mineral del tajo L-598 V5 mayo 2021**

DILUCIÓN TAJO L-598 V5 MAYO 2021												
MES	TIPO	TAJO	BLOCK	CU (%)	PB (%)	ZN (%)	Gr/m	t	AREA	AREA	DILUCIÓN	
May-21	P	L-598	3262	0.19	0.48	7.82	99.00	1115.85	120.40	131.54	8.47%	
								<b>TONELADAS</b>	1116	120.40	131.54	<b>8.47%</b>
								<b>MINERAL</b>				
<b>DILUCIÓN TAJO L-598 V5 MAYO-2021 8.47%</b>												

## 2.14. Costos unitarios del método de minado *cut & fill* con circado en realce

### 2.14.1. Parámetros de minado

Dentro de los parámetros para realizar el circado en realce se considera que tiene que ser de tipo de roca competente en las cajas techo y piso para poder tener un mejor control de mineral; la potencia de mineral debe ser considerable, el topeo de mineral y relleno se debe realizar con telemando.

### 2.14.2. Precios unitarios.

Para los costos unitarios de avance están incluidos el alquiler de equipo, perforación, voladura y limpieza, después de una evaluación y contrato con las contratas mineras se llega a un precio unitario para el avance en \$ 399.99 por metro lineal.

Respecto a la rotura el cual dentro de ello se encuentra realce, desquinche y breasting, como precio unitario se considera \$ 24.39 por metro cubico.

En el relleno se costea de acuerdo a las horas trabajadas los equipos netamente en relleno detrítico del cual se multiplica por el alquiler del equipo por hora, en este caso el alquiler del equipo *scoop* de 6 yd tiene un costo de \$ 85.00 por hora trabajada, los *dumper* tienen el costo de \$ 90.00 por hora trabajada.

### 2.14.3. Precios unitarios por metro de avance

**Tabla 16. Precio unitario por metros en avance**

CIA. MINERA SANTA LUISA. S.A. DIVISION MINA							
<u>COSTO UNITARIO POR MT DE AVANCE SECCION 4.00 x 3.80 Mt.</u>							
<u>AVANCE GALERIA/ ACCESOS/ CAMARAS HORIZONTALES</u>							
N° DE TALADROS	44	40	Cargados				
LONGITUD DE BARRA	14	pies					
TALADRO PERFORADO	13.00	pies					
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.86	%					
AVANCE POR DISPARO	3.42	mts		TONELAJE ROTO:	135.18	ton	
PIES PERFORADOS	572.00	pies		RENDIMIENTO DE SCOOP LIMPIEZA:	59.84	ton/hr	
M3 ROTOS	51.99	m3		RENDIMIEN JUMBO (45 MM):	60.00	mt/hr	
APROBADO	JJB			DENSIDAD DEL MATERIAL:	2.6	ton/m3	
INCLUYE	LIMPIEZA 200 MTS						
FECHA ELABORACION	Feb-21						
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PU US	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL US
<b>1.0</b>	<b>COSTOS VARIABLES</b>						
<b>1.1</b>	<b>Perforación</b>						
	Aceros de Perforación	572.00	P.P.	0.27	155.86	45.57	
	Aceros de Rimado	39.00	P.P.	0.43	16.77	4.90	
	Aceros Cancamo	3.00	P.P.	0.27	0.82	0.24	<b>50.71</b>
<b>1.2</b>	<b>Voladura</b>						
	Anfo				<b>3.54</b>		
	Emulsión 1 1/8" x 6"						
	Fanel						
	Pentacord						
	Guía Blanca						
	Fulminantes						
<b>1.3</b>	<b>Equipos</b>						
	Jumbo EH	2.86	H.M	67.90	194.20	56.78	
	Scoop 6 yd3	2.26	H.M	70.83	160.00	46.78	
	Cargador anfo	2.00	H.M	30.39	60.78	17.77	<b>121.32</b>
<b>1.4</b>	<b>Costo Fijo de Mano de Obra</b>						<b>158.53</b>
<b>2.0</b>	<b>SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>						<b>330.57</b>
<b>3.0</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>		10%				<b>33.06</b>
<b>4.0</b>	<b>UTILIDAD</b>		10%				<b>36.36</b>
<b>5.0</b>	<b>COSTO TOTAL U.S. \$ / Mt.</b>						<b>\$ 399.99</b>

## 2.14.4. Precios unitarios en metros cúbicos por *breasting*

**Tabla 17. Precio unitario por metros en avance**

CIA. MINERA SANTA LUISA. S.A. DIVISION MINA								
<u>COSTO UNITARIO POR M3 ROTO EN BREASTING</u>								
<u>MINERAL</u>								
RENDIMIENTO	35.00	tal/ gdia						
LONGITUD DE BARRA	14	pies						
TALADRO PERFORADO	12.73	pies						
PESO ESPECIFICO	3.40	ton/ m3						
AVANCE POR DISPARO	3.69	mts						
PIES PERFORADOS	445.5	pies						
M3 ROTOS	51.59	m3/ Gdia						
FECHA ELABORACION	Feb-21							
APROBADO	JJJ							
					TONELAJE ROTO:	175.42	ton	
					RENDIMIENTO DE SCOOP LIMPIEZA:	70.00	ton/ hr	
					RENDIMIEN JUMBO (45 MM):	60.00	mt/ hr	
					DENSIDAD DEL MATERIAL:	3.4	ton/ m3	
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD		P.U . U.S. \$	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL U.S.
<b>1.0</b>	<b>COSTOS VARIABLES</b>							
<b>1.1</b>	<b>Mano de Obra.</b>							
	Jumbero							
	Scoopero			83.33				
	Cargador							
	Ayd. Cargador							
	Desatadores							10.43
<b>1.2</b>	<b>Perforación</b>							
	Aceros de Perforación	445.45	P.P.		0.27	121.38	2.35	
	Aceros cancamo	6	P.P.		0.27	1.63	0.03	2.38
<b>1.4</b>	<b>Implementos y Herramientas</b>							
	Implementos de Seguridad	0.00	Tar		2.32	0.00	0.00	
	Herramientas							0.00
<b>1.5</b>	<b>Equipos</b>							
	Jumbo EH	2.29	H.M		67.90	155.73	3.02	
	Scoop 6 yd3	2.51	H.M		70.83	177.51	3.44	
	Cargadora de anfo	1.50	H.M		30.39	45.59	0.88	7.34
<b>2.0</b>	<b>SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>							20.16
<b>3.0</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>		10%					2.02
<b>4.0</b>	<b>UTILIDAD</b>		10%					2.22
<b>5.0</b>	<b>COSTO TOTAL U.S. \$ / M3</b>							<b>\$ 24.39</b>

## 2.14.5. Precios unitarios en metro cúbico por circado en realce

**Tabla 18. Precio unitario por metros cúbicos en circado en realce desmonte**

CIA. MINERA SANTA LUISA. S.A. DIVISION MINA								
<u>COSTO UNITARIO POR M3 ROTO EN REALCE EN DESMONTE</u>								
MINERAL								
RENDIMIENTO	9.00	tal/ gdia	RELLENO	1.1	min/cucharas	55	cucharas/hora	
LONGITUD DE BARRA	14	pies		1.00	capacidad efectiva de cuchara	3.88	m3	
TALADRO PERFORADO	12.73	pies						
PESO ESPECIFICO	2.60	ton/ m3	RELLENO	213.40	m3/hr			
AVANCE POR DISPARO	3.69	mts						
PIES PERFORADOS	114.5	pies	TONELAJE ROTO:			67.07	ton	
M3 ROTOS	25.80	m3/ Gdia	RENDIMIENTO DE SCOOP LIMPIEZA:			554.84	ton/ hr	
FECHA ELABORACION	Feb-21		RENDIMIEN JUMBO (45 MM):			60.00	mt/ hr	
APROBADO	JJB		DENSIDAD DEL MATERIAL:			2.6	ton/ m3	
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	U.S. \$	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL U.S
<b>1.0</b>	<b>COSTOS VARIABLES</b>							
<b>1.1</b>	<b>Mano de Obra.</b>							
	Jumbero					83.33		
	Scoopero							
	Cargador							
	Ayd. Cargador							
	Desatadores							0.00
<b>1.2</b>	<b>Perforación</b>							
	Aceros de Perforación	114.55	P.P.	0.27		31.21	1.21	
	Aceros cancamo	3	P.P.	0.27		0.82	0.03	1.24
<b>1.4</b>	<b>Implementos y Herramientas</b>							
	Implementos de Seguridad	0.00	Tar	2.32		0.00	0.00	
	Herramientas							0.00
<b>1.5</b>	<b>Equipos</b>							
	Jumbo EH	0.60	H.M	67.90		40.55	1.57	
	Scoop 6 yd3	0.12	H.M	70.83		8.56	0.33	
	Cargadora de anfo	0.30	H.M	30.39		9.12	0.35	2.26
<b>2.0</b>	<b>SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>							3.50
<b>3.0</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>		10%					0.00
<b>4.0</b>	<b>UTILIDAD</b>		10%					0.00
<b>5.0</b>	<b>COSTO TOTAL U.S. \$ / M3</b>							<b>\$ 3.50</b>



## 2.14.6. Precio unitario por metro cubico en desquinche mineral

**Tabla 19. Precio unitario por metros cúbicos en desquinche mineral**

CIA. MINERA SANTA LUISA. S.A. DIVISION MINA							
<b>COSTO UNITARIO POR M3 ROTO EN DESQUINCHE EN MINERAL</b>							
<b>MINERAL</b>							
RENDIMIENTO	15.00	tal/ gdia	LIMPIEZA	4 min/ciclo		127.5 mts	
LONGITUD DE BARRA	14	pies		1.00 capacidad efectiva de cuchara		3.88 m3	
TALADRO PERFORADO	12.73	pies				15 cuch/hr	
PESO ESPECIFICO	3.40	ton/ m3	LIMPIEZA	58.20 m3/hr			
AVANCE POR DISPARO	3.69	mts					
PIES PERFORADOS	190.9	pies	TONELAJE ROTO:			87.71 ton	
M3 ROTOS	25.80	m3/ Gdia	RENDIMIENTO DE SCOOP LIMPIEZA:			197.88 ton/ hr	
FECHA ELABORACION	Feb-21		RENDIMIENTO JUMBO (45 MM):			60.00 mt/ hr	
APROBADO	JJB		DENSIDAD DEL MATERIAL:			3.4 ton/ m3	
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. U.S. \$	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL U.S.
<b>1.0</b>	<b>COSTOS VARIABLES</b>						
<b>1.1</b>	<b>Mano de Obra.</b>						
	Jumbero						
	Scoopero			83.33			
	Cargador						
	Ayd. Cargador						
	Desatadores						10.43
<b>1.2</b>	<b>Perforación</b>						
	Aceros de Perforación	190.91	P.P.	0.27	52.02	2.02	
	Aceros cancamo	3	P.P.	0.27	0.82	0.03	2.05
<b>1.4</b>	<b>Implementos y Herramientas</b>						
	Implementos de Seguridad	0.00	Tar	2.32	0.00	0.00	
	Herramientas						0.00
<b>1.5</b>	<b>Equipos</b>						
	Jumbo EH	0.99	H.M	67.90	66.89	2.59	
	Scoop 6 yd3	0.44	H.M	70.83	31.40	1.22	
	Cargadora de anfo	0.30	H.M	30.39	9.12	0.35	4.16
<b>2.0</b>	<b>SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>						16.64
<b>3.0</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>		10%				1.66
<b>4.0</b>	<b>UTILIDAD</b>		10%				1.83
<b>5.0</b>	<b>COSTO TOTAL U.S. \$ / M3</b>						<b>\$ 20.14</b>

## 2.15. Costo de operación

**Tabla 20. Costo de operación**

Clave	CUENTA DE COSTO	2er. semestre								Resultado (C)	Diferencia (C-B)	Diferencia (C-A)	
		Presupuesto (A)	Modificado (B)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN				
<b>MANO DE OBRA</b>													
10	SUELDOS	49.91		9.76	6.29						16.05	16.05	-33.86
12	REMUNERACIONES AL DIRECTORIO												
13	GRATIFICACIONES EMPLEADOS	8.49		1.26	1.26						2.52	2.52	-5.97
14	GRATIFICACIONES OBREROS												
15	VACACIONES EMPLEADOS	7.76		0.83	0.57						1.40	1.40	-6.36
16	VACACIONES OBREROS												
17	INDEMNIZACIONES EMPLEADOS	4.87		0.81	0.75						1.56	1.56	-3.31
18	INDEMNIZACIONES OBREROS												
19	SEGURIDAD Y PREVISION SOCIAL	12.18		1.81	1.37						3.18	3.18	-8.99
	<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>83.21</b>		<b>14.48</b>	<b>10.23</b>						<b>24.71</b>	<b>24.71</b>	<b>-58.50</b>
	\$/t	1.16		1.90	0.57						0.96	0.96	-0.19
<b>MATERIALES</b>													
22	EXPLOSIVOS	99.38		15.16	19.18						34.35	34.35	-65.04
24	REPUESTOS DE MAQUINARIAS	15.79		4.26	2.05						6.32	6.32	-9.47
	COMBUSTIBLES Y												
25	LUBRICAN/MAT.QUIMICOS	165.72		19.03	25.82						44.86	44.86	-120.86
26	MATERIALES DE CONSTRUCCION	36.06		3.49	6.09						9.58	9.58	-26.48
27	MADERAS												
28	MAT. DE JEBE Y POLIETILEN	2.77		0.51	0.28						0.79	0.79	-1.98
29	MAT. DE ACERO Y SECUNDA	55.08		8.75	10.24						18.99	18.99	-36.09

30	BOLAS DE ACERO							
31	ARTS. DE SEGURIDAD	1.40	0.20	0.22		0.42	0.42	-0.98
32	MATERIALES ELECTRICOS/ELECTRONICOS	19.55	0.96	8.80		9.76	9.76	-9.79
33	HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS	6.44		0.01		0.01	0.01	-6.43
36	PINTURAS	0.69	0.09	0.02		0.11	0.11	-0.58
40	UTILES	1.05	0.09	0.08		0.17	0.17	-0.88
	<b>SUB TOTAL MATERIALES</b>	<b>403.94</b>	<b>52.55</b>	<b>72.80</b>		<b>125.35</b>	<b>125.35</b>	<b>-278.59</b>
	\$/t	5.61	6.89	4.04		4.89	4.89	-0.72

<b>SUB TOTAL DEPRECIACIÓN</b>
<b>\$/TON</b>
<b>GRAN TOTAL</b>
<b>\$/t</b>
<b>GRAN TOTAL SIN ROYALTI</b>
<b>\$/t</b>

86.47		7.91	7.85					15.76	15.76	-70.72
1.20		1.04	0.44					0.61	0.61	-0.59
2,240.33		362.33	556.80					919.12	919.12	-1,321.21
31.12		47.51	30.88					35.82	35.82	4.71
2,240.33		362.33	556.80					919.12	919.12	-1,321.21
31.12		47.51	30.88					35.82	35.82	4.71

## 2.16. Costo de transporte

Tabla 21. Costo de transporte

Clave	CUESTA DE COSTO	Presupuesto (A)	Modificado (B)	1er semestre						Resultado (C)	Diferencia (C-B)	Diferencia (C-A)	
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN				
<b>MANO DE OBRA</b>													
24	REPUESTOS DE MAQUINARIAS			0.14							0.14	0.14	0.14
25	COMBUSTIBLES Y LUBRICAN/MAT.QUIMICOS			0.32							0.32	0.32	0.32
40	UTILES			0.01							0.01	0.01	0.01
<b>SUB TOTAL MATERIALES</b>				<b>0.48</b>							<b>0.48</b>	<b>0.48</b>	<b>0.48</b>
<b>\$/TON</b>				<b>0.06</b>							<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>
521	0304521 MANT.Y REPAR. (TERC.)	164.98		13.03	28.01						41.04	41.04	-123.94
52	MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	164.98		13.03	28.01						41.04	41.04	-123.94
53	FLETES Y GASTOS DE TRANSPORTE	603.48		60.78	145.02						205.80	205.80	-397.68
642	0303642 CONTRATISTAS VARIOS			0.18	0.35						0.53	0.53	0.53
643	0303643 OTROS GASTOS DE CONTRATISTAS												
64	<b>PRODUCCION ENCARGADA A TERCEROS</b>			<b>0.18</b>	<b>0.35</b>						<b>0.53</b>	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>
<b>SUB TOTAL EXPENSAS</b>		<b>768.46</b>		<b>73.99</b>	<b>173.38</b>						<b>247.37</b>	<b>247.37</b>	<b>-521.09</b>
<b>\$/t</b>		<b>10.67</b>		<b>9.70</b>	<b>9.62</b>						<b>9.64</b>	<b>9.64</b>	<b>-1.03</b>
<b>TOTAL</b>		<b>768.46</b>		<b>74.47</b>	<b>173.38</b>						<b>247.85</b>	<b>247.85</b>	<b>-520.61</b>
<b>\$/t</b>		<b>10.67</b>		<b>9.77</b>	<b>9.62</b>						<b>9.66</b>	<b>9.66</b>	<b>-1.01</b>
<b>SUB TOTAL DEPRECIACIÓN</b>													
<b>\$/t</b>													
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>768.46</b>		<b>74.47</b>	<b>173.38</b>						<b>247.85</b>	<b>247.85</b>	<b>-520.61</b>
<b>\$/t</b>		<b>10.67</b>		<b>9.77</b>	<b>9.62</b>						<b>9.66</b>	<b>9.66</b>	<b>-1.01</b>

## 2.17. Costo de planta

Tabla 22. Costo de planta

Clave	CUENTA DE COSTO	Presupuesto (A)	Modificado (B)	1er semestre						Resultado (C)	Diferencia (C-B)	Diferencia (C-A)
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN			
68	OTRAS CARGAS DIVERSAS DE GESTION	1,217.59		120.60	174.02					294.62	294.62	-922.97
	<b>SUB TOTAL EXPENSAS</b>	<b>1,217.59</b>		<b>120.60</b>	<b>174.02</b>					<b>294.62</b>	<b>294.62</b>	<b>-922.97</b>
	<b>\$/TON</b>	<b>16.91</b>		<b>15.81</b>	<b>9.65</b>					<b>11.48</b>	<b>11.48</b>	<b>-5.43</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>1,217.59</b>		<b>120.60</b>	<b>174.02</b>					<b>294.62</b>	<b>294.62</b>	<b>-922.97</b>
	<b>\$/TON</b>	<b>16.91</b>		<b>15.81</b>	<b>9.65</b>					<b>11.48</b>	<b>11.48</b>	<b>-5.43</b>
	<b>DEPRECIACIÓN</b>											
80	AMORTIZACIONES	4.22										-4.22
	<b>SUB TOTAL DEPRECIACIÓN</b>	<b>4.22</b>										<b>-4.22</b>
	<b>\$/TON</b>	<b>0.06</b>										<b>-0.06</b>
	<b>GRAN TOTAL</b>	<b>1,221.81</b>		<b>120.60</b>	<b>174.02</b>					<b>294.62</b>	<b>294.62</b>	<b>-927.19</b>
	<b>\$/TON</b>	<b>16.97</b>		<b>15.81</b>	<b>9.65</b>					<b>11.48</b>	<b>11.48</b>	<b>-5.49</b>
	<b>GRAN TOTAL SIN ROYALTI</b>	<b>1,221.81</b>		<b>120.60</b>	<b>174.02</b>					<b>294.62</b>	<b>294.62</b>	<b>-927.19</b>
	<b>\$/TON</b>	<b>16.97</b>		<b>15.81</b>	<b>9.65</b>					<b>11.48</b>	<b>11.48</b>	<b>-5.49</b>

## 2.18. Definición de términos básicos

- **Burden.** Es la distancia entre el taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación, el burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear. (14)
- **Control de la dilución.** Es un factor importante en el control general de las leyes de producción, evitándose grandes fluctuaciones de las mismas en perjuicio de la planta. (14)
- **Corte y relleno.** Consiste en arrancar por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de una tajo y avanzando verticalmente, el mineral es cargado por la franja horizontal y/o vertical empezando de la parte inferior de un tajo, cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril (relleno) que sirve de piso de trabajo a los obreros y al mismo tiempo permite sostener las paredes del caserón, y en algunos casos especiales el techo y sirve a la vez de sostenimiento de los hastiales, la explotación de corte y relleno. (14)
- **Estimación.** Proceso de encontrar una estimación o aproximación, que es un valor que puede utilizarse para algún propósito, incluso si los datos de entrada pueden ser incompletos, inciertos o inestables. No obstante, el valor es utilizable porque se deriva de la mejor información disponible. (14)
- **Masa rocosa.** Es el medio in situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales. (14)
- **Perforación.** Es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores. (14)

- **Perfil geotectónico.** Es el conjunto de actividades que comprende la investigación del subsuelo los análisis y recomendaciones para el diseño construcción en el subsuelo. (14)
- **Reservas.** Es la guarda o custodia que se hace de algo con intención de que sirva a su tiempo. Una reserva es algo que se cuida o se preserva para que pueda ser utilizado en el futuro o en caso de alguna contingencia. (14)
- **Recursos.** Un recurso es una fuente o suministro del cual se produce un beneficio. Normalmente los recursos son materiales u otros activos que son transformados para producir un beneficio y en el proceso pueden ser consumidos o no estar más disponibles. (14)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

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

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

###### **a) Método general**

El método científico es un procedimiento de indagación para tratar un conjunto de problemas desconocidos, en el cual se hace uso fundamentalmente del pensamiento lógico. En efecto, como señala el autor, un método científico es la manera sistematizada en que se efectúa el pensamiento reflexivo que nos permitirá llevar a cabo un proceso de investigación científica. El método científico es el camino planeado o la estrategia que se sigue para descubrir las propiedades del objeto de estudio. (15)

###### **b) Métodos específicos**

El método de investigación es experimental, ya que se está haciendo uso de la manipulación de las variables, a su vez se realizan recopilaciones de información. Trabajo de campo, trabajo de gabinete y finalmente se obtendrán resultados.

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

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

El tipo de investigación es la aplicada, ya que se preocupa por la aplicación del conocimiento científico producto de la investigación básica. Es un primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito



fundamental es dar solución a problemas prácticos. Son ejemplos de este tipo de investigación: Aplicación de los factores causales de la desertificación para corregirlo. (16)

### **3.2.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es explicativo por que tiene como propósito explicar las causas que originan un fenómeno y la verificación de hipótesis causales y explicativas. Responde a la pregunta ¿por qué? El objetivo es explicar. (16)

### **3.2.3. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es causal- comparativo  $M1:01X$  ya que se utiliza cuando se quiere determinar el grado de influencia de una variable independiente sobre la variable dependiente, en forma comparativa. (16)

## **3.3. Población y muestra**

### **3.3.1. Población**

La población puede ser definida como la totalidad de los elementos que conforman la realidad que se va a investigar, cualquier conjunto de elementos que tenga uno o más propiedades comunes, conjunto de individuos personas o instituciones que son motivo de investigación. (17)

Para la presente investigación se toma cuenta una población conformada por el nivel L-4455 de la unidad minera Pallca de la compañía minera Santa Luisa.

### **3.3.2. Muestra**

Es el subconjunto parte del universo o población, seleccionado por métodos diversos y representa a la población. Es un grupo relativamente pequeño de unidades de población, que supuestamente representa en mayor o menor medida las características de la población.” (17)

Para la presente tesis se toma en cuenta una muestra conformada por el tajo L-598 V5.

### **3.4. Técnica e instrumentos para la recolección de datos.**

#### **3.4.1. Técnicas utilizadas para la recolección de datos**

Existe pluralidad en las técnicas para la recolección de los datos, cada una debidamente estructurada y ordenada, que guarda relación al método y tipo de investigación, permitiendo encontrar información y respuesta ante los problemas de la presente investigación.

Para la investigación se realizará mediante un mapeo geomecánico, geológico y operacional con la finalidad de recolectar los datos necesarios en campo y poder distinguir las condiciones presentes en la mina.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

En siguiente, se presenta el fruto de la investigación, empleando la aplicación del método *cut & fill* con circado y su influencia en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Ancash – 2021.

##### **4.1.1. Análisis de la dilución del mineral del tajo L-598 V5.**

La dilución del mineral durante el año 2020 con el método *cut & fill* en el tajo L-598 V5 se obtuvo en promedio 13.09 % ya que el mineral extraído se contaminaba con el desmonte del contacto y de la caja techo, afectando a las leyes de mineral e incrementando los costos de mina y planta.

En mayo del 2021 se evidencia una gran diferencia de dilución de mineral aplicando el control con el circado en realce optimizando el costo de mina, costo de la planta de procesos y costo de transporte de mineral.

**Tabla 23. Cuadro de dilución de mineral en el tajo L-598 V5**

DILUCIÓN TAJO L-598 V5 2020-2021											
MES	TIPO	TAJO	BLOCK	CU (%)	PB (%)	ZN (%)	Gr/m	t	ÁREA	ÁREA	DILUCIÓN
Jul-20	P	L-598	3262	0.19	0.48	7.82	99.00	893.12	117.92	132.45	10.97%
Ago-20	P	L-598	3262	0.17	0.50	9.57	45.00	164.00	113.56	129.54	12.34%
Set-20	P	L-598	3262	0.21	0.47	8.54	55.00	485.25	114.87	130.20	11.77%
Oct-20	P	L-598	3262	0.24	0.49	7.56	40.00	884.65	119.20	140.53	15.18%
Dic-20	P	L-598	3262	0.18	0.50	7.92	35.00	527.68	116.30	132.65	12.33%
Ene-21	P	L-598	3262	0.19	0.48	8.01	52.00	1094.32	120.30	138.50	13.14%
Mar-21	P	L-598	3262	0.18	0.48	7.89	35.00	778.59	118.60	138.90	14.61%
Abr-21	P	L-598	3262	0.20	0.49	7.24	63.00	954.64	116.90	136.50	14.36%
<b>TONELADAS MINERAL</b>								<b>5782</b>	937.65	1079.27	<b>13.09%</b>
DILUCIÓN TAJO L-598 V5 MAYO 2021											
MES	TIPO	TAJO	BLOCK	CU (%)	PB (%)	ZN (%)	Gr/m	t	ÁREA	ÁREA	DILUCIÓN
May-21	P	L-598	3262	0.19	0.48	7.82	99.00	1115.85	120.40	131.54	8.47%
<b>TONELADAS MINERAL</b>								<b>1116</b>	120.40	131.54	<b>8.47%</b>

#### a) Análisis e interpretación de resultados.

- En el año 2020 se evidencia una cantidad considerable en la dilución de mineral. Se observa que en el mes de octubre se obtuvo 15.18 % de dilución, lo cual es crítico. También se obtiene un 13.09 % de dilución de mineral promedio en ese año, esto implica el incremento de los costos de mina y transporte.
- En el mes de mayo del 2021, aplicando el circado en realce se pudo controlar la dilución de mineral a un 8.47 % obteniendo como diferencia 4.62% de dilución que se pudo reducir.
- En el mes de mayo del 2021 se evidencia que el tonelaje extraído es superior a los meses del 2020 llegando a 1115.85 toneladas métricas de mineral.

#### 4.1.2. Análisis del método *cut & fill* con circado en realce

El método *cut & fill* con circado tiene muchas ventajas en lo económico como también en lo operativo ya que el resultado es un mejor control de dilución de mineral como también la reducción de costos operativos como es el transporte y acarreo de mineral.

**Tabla 24. Cuadro de análisis de costos del método *cut & fill* con circado en realce**

					U.E.A. BERLIN
			Referencia	TC	3.35
BREASTING	Unidad	Precio Unitario (\$)	Metrado (mts)	Total, US\$	Observación
L-598 V5	mts	24.39	150.00	3,658.37	

CIRCADO EN REALCE	Unidad	Precio Unitario (\$)	Metrado (mts)	Total, US\$	Observación
L-598 V5	mts	23.63	150.00	3,545.24	

### a) Análisis e interpretación de resultados

- La principal ventaja del método *cut & fill* con circado es el control de la dilución que llegó en el mes de mayo 2021 a 8.47 %, esto muestra que está por debajo de lo establecido.
- En el comparativo de costos, el método *cut & fill* tiene como costo por m<sup>3</sup> el valor de 24.39 dólares; mientras que el método *cut & fill* con circado el costo por m<sup>3</sup> es de 23.63 dólares, siendo este mucho más rentable.
- En el método *cut & fill* tiene un costo elevado de relleno mientras con el método *cut & fill* con circado, el costo de relleno es mínimo.

#### 4.1.3. Análisis de la distribución de taladros de perforación en el circado.

La distribución de taladros de perforación realizada para el circado en realce se implementó previo pruebas en campo, obteniendo 3 taladros por fila, los cuales están separados por 1 metro; mientras el taladro cerca del contacto con panizo se realiza 20 centímetros antes de esa manera no afectando al mineral ni provocando la dilución de mineral, también posee un bajo costo a comparación del método *cut & fill*.

**Tabla 25. Cuadro de análisis de costos de explosivos**

CONSUMO DE EXPLOSIVOS				
CIRCADO		CUT & FILL		
N° TALADROS	483	N° TALADROS	605	
CONSUMO DE EMULSIÓN	483	CONSUMO DE EMULSIÓN	605	
CONSUMO DE ANFO	1449	CONSUMO DE ANFO	1815	
CIRCADO		CUT & FILL		DIFERENCIA
Precio anfo \$/kg	0.5654	\$819.26	\$1,026.20	<b>\$206.94</b>
Precio emulsión \$/kg	1.76	\$850.08	\$1,064.80	<b>\$214.72</b>

#### a) Análisis e interpretación de resultados

- La distribución de taladros en la perforación es muy importante, ya que controla la dilución de mineral y no afecta a las cajas techo ni piso.
- El total de taladros realizados en el método *cut & fill* con circado es de 183 taladros en 60.5 metros y en el minado del desquinche de mineral se realizan 300 taladros mientras que en el método *cut & fill* se realiza 605 taladros.
- El consumo de aceros y explosivos es mucho menor en el método *cut & fill* con circado, en este se utilizó 483 emulsiones; mientras que, en el método *cut & fill* se utiliza 605 emulsiones. Así, se optimizó 214.72 dólares.
- El consumo de anfo es mucho menor en el método *cut & fill* con circado obteniendo 1449 kilogramos de anfo; mientras que, en el método *cut & fill* se utiliza 1815 kilogramos de anfo optimizando 206.93 dólares.

#### 4.1.4. Análisis del costo unitario de avances en metros lineales y rotura en metros cúbicos.

Los costos unitarios de acuerdo precio unitario está relacionado con el costo de alquiler de equipos, los costos en la perforación, el costo de gasto de aceros, la limpieza de mineral máximo 200 metros según acuerdo con la contrata, el carguío y la voladura.

**Tabla 26. Costos unitarios de operaciones mina en avance, breasting y realce**

<b>1.0 COSTOS VARIABLES</b>								
<b>1.1 Mano de Obra.</b>								
Jumbero				83.33				
Scoopero								
Cargador								
Ayd. Cargador								
Desatadores							10.43	
<b>1.2 Perforación</b>								
Aceros de Perforación	445.45	P.P.	0.27	121.38	2.35			
Aceros cancamo	6	P.P.	0.27	1.63	0.03		2.38	
<b>1.4 Implementos y Herramientas</b>								
Implementos de Seguridad	0.00	Tar	2.32	0.00	0.00			
Herramientas							0.00	
<b>1.5 Equipos</b>								
Jumbo EH	2.29	H.M	67.90	155.73	3.02			
Scoop 6 yd3	2.51	H.M	70.83	177.51	3.44			
Cargadora de anfo	1.50	H.M	30.39	45.59	0.88		7.34	
<b>2.0 SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>							20.16	
<b>3.0 GASTOS GENERALES</b>							10%	2.02
<b>4.0 UTILIDAD</b>							10%	2.22

<b>1.0 COSTOS VARIABLES</b>								
<b>1.1 Mano de Obra.</b>								
Jumbero				83.33				
Scoopero								
Cargador								
Ayd. Cargador								
Desatadores							0.00	
<b>1.2 Perforación</b>								
Aceros de Perforación	114.55	P.P.	0.27	31.21	1.21			
Aceros cancamo	3	P.P.	0.27	0.82	0.03		1.24	
<b>1.4 Implementos y Herramientas</b>								
Implementos de Seguridad	0.00	Tar	2.32	0.00	0.00			
Herramientas							0.00	
<b>1.5 Equipos</b>								
Jumbo EH	0.60	H.M	67.90	40.55	1.57			
Scoop 6 yd3	0.12	H.M	70.83	8.56	0.33			
Cargadora de anfo	0.30	H.M	30.39	9.12	0.35		2.26	
							1.14	
<b>2.0 SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>							3.50	
<b>3.0 GASTOS GENERALES</b>							10%	0.00
<b>4.0 UTILIDAD</b>							10%	0.00

<b>1.0 COSTOS VARIABLES</b>								
<b>1.1 Mano de Obra.</b>								
Jumbero				83.33				
Scoopero								
Cargador								
Ayd. Cargador								
Desatadores							10.43	
<b>1.2 Perforación</b>								
Aceros de Perforación	190.91	P.P.	0.27	52.02	2.02			
Aceros cancamo	3	P.P.	0.27	0.82	0.03		2.05	
<b>1.4 Implementos y Herramientas</b>								
Implementos de Seguridad	0.00	Tar	2.32	0.00	0.00			
Herramientas							0.00	
<b>1.5 Equipos</b>								
Jumbo EH	0.99	H.M	67.90	66.89	2.59			
Scoop 6 yd3	0.44	H.M	70.83	31.40	1.22			
Cargadora de anfo	0.30	H.M	30.39	9.12	0.35		4.16	
<b>2.0 SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>							16.64	
<b>3.0 GASTOS GENERALES</b>							10%	1.66
<b>4.0 UTILIDAD</b>							10%	1.83

<b>1.0</b>	<b>COSTOS VARIABLES</b>						
<b>1.1</b>	<b>Perforación</b>						
	Aceros de Perforación	572.00	P.P.	0.27	155.86	45.57	
	Aceros de Rimado	39.00	P.P.	0.43	16.77	4.90	
	Aceros Cancamo	3.00	P.P.	0.27	0.82	0.24	<b>50.71</b>
<b>1.2</b>	<b>Voladura</b>						
	Anfo				3.54		
	Emulsión 1 1/8" x 6"						
	Fanel						
	Pentacord						
	Guía Blanca						
	Fulminantes						
<b>1.3</b>	<b>Equipos</b>						
	Jumbo EH	2.86	H.M	67.90	194.20	56.78	
	Scoop 6 yd3	2.26	H.M	70.83	160.00	46.78	
	Cargador anfo	2.00	H.M	30.39	60.78	17.77	<b>121.32</b>
<b>1.4</b>	<b>Costo Fijo de Mano de Obra</b>						<b>158.53</b>
<b>2.0</b>	<b>SUB- TOTAL COSTO DIRECTO.</b>						<b>330.57</b>
<b>3.0</b>	<b>GASTOS GENERALES</b>						<b>33.06</b>
							10%
<b>4.0</b>	<b>UTILIDAD</b>						<b>36.36</b>
							10%

### a) Análisis e interpretación de resultados

- El costo obtenido de perforación y consumo de aceros son mínimos ya que en el circado en realce se realiza menor perforación de taladros que en el método *cut & fill* teniendo una diferencia de 1.14 dólares por metro cúbico.
- El alquiler de los equipos está asociado a las horas de trabajo del equipo siendo esta menor en un 20 %.
- La limpieza de mineral será mucho más rápida ya que solo se limpiará mineral con un equipo de 6 yd a una cámara menor a 200 metros.



## CONCLUSIONES

1. La dilución de mineral del tajo L-598 V5 en el nivel 4455 durante el año 2020 se presentó con un promedio de 13.09 % de dilución de mineral; mientras que, en mayo del 2021 aplicando el método *cut & fill* con circado se obtuvo 8.47 % de la dilución de mineral, influyendo positivamente en las leyes de mineral y facilitando el proceso metalúrgico.
2. El diseño de la malla de perforación con método *cut & fill* con circado es muy apropiado de acuerdo al tipo de terreno que se presenta en el nivel 4455, ya que se logra optimizar 122 taladros. De esta manera se ahorró en los costos de perforación, aceros y explosivos; dando como resultado 421.66 dólares. Así, se influye positivamente en el proceso de minado.
3. Los costos de operación de acuerdo al método *cut & fill* y *cut & fill* con circado tienden a tener una diferencia de 0.75 dólares por metro cúbico ya que el método *cut & fill* con circado en realce es mucho más rentable a comparación de del método *cut & fill*.
4. Los costos de relleno detrítico después de realizar la extracción de mineral son variables, ya que con el método *cut & fill* el costo de relleno es de 4080 dólares en 48 horas efectivas; mientras que, con el método *cut & fill* con circado, el relleno es de 850 dólares, ya que solamente se topeará el desmonte y realizará transferencia de desmonte de 10 horas efectivas.
5. El tiempo de minado del tajo L-598 V5 está programado para 2 meses por corte, ya que el mineral se presenta en circado, por lo que el tiempo de ejecución del tajo será igual para el método *cut & fill* y el método *cut & fill* con circado.
6. El costo presupuestal de mina es de 31.12 dólares por tonelada. En el mes de enero, febrero y marzo el promedio de costo de mina fue de 47.51 dólares por tonelada estando por encima de lo presupuestado. El mes de mayo se aplicó el método *cut & fill* con circado, así se logró disminuir a 30.88 dólares por tonelada, siendo esta una reducción significativa de costos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar software para el planeamiento de minado como el *data mine* para poder calcular a mayor exactitud el control de dilución de mineral.
2. Se recomienda usar el software *jk simblast* para poder simular la voladura en el método *cut & fill* con circado para tener una mejor visión y poderla aplicar en campo.
3. Se recomienda realizar programas a corto plazo para el control de pérdidas de mineral y poder controlar la variabilidad geológica de la veta berlín.
4. Se recomienda realizar voladura controlada para no diluir al mineral usando el método de voladura *smooth blasting*.
5. Se recomienda usar los equipos de carreo de 4 yd o 3.5 yd para poder realizar una limpieza selectiva en los tajos de vetas angostas al realizar la voladura en circado de mineral.
6. Finalmente, se recomienda aplicar el método *cut & fill* con circado en más tajos de producción, verificando la calidad de roca y condiciones geológicas ya que se requiere el tipo de roca competente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACOSTA, Ruben. Explotación de vetas angostas con métodos de circado - corte y relleno ascendente para mejorar productividad – unidad minera Virgen de Chapi 87 de ICA S.A.C- 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo- Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 73 pp.
2. CONCHA, Alejandro. Explotación de vetas angostas mediante los métodos de circado – corte y relleno ascendente de la veta maría elena – unidad minera Eureka – cía. minera Cháparra. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa - Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2014, 131 pp.
3. SANCHEZ, Falem. Rentabilidad en la recuperación de puentes y pilares por el método de explotación de circado en la minería artesanal de la comunidad campesina de Llacuabamba – Parcoy – Patáz – La Libertad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 82 pp.
4. BEDÓN, Máximo. Mejoramiento del proceso de minado para el control de dilución y leyes de mineral en la concesión minera “El extraño” Consorcio Peruano de Minas S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz - Perú: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 2019, 106 pp.
5. CALIXTO, Celedonio Control de dilución optimizando los procesos unitarios de perforación, voladura y acarreo: Caso práctico; una mina subterránea del norte. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015, 71 pp.
6. SERIN, Roger. Reducir el porcentaje de dilución, mediante voladura controlada en los tajos de producción en la mina Marsa-Retamas. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2017,96 pp.

7. TUMIALAN, Pedro. *Compendio de yacimientos minerales del Perú*. Lima - Perú. INGEMMET, 2003, D.L.50 1302003-0809
8. YAMANAKA, K., FUJINAMI, T. y DÍAZ EZQUIVEL, E. *Progreso de exploración y geología del yacimiento Pallca*. [En línea] [fecha de consulta: 27 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CNM7-007.pdf>
9. ATSUSHI, G. et. al. Exploration of the zone Pallca and discovery of the Culebra Pb - Zn mineralized zone. *Shigen-Chishitsu*. 1998, 48 (1), 9-26. ISSN: 0918-2454.
10. FUKAHORI, Y. y SAKOGAICHI, K. Mineralization characteristics in the cumbre area Huanzala Mining District. *Shigen-Chishitsu*. 1998, 40(1), 23-33. ISSN: 0026-5209.
11. CONDORI, Edgar. Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto Atalaya, distrito Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Arequipa - Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2018, 106 pp.
12. BARTON, N., LIEN, R. y LUNDE, J. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel. *Rock Mechanics*. 1998, 6 (4), 189-236.
13. SANCHEZ, Patrik. Evaluación geomecánica para el dimensionamiento de tajos en el sistema de explotación por taladros largos en la unidad minera Untuca Cori Puno S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2018, 114 pp.
14. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Glosario técnico minero*. [En línea] Bogotá, 2015 [fecha de consulta: 29 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>

15. CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Ecuador : Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE,2018. ISBN:978-9942-765-44-4.
  
16. NOVALES, Alfonso. *Análisis de regresión*. [En línea] España : Universidad Complutense de Madris, 2020. [fecha de consulta: 15 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>
  
17. LÓPEZ, Pedro. *Población muestra y muestreo*. Cochabamba : Punto Cero, 2004. ISBN: 1815-0276.

## **ANEXOS**

## Anexo 01:

### Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Metodología	Muestra
¿Cuál es la influencia de la aplicación del método Cut & Fill con circado en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021?	Determinar la influencia de la aplicación del método Cut & Fill con circado en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021.	La aplicación del método Cut & Fill con circado influye positivamente en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021.	VI: Método Cut & Fill con circado VD: Control de dilución	<b>Tipo de investigación</b> : Aplicada  <b>Nivel de investigación</b> : Explicativo  <b>Diseño de la investigación</b> : Causal - Comparativa	<b>Población:</b> La población está conformada por el nivel L-4455 de la unidad minera Pallca de la compañía minera Santa Luisa
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específica			<b>Muestra:</b>
➤Cuál es la influencia de la aplicación del	➤ Determinar cuál es la influencia de la aplicación del diseño de	➤ La malla de perforación influye positivamente en el control de la			

<p>diseño de malla de perforación en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A. Áncash - 2021?</p> <p>➤ ¿Cuál es la influencia de los costos en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash - 2021?</p>	<p>malla de perforación en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A. Áncash – 2021.</p> <p>➤ Determinar cuál es la influencia de los costos en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Áncash – 2021.</p>	<p>dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A. Áncash – 2021</p> <p>➤ Los costos influyen positivamente en el control de la dilución en el nivel 4455 en compañía minera Santa Luisa S.A., Ancash – 2021.</p>	<p>Está conformada por el tajo L-598 V5</p>
--	--	---	---



## Anexo 02

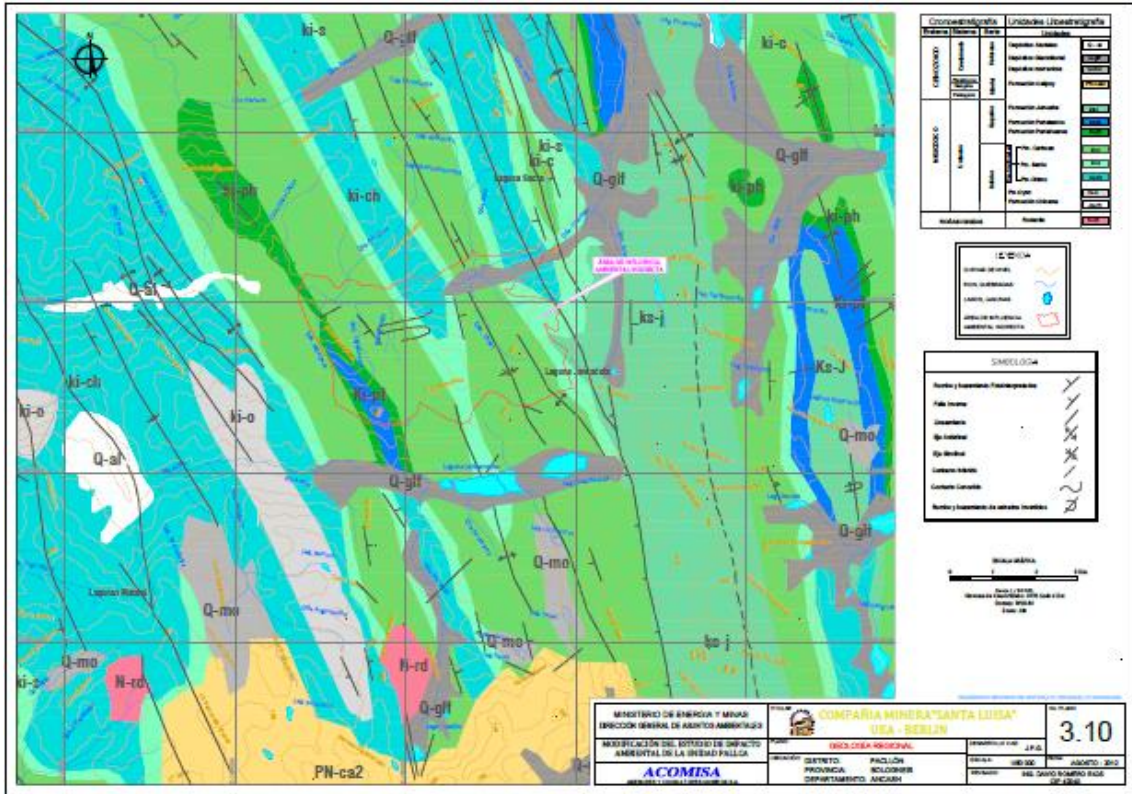
### Operacionalizacion de variables

<u>OPERACIONALIZACION DE VARIABLES</u>			
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
		DIMENSION	SUBDIMENSION
VI: Método de circado	Es un método de minado selectivo en estructuras de mineral de poca potencia en la que se extrae primero el material no económico y posteriormente el mineral de alta ley.	Es un método de minado selectivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de malla de perforación</li> <li>• Costos</li> </ul>
VD: control de dilución	La dilución ocurre cuando el mineral se mezcla con una cantidad considerable de material detrítico, diluyendo la concentración de leyes.	Concentración de ley de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilucion de mineral</li> <li>• Ley de mineral</li> </ul>



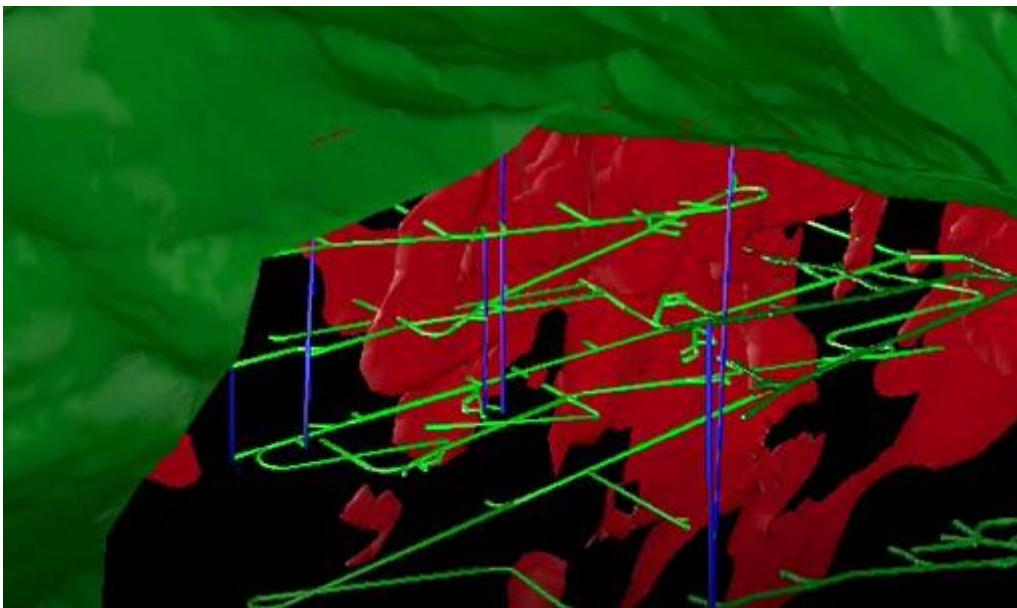
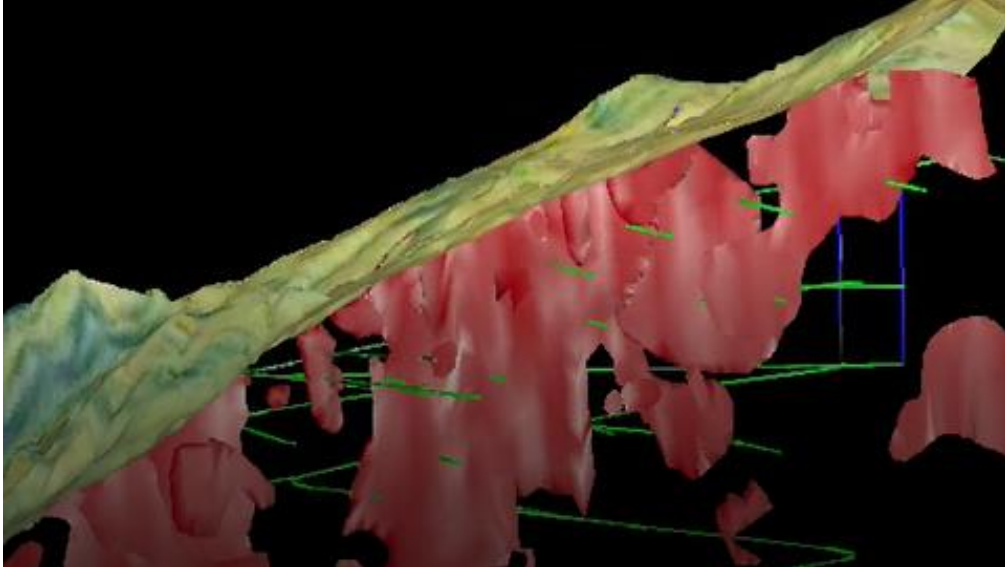
# Anexo 04

## Plano de geología regional de Pallca



## Anexo 05

### Plano en 3d de Pallca



## Anexo 06

### Polvorin de accesorios, ensebado del explosivo



## Anexo 08

### Carguio del frente y circado



## Anexo 09

**Valores de las constantes  $m_i$  para la roca intacta, para cada grupo de roca. nótese que los valores en paréntesis son estimados (hoek, 2000).**

Tipo de Roca	Clase	Grupo	Textura				
			Gruesa	Media	Fina	Muy Fina	
SEDIMENTARIAS	Clásticas		Conglomerado (22)	Arenisca 19 ----- Gauvaca ----- (18)	Limolita 9	Argilita 4	
	No Clásticas	Orgánicas		----- Creta ----- (7) ----- Carbón ----- (8 - 21)			
		Carbonáticas	Brecha (20)	Caliza Esparística (10)	Caliza micrita 8		
		Químicas		Yeso 16	Anhidrita 13		
METAMORFICAS	No Foliadas		Mármol 9	Cornubianita (19)	Cuarcita 24		
	Ligeramente Foliadas		Migmatita (30)	Anfibolita 25-31	Milonitas (6)		
	Foliadas *		Gneis 33	Esquisto 4-8	Filita (10)	Pizarra 9	
IGNEAS	Claras		Granito 33 Granodiorita (30) Diorita (28)		Riolita (16) Dacita (17) Andesita 19	Obsidiana (19)	
	Oscuras		Gabro (27) Norita (22)	Dolerita (19)	Basalto (17)		
	Extrusivas tipo piroclásticas		Aglomerado (20)	Brecha (18)	Toba 15		

\* Estos valores son para especímenes de roca intacta, ensayados de forma normal a la estratificación o foliación. Los valores de  $m_i$  serán significativamente diferentes ocurre a lo largo de los planos de debilidad.

## Anexo 10

### Precios unitarios compañía minera Santa Luisa

Ítem	Descripción	Tipo	P.U .	UNIDAD	P.U .	%Reducción
1	COSTO UNITARIO POR MT DE AVANCE SECCION 5.00 x 4.00 Mt.	AVANCE RAMPA O GALERIA	440.38	\$ / m	445.28	1.1%
2	COSTO UNITARIO POR MT DE AVANCE SECCION 4.00 x 3.80 Mt.	AVANCE GALERIA/ ACCESOS/ CAMARAS HORIZONTALES	399.99	\$ / m	404.27	1.1%
3	COSTO UNITARIO POR M DE CUNETAS (0.30m x 0.30m).	DESMONTE	8.86	\$ / m	8.86	0.0%
4	COSTO UNITARIO POR INSTALACION DE PERNO CON JUMBO.	LONGITUD 8 PIES	9.23	\$ / pza	9.23	0.0%
5	COSTO UNITARIO POR M3 ROTO EN BREASTING	MINERAL	22.11	\$ / m3	22.43	1.4%
6	COSTO UNITARIO POR M3 ROTO DE DESQUINCHE	DESMONTE	22.11	\$ / m3	22.43	1.4%
7	ALQUILER DE SCOOP 6.00 YD3	(CARGUÍO DE VOLQUETE, OTROS)	85.00	\$ / hr	85.00	0.0%
8	RELLENO DE TAJOS	VARIABLE DE ACUERDO A LA DISTANCIA (EJ. PARA 200m)	4.83	\$ / m3	4.83	0.0%
9	COSTO DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	(EQUIPOS - MOVILIARIO - OTROS)	43,500.00	\$	43,500.00	0.0%
10	ALQUILER DE CAMIONETA	HI LUX DOBLE CABINA	90.00	\$/día	90.00	0.0%
11	ALQUILER DE CAMION	HYUNDAI	100.00	\$/día	100.00	0.0%
12	ALQUILER DE DUMPER 20 TON	MT-2010 (alquiler siempre y cuando cuente con 02 scoop 6yd3).	90.00	\$ / hr	90.00	0.0%



## Anexo 11

### Costo de perforadora por pie perforado

		Unidad	Perforadora				
<b>I.</b>	<b>VALOR DE DEPRECIACION</b>			<b>Calculo interes</b>			
	1. Precio inicial	USD	6,500.00	Interes anual	=	12.00%	
	2. Costo mantenimiento y repuestos	USD	8,450.00	Interes	=	Precio *((1+i)^n-1)	
	3. Vida util	PP	100,000.00	Años	=	2.38	
				Total	=	2013.32	
				Interes/pp	=	0.020	
<b>II.</b>	<b>COSTO DE PROPIEDAD</b>						
	4. Depreciación (3)/(1)	USD/ PP	0.07				
	5. Pies perforados/ año	PP	42,000.00	Longitud nominal			
	6. Vida util	AÑOS	2.38	Longitud real			
	7. Costo financiero			Longitud efectiva			
	(1)*(1+i)^n/(4), i=12%	USD/ PP	0.02	2.000	1.500	75.0%	1.500
	<b>8. Costo de Propiedad: (4)+(7)</b>	<b>USD/ PP</b>	<b>0.09</b>	4.000	3.500	87.5%	2.000
<b>III.</b>	<b>COSTO DE OPERACION</b>			6.000	5.500	91.7%	<u>2.000</u>
	9. Costo repuestos	USD/ PP	0.08				5.500
	11. Costo operación	USD/ PP	0.08				
<b>IV.</b>	<b>Costo de la perforadora</b>	USD/ PP	0.17				
<b>V.</b>	<b>COSTO FIJO</b>						
	12. Pies perforados/ mes	PP	3500				
		<b>USD/ PP</b>	0.17				
			<b>593.7</b>				

## Anexo 12

### Eficiencia de limpieza de scoop de 6 yardas desmonte a 200 metros

<u>EFICIENCIA LIMPIEZA DE SCOOP DE 6.00 yd3 desmonte A 200 MT</u>																				
<b>SCOOP DE 6.00 YD3</b>																				
Velocidad Promedio Cargado (f	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
Velocidad Promedio Vacío (Kr	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Capacidad Nominal de cuchara (	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Factor de llenado de cuchara	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Capacidad efectiva Cuchara (m <sup>3</sup>	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88
Densidad Material	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Esponjamiento	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Toneladas / Viaje	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
<b>Distancias</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>	<b>m.</b>
Distancia en sobre acarreo	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
<b>Tiempos</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>	<b>min</b>
Carguio de Material (Fijo)	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Viaje Cargado	0.70	1.40	2.09	2.79	3.49	4.19	4.88	5.58	6.28	6.98	7.67	8.37	9.07	9.77	10.47	11.16	11.86	12.56	13.26	13.95
Descarga de Mineral y Maniobra	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Viaje regreso vacio	0.48	0.95	1.43	1.90	2.38	2.86	3.33	3.81	4.29	4.76	5.24	5.71	6.19	6.67	7.14	7.62	8.10	8.57	9.05	9.52
Numero de transferencia (promedio)																				
<b>Total Ciclo</b>	<b>2.97</b>	<b>4.15</b>	<b>5.32</b>	<b>6.50</b>	<b>7.67</b>	<b>8.84</b>	<b>10.02</b>	<b>11.19</b>	<b>12.36</b>	<b>13.54</b>	<b>14.71</b>	<b>15.89</b>	<b>17.06</b>	<b>18.23</b>	<b>19.41</b>	<b>20.58</b>	<b>21.76</b>	<b>22.93</b>	<b>24.10</b>	<b>25.28</b>

## Anexo 13

### Costo de aceros de perforación

**CIA MINERA SANTA LUISA.S.A.**  
**DIVISION MINA.**

	Contrato	
	S/.	
<b>ACEROS DE PERFORACION JUMBO BOOMER</b>		
BARRA MF T38 x H35 x R32 x 14'	1909.50	
BROCA 45 mm - R32	358.12	
SHANK ADAPTER T 38	1008.08	
ADAPTADOR PILOTO R32 40	304.48	
BROCA ESCARIADORA 3 1/2"	1158.60	
<b>ACEROS DE PERFORACION ROBOLT</b>		
BARRA (ROBOLT) R32 HEX28 - R28 x 8'	885.93	
ACOPLE REDUCTOR R32 x T38 55	323.60	
BROCA BOTON R28 38mm (ROBOLT)	270.25	
SHANK ADAPTER T 38	926.06	
TIPO DE CAMBIO	3.35	
DIAS EFECTIVOS/ MES	20.00	
Rendimiento Jumbo	60.00	mp / h
GASTOS GENERALES	10%	
UTILIDAD	10%	
Densidad de mineral	3.4	ton/ m3
Densidad de desmonte	2.6	ton/ m3

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VU PP	COSTO US	US/ PP
1.0	BARRA MF T38 x H35 x R32 x 14'	Pza	8,000	570.00	0.071
2.0	BROCA 45 mm - R32	Pza	800	106.90	0.134
3.0	SHANK ADAPTER T 38	Pza	8,000	300.92	0.038
4.0	ADAPTADOR PILOTO R32 40	Pza	1,500	90.89	0.061
5.0	BROCA ESCARIADORA 3 1/2"	Pza	1,500	345.85	0.231
6.0	COPAS DE AFILADO	Pza	30 brocas/ copa		0.030
	<b>TOTAL</b>				<b>0.564</b>

No Incluye afiladora de brocas

Aceros 45 mm

0.27

Aceros 89 mm

0.43

#### COSTOS DE ACERO DE PERFORACION SOSTENIMIENTO

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VIDA UTIL P.P.	COSTO US	U.S. \$ / P.P.
1.0	BARRA (ROBOLT) R32 HEX28 - R28 x 8'	Pza	8,000	264.46	0.033
2.0	ACOPLE REDUCTOR R32 x T38 55	Pza	1,000	96.60	0.097
3.0	BROCA BOTON R28 38mm (ROBOLT)	Pza	900	80.67	0.090
4.0	SHANK ADAPTER T 38	Pza	8,000	300.92	0.038
6.0	COPAS DE AFILADO	Pza	30 brocas/ copa		0.030
	<b>TOTAL</b>				<b>0.287</b>

Aceros 38 mm

0.29