

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE  
APURÍMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**“AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN POR IZAJE E  
INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE LA MINA  
SANTA FILOMENA DE LA MINERA SOTRAMI S.A. SANCOS -  
LUCANAS AYACUCHO 2017”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**RUVER HUAMANI AVENDAÑO**

**INTI LONGINOS VERA ZELA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS**

**ABANCAY - PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**Tesis**

**“AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN POR IZAJE E INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE LA MINA SANTA FILOMENA DE LA MINERA SOTRAMI S.A. SANCOS - LUCANAS AYACUCHO 2017”**

**Presentado por RUVEN HUAMANI AVENDAÑO, INTI LONGINOS VERA ZELA,**  
**Para optar el título de:**

**INGENIERO DE MINAS**

**Sustentado y aprobado el 19 de julio del 2018 ante el jurado:**

**Presidente:**

-----  
**Dr. Leoncio Teófilo Carnero Carnero**

**Primer Miembro:**

-----  
**Ing. Giovanni Frisancho Triveño**

**Segundo Miembro:**

-----  
**Ing. Walquer Huacani Calsín**

**Asesor:**

-----  
**Ing. Edgar Crispín Huacac Farfán**

## **Agradecimientos**

El sincero agradecimiento a la Compañía Minera SOTRAMI S.A., a la Unidad Minera Santa Filomena, por darnos la oportunidad de elaborar el presente trabajo de investigación profesional, nuestras consideraciones al área de Planeamiento de la Unidad Minera Santa Filomena, bajo la interrelación de experiencia, basados en criterio de las Mejoras Continuas, mediante la evaluación de todos los procesos unitarios establecidos en Minería Subterránea. En tal sentido, reconocemos el esfuerzo por brindarnos su apoyo constante en la elaboración de la presente Tesis.

Nuestro reconocimiento, estima y sincero agradecimiento, al Ing. Edgar Huacac Farfán, por guiarnos en la elaboración del trabajo de tesis, de la misma manera a todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería, en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, quienes, en su labor intelectual, aportaron a nuestra formación y desarrollo profesional.

## **Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado en principio, a Nuestro padre celestial por darnos la vida y por darnos la salud día a día, por encaminarnos en esta etapa de nuestra vida profesional que es la ingeniería y poder culminar este proyecto de investigación; a las personas que hicieron **posible** nuestra formación académica y desarrollo profesional y de esa manera poder lograr nuestro objetivo, e implorar que nos siga iluminando en el camino de la minería.

### **A nuestros padres y hermanos**

Por habernos apoyado en todo momento con sus consejos y el decirnos cada día a seguir adelante y poder lograr nuestras metas, a mi padre Raúl (Q.E.P.D), en especial a mi tía Gertrudes, la persona que nunca terminare de agradecerle por su apoyo incondicional en mi formación académica.

### **A nuestras esposas e hijas (os)**

A la familia que es la razón principal de nuestro logro, esposas, nuestras bellas hijas, Claudia Fernanda, Valeria, Mía, Junior y Joaquín, que son la razón de nuestras vidas, por habernos brindado siempre la confianza que es necesaria para lograr ser buenos profesionales y poder culminar este ansiado propósito.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimiento .....	i
Dedicatoria .....	ii
Índice de contenidos .....	iii
Lista de tablas .....	iv
Lista de gráficos .....	v
Lista de ilustraciones .....	vi
Creative commons .....	vii
Introducción.....	viii
Resumen .....	1
Abstract .....	2
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 Descripción de la realidad problemática</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Enunciado del problema</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2.1 Problema general</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.1 Objetivo general</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4 Justificación</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 Delimitación</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.1 Temporal</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.2 Espacial</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5.3 Temática</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Marco referencial</b> .....	<b>9</b>

2.2.1	Ámbito de estudio .....	9
2.2.2	Ubicación y acceso .....	9
2.2.3	Geología del yacimiento.....	12
2.2.3.1	Geología regional .....	12
2.2.3.2	Geología local .....	15
2.2.3.3	Geología estructural .....	15
2.2.3.4	Geología económica .....	17
2.2.3.5	Alteración hidrotermal.....	19
2.2.4	Reservas de minerales .....	19
2.2.5	Descripción de la operación .....	22
2.2.5.1	Descripción general de las operaciones actuales .....	22
2.2.6	Labores de preparación y desarrollo mina Santa Filomena.....	31
2.2.7	Método de minado en la mina Santa Filomena .....	35
2.2.8	Descripción del método .....	37
2.2.9	Descripción del diseño de los tajeos para explotación .....	38
2.2.10	Voladura .....	39
2.2.11	Limpieza y acarreo .....	41
2.2.12	Relleno .....	43
2.2.13	Sostenimiento .....	43
2.2.14	Evaluación de macizos rocosos .....	44
2.2.15	Panta de tratamiento “Santa Filomena II” .....	46
2.2.15.1	Proceso de tratamiento “Santa Filomena II”.....	46
2.2.15.2	Capacidad instalada de la planta de tratamiento Santa Filomena II .....	46
2.2.15.3	Recursos .....	46
2.2.15.4	Descripción del proceso Planta Santa Filomena II” con capacidad de 150 tm/día .....	47
2.3	Marco conceptual.....	53
2.3.1	Sistema de izaje .....	53
2.3.2	Componentes de un sistema de izaje .....	53
2.3.3	Parámetros considerados para el diseño de izaje.....	54

2.3.4	<b>Incremento de producción</b>	54
2.3.5	<b>Almacenaje de mineral “ore pocket”</b>	54
2.3.6	<b>Izaje</b>	55
2.3.7	<b>Tipos de izaje</b>	55
2.3.8	<b>Winche de izaje</b>	55
2.3.9	<b>Cable de acero</b>	55
2.3.10	<b>Diseño de ingeniería y supervisión para piques</b>	56
2.3.11	<b>Equipos para izaje</b>	56
2.3.12	<b>Pique</b>	56
2.3.12.1	<b>Factores para su construcción</b>	56
2.3.12.2	<b>Formas de la sección transversal de un pique</b>	56
2.3.13	<b>Planeamiento minero</b>	56
<b>CAPÍTULO III</b>		62
<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b>		62
3.1	<b>Definición de variables</b>	62
3.2	<b>Operacionalización de variables</b>	62
3.3	<b>Hipótesis de la investigación</b>	63
3.3.1	<b>Hipótesis general</b>	63
3.3.2	<b>Hipótesis específica</b>	63
3.4	<b>Tipo y diseño de investigación</b>	63
3.5	<b>Población y muestra</b>	63
3.6	<b>Procedimiento de investigación</b>	63
3.6.1	<b>Situación de extracción actual base 4-ciclo de izaje</b>	64
3.6.2	<b>Situación de extracción actual base 5-ciclo de izaje</b>	69
3.7	<b>Material de investigación</b>	70
3.7.1	<b>Pruebas de entrada, proceso y salida de la investigación</b>	70
3.7.2	<b>Instrumentos de investigación</b>	70
3.8	<b>Desarrollo de la ampliación de del sistema de izaje, Propuesta de ampliación de sistema de izaje</b>	70

3.8.1	Parámetros de la mina actual .....	70
3.8.2	Parámetros de la producción a implementar .....	71
3.8.3	Parámetros del izaje .....	71
3.8.4	Parámetros del skip .....	71
3.8.5	Parámetros de cable de acero .....	72
3.8.6	Parámetros del peso.....	72
3.8.7	Parámetros de potencias parciales .....	72
3.8.8	Potencias parciales vs ciclo de izaje.....	72
3.8.9	Cálculo de HP.....	73
3.8.10	Ciclo de transporte en el sistema de extracción del pique Base 4 y Base 5.....	73
3.8.11	Control de tiempo de extracción por viaje. ....	73
3.8.12	Costo de operación.....	74
3.8.13	Inversión en la excavación del pique base 4 y 5. ....	74
4.1.1	Evaluación económica .....	76
4.1.1.1	Parámetros de la producción .....	77
4.1.1.2	Valor del mineral .....	77
4.1.1.3	Indicadores económicos.....	78
4.1.1.4	Sensibilidad .....	79
4.1.1.5	Valor actual neto (VAN).....	80
4.1.1.6	Tasa interna de retorno (TIR) .....	80
4.1.1.7	Beneficio / Costo (B/C) .....	80
4.1.1.8	Período de recuperación del capital (Pay back).....	80
4.1.1.9	Incremento de producción por el sistema de extracción mecanizada .....	80
4.1.1.10	Producción sobredimensionada del 2017 .....	81
4.1.1.11	Producción proyectada 2019-2021 .....	81
4.1.1.12	Interpretación de los indicadores económicos .....	82
CAPÍTULO IV .....		83
RESULTADOS.....		83
4.1	Discusión de resultados .....	83



<b>CAPÍTULO V</b> .....	85
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	85
<b>5.1 Conclusiones</b> .....	85
<b>5.2 Recomendaciones</b> .....	86

### Lista de tablas

<b>Tabla 1:</b> Vértices de la concesión de la Mina Santa Filomena - 2018. ....	12
<b>Tabla 2:</b> Resumen de reservas Filomena.....	19
<b>Tabla 3:</b> Reservas Probadas .....	20
<b>Tabla 4:</b> Reservas Probables .....	21
<b>Tabla 5 :</b> Recursos medidos .....	21
<b>Tabla 6:</b> Recursos indicados Filomena.....	21
<b>Tabla 7:</b> Recursos Inferidos.....	22
<b>Tabla 8:</b> Potencial Filomena.....	22
<b>Tabla 9:</b> Propiedades de equipos de perforación.....	30
<b>Tabla 10:</b> Accesorios de perforación.....	30
<b>Tabla 11:</b> Característica técnica dinamita de la semi-gelatinosa de 70%.....	40
<b>Tabla 12:</b> Núcleo de pólvora .....	41
<b>Tabla 13:</b> Fulminante simple N°8 .....	41
<b>Tabla 14:</b> Caracterización del macizo rocoso. ....	45
<b>Tabla 15:</b> Sistema de variables.....	62
<b>Tabla 16:</b> Procedimiento toma de datos y analisis .....	63
<b>Tabla 17:</b> Cumplimiento Producción 2016 .....	64
Tabla 18: Cumplimiento Producción 2017 .....	65
Tabla 19: Tendencia de la producción en el tiempo.....	65
Tabla 20: Cumplimiento de avances 2017 .....	66
Tabla 21: Tendencia de metros de por años.....	66
<b>Tabla 22:</b> Costo de Operación 2016.....	67
Tabla 23: Costo de Operación 2017 .....	67
<b>Tabla 24:</b> Flujo de Caja sin proyecto .....	68
<b>Tabla 25:</b> Sistema de variables toma de tiempos de ciclo de izaje base 4-2017 .....	68
<b>Tabla 26:</b> Productividad de izaje base 4-2017.....	68
<b>Tabla 27:</b> Toma de tiempos de ciclo de izaje base 5-2017.....	69
<b>Tabla 28:</b> Proceso de la investigación. ....	70
<b>Tabla 29:</b> Parámetros de mina.....	70
<b>Tabla 30:</b> Parámetros de la producción. ....	71
<b>Tabla 31:</b> Parámetros de Izaje .....	71
<b>Tabla 32:</b> Factor se seguridad.....	71
<b>Tabla 33:</b> Parámetros del Skip .....	71
<b>Tabla 34:</b> Parámetro de cable de acero.....	72
<b>Tabla 35:</b> Parámetros del peso. ....	72
<b>Tabla 36:</b> Parámetros potencias .....	72
<b>Tabla 37:</b> Parámetros de potencias parciales vs ciclo de izaje.....	72
<b>Tabla 38:</b> Ciclo de transporte .....	73
<b>Tabla 39:</b> Control e tiempo de extracción .....	73

<b>Tabla 40:</b> Costos de Operación .....	74
<b>Tabla 41:</b> Inversión en la excavación del pique Base 4.....	75
<b>Tabla 42:</b> Inversión en la excavación del pique Base 4.....	76
<b>Tabla 43:</b> Inversión en la excavación de los piques Base 4 y Base 5.....	76
<b>Tabla 44:</b> Parámetros de producción Gr/Au Producidos.....	77
<b>Tabla 45:</b> Parámetros de producción .....	77
<b>Tabla 46:</b> Ley de corte oro .....	77
<b>Tabla 47:</b> Indicadores económicos .....	78
<b>Tabla 48:</b> Indicadores de producción .....	80
<b>Tabla 49:</b> Resultados del ejercicio 2017, Planta de tratamiento.....	81
<b>Tabla 50:</b> Estadística de metas físicas proyectadas (tonelaje tratado y gramos de oro producidos) 2019-2021. ....	81

### Lista de gráficos

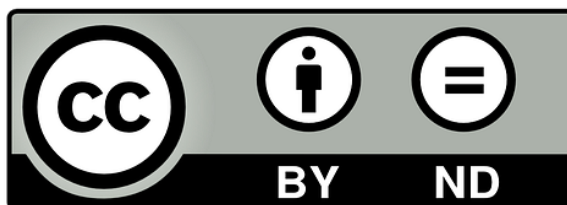
<b>Gráfico 1:</b> Comunidad minera Santa Filomena.....	11
<b>Gráfico 2:</b> Mapa geológico.....	14
<b>Gráfico 3:</b> Mapa Geológico de la mina, litología, estructuras mineralizadas y fallas.....	15
<b>Gráfico 4:</b> Diagrama de rosetas (izquierda). ....	16
<b>Gráfico 5:</b> Ubicación de minas y ocurrencias de mineralización aurífera y cuprífera entre la franja Palpa-Ocoña. ....	17
<b>Gráfico 6:</b> Diagrama del proceso de minado. ....	35
<b>Gráfico 7:</b> Diagrama del proceso de minado.....	36
<b>Gráfico 8:</b> Vista transversal de un tajeo. ....	37
<b>Gráfico 9:</b> Vista Minado de tajos .....	37
<b>Gráfico 10:</b> Diseño de minado .....	38
<b>Gráfico 11:</b> Diagrama de proceso de Chancado-Capacidad 10 TM/Hr.....	49
<b>Gráfico 12:</b> Curva de Productividad de rendimiento de Izaje .....	69
<b>Gráfico 13:</b> Grafico de sensibilidad de análisis Unidimensional .....	79

### Lista de ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> Cuerpo plutónico de gran envergadura que está atravesando la Unidad.....	13
<b>Ilustración 2:</b> Perforadora neumática Jackleg.....	31
<b>Ilustración 3:</b> Levantamiento con burbuja de tajos.....	39
<b>Ilustración 4:</b> Carro Minero U-35.....	42
<b>Ilustración 5:</b> Skip de izaje B-4 .....	43

**“Ampliación del sistema de extracción por izaje e incremento de la producción y rentabilidad de la mina Santa Filomena de la Minera Sotrami S.A. Sancos – Lucanas Ayacucho 2017”**

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



Reconocimiento – sin obra derivada: se permite el uso comercial de la obra, pero no la generación de obras derivadas.

## Introducción

La presente investigación lleva por título: **“Ampliación del sistema de extracción por izaje e incremento de la producción y rentabilidad de la Mina Santa Filomena de la Minera Sotrami S.A. Sancos - Lucanas Ayacucho 2017”**, la cual pretende ampliar el sistema de extracción de material por izaje con winches de 75 HP que permitan el incremento de la producción en el menor tiempo, la extracción a través de los piques B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena.

Logrando demostrar que la ampliación del sistema de extracción de material utilizando winche de izaje de 75 HP, permitirá el incremento de la producción en el menor tiempo a través de los piques B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena. Para el efecto, se desarrollaron 5 capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I, Contiene la descripción de la realidad problemática, el enunciado del problema, objetivos, justificación y delimitación de la investigación.

Capítulo II, Se desarrolló el marco teórico, conteniendo antecedentes, marco referencial y marco conceptual.

Capítulo III, Contiene el diseño metodológico, material de investigación, pruebas e instrumentos utilizados.

Capítulo IV, Resultados parámetros, evaluación económica, indicadores económicos interpretación y discusión de resultados.

Capítulo V, Contiene las conclusiones y las recomendaciones de la presente investigación.

## Resumen

La investigación titulada: “**Ampliación del sistema de extracción por izaje e incremento de la producción y rentabilidad de la Mina Santa Filomena de la Minera Sotrami S.A. Sancos - Lucanas Ayacucho 2017**”, partió del problema: ¿Cómo la ampliación del sistema de extracción con winches de 75 HP de izaje permitirá el incremento de la producción en el menor tiempo a través de los piques B-4, B-5 y mejorar la rentabilidad en la mina Santa Filomena?, tuvo como objetivo principal: Ampliar el sistema de extracción de material utilizando winches de izaje de 75 HP que permitan el incremento de la producción en el menor tiempo a través de los piques B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena.

El tipo de la investigación es aplicada y descriptiva, el diseño fue descriptivo correlacional y la población fueron todos los piques en la mina Santa Filomena y como muestra aleatoria los piques B-4 y B-5.

Entre los principales resultados serán la: A) La ampliación del sistema de extracción de material utilizando winches de izaje de 75 HP, que permitirá el incremento de la producción en el menor tiempo a través de los piques B-4 y B-5, B) Por lo que fue factible ampliar con un sistema de extracción de material con winche de izaje de 75 HP en los piques B-4 y B-5 en la mina Santa Filomena, con resultados positivos en el análisis de rentabilidad  $VAN > 0$ ,  $TIR > 15\%$  anual,  $B/C > 1$ , Pay back, menor a 1 año, se concluye que el proyecto es económicamente viable y rentable, se recomienda su puesta en marcha. C) Fue posible incrementar la producción en menor tiempo, con el winche de izaje a través de los piques B-4 y B-5, considerando que la capacidad de extracción para abastecer a la planta, ahora se producirá la capacidad de la planta que es de 140 TM/día, siendo la producción actual de 95 TM/día, el proceso permite la disminución del costo de tratamiento de 58.15 \$/TM a 45 \$/TM, con una ley de cabeza de 0.65 Oz/Tcs, llegando a una recuperación metalúrgica de 97.3 %, finalmente, D) Se logrará el objetivo de abastecer de mineral a la planta de tratamiento en su capacidad máxima instalada.

Con respecto al ejercicio 2018, se incrementará la producción a un 25% con respecto a lo alcanzado el 2017, por parte de la mina Santa Filomena tiene un aporte de 85 % del total, teniendo un costo de operación promedio llegó alcanzar 45.00 \$/TM, siendo el promedio de días trabajados de 28 días por mes a un ritmo de producción de 150 TM/día, lo cual estaría trabajando en su capacidad máxima instalada de la Planta “Santa Filomena II”.

**Palabras clave:** Izaje, Mina, Productividad, Rentabilidad, Winche.

## Abstract

The research entitled: "Expansion of the extraction system by lifting and increase of the production and profitability of the Santa Filomena Mine of the Sotrami Mine, Sancos - Lucanas Ayacucho 2017", started from the problem: How the expansion of the extraction system with winches of 75 HP lifting will allow the increase of production in the shortest time through the bites B-4, B-5 and improve profitability in the Santa Filomena mine, mine had as main objective: Expand the extraction system of material using lifting winches of 75 HP that allow the increase of the production in the shortest time through the bites B-4 and B-5, in the Santa Filomena Mine. The type of research is applied and descriptive, the design was descriptive correlational and the population were all the shafts in the Santa Filomena mine and as a random sample the bites B-4 and B-5.

The type of research is applied and descriptive, the design was descriptive correlational and the population were all the shafts in the Santa Filomena mine and as a random sample the bites B-4 and B-5

Among the main results will be the: A) The expansion of the material extraction system using lifting winches of 75 HP, which will allow the increase of the production in the shortest time through the bites B-4 and B-5, B) Therefore, it was feasible to expand with a material extraction system with a 75 HP lifting winch in the B-4 and B-5 pits in the Santa Filomena mine, with positive results in the profitability analysis  $VAN > 0$ ,  $TIR > 15\%$  annual,  $B / C > 1$ , Pay back, less than 1 year, it is concluded that the project is economically viable and profitable, it is recommended to start up. C) It was possible to increase the production in less time, with the lifting winch through the bites B-4 and B-5, considering that the extraction capacity to supply the plant, now the capacity of the plant that will be produced will be produced. is 140 MT / day, with the current production of 95 MT / day, the process allows the treatment cost reduction from 58.15 \$ / MT to 45 \$ / MT, with a head law of 0.65 Oz / Tcs, reaching a metallurgical recovery of 97.3%, finally, D) The objective of supplying mineral to the treatment plant at its maximum installed capacity will be achieved.

With respect to fiscal year 2018, the production will be increased to 25% with respect to what was achieved in 2017, by the Santa Filomena mine it has a contribution of 85% of the total, having an average operating cost reached 45.00 \$ / MT, being the average of days worked of 28 days per month at a production rate of 150 MT / day, which would be working at its maximum installed capacity of the Plant "Santa Filomena II".

Keywords: Izaje, Mina, Productivity, Profitability, Winche.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El Perú es un país de antigua y rica tradición minera, se mantiene y cultiva gracias a los numerosos yacimientos mineros y a la presencia de empresas mineras líderes a nivel nacional e internacional. El Perú cuenta con un enorme potencial geológico y mineralógico, debido a la presencia de la Cordillera de los Andes que surca el territorio peruano de sur a norte y que ha dado lugar a una gran fuente de recursos minerales.

A nivel latinoamericano y mundial, el Perú figura como uno de los primeros productores y atractivos para la minería de diversos metales tales como; oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, molibdeno, telurio, entre otros, que reflejo debido a la abundancia de recursos y la capacidad de producción de la actividad minera peruana, como un país estable en su economía.

En el departamento de Ayacucho, provincia de Lucanas, específicamente el distrito de Sancos, se ubica la mina Santa Filomena, una mina de oro, antigua que fue explotada por la compañía San Luis Gold Mines Company, que tuvo derechos de 1000 has y que actualmente pertenecen a la Minera Sotrami S.A.

El método de minado y extracción del mineral es dinámico debido a que la naturaleza de su mineralización constituye múltiples formas, donde el oro tiene una distribución regular en sentido longitudinal y vertical, mientras que el mineral no se encuentre a excesiva profundidad, el método de extracción es convencional y simplificado, pero cuando el mineral se encuentra a profundidad como es el caso actual, la extracción se hace complicada.

A medida que han transcurrido los años las reservas de minerales cerca de superficie se agotan y ahora están a profundidad, para lo cual es necesario evaluar y replantear la forma de extracción e implementación de nuevos métodos como es el izaje por medio de piques inclinados para que alivien la extracción de la producción que necesita operar la planta de tratamiento.

El mayor problema actual radica en la extracción del material de los niveles inferiores, actualmente se cuenta con dos estaciones de extracción principal como son los piques inclinados B-4 y B-5, (piques inclinado  $55^{\circ}$  -  $65^{\circ}$ ), cada uno de ellos con winches de 75 HP de potencia, con capacidad de izaje disponible de 1.2 TM y extraen de los niveles 7 y 12 respectivamente, su capacidad instalada está siendo cubierta en un 100%, no pudiendo incrementar la producción, siendo esta una limitante para el incremento de la producción, además cabe recalcar que los tiempos de extracción son muy lentos debido a la distancia y siendo la capacidad de izaje menor, por lo que los costos de operación en el ciclo de minado se han incrementado según se profundizan las labores verticales y se alargan las labores horizontales, por lo que complica el cumplimiento de los programas de avance y explotación, generando así mayores tiempos y pérdidas en tareas, ciclo y costos de la operación en general.

Por tal razón, la presente tesis tubo como finalidad investigar la ampliación del sistema de extracción por izaje e incremento de la producción y rentabilidad de la mina Santa Filomena de la Minera Sotrami S.A. proponiendo la ejecución de 02 sub-estaciones de izaje con winche de 75 HP y “skip” de 1.4 tn en el nivel 7 de Base 4 y Base 5.

## **1.2 Enunciado del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿En qué medida la ampliación del sistema de extracción por izaje con winches de 75 HP permitirá el incremento de la producción y reducción de tiempos de izaje, a través de los piques B-4 y B-5, para mejorar la rentabilidad en la mina Santa Filomena?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo incrementar la capacidad de izaje con winches de 75 HP, para satisfacer el aumento de la producción en la Mina Santa Filomena?
- b) ¿De qué manera winches de izaje de 75HP, influirá en reducir el tiempo de extracción de mineral en los piques B-4 y B-5 en la Mina Santa Filomena?
- c) ¿En qué medida se podrá satisfacer la capacidad máxima instalada de la planta de tratamiento de la Mina Santa Filomena, con la propuesta de ampliación del sistema de extracción de Base 4 y Base 5, en el nivel 7 respectivamente?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Ampliar el sistema de extracción de material utilizando winche de izaje de 75 HP para incrementar la producción y reducir tiempos de izaje a través de los piques B-4 y B-5, del nivel 7, en la Mina Santa Filomena.



### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Ampliar el sistema de extracción de material con winche de izaje de 75 HP, en los piques B-4 y B -5 en la mina Santa Filomena.
- b) Incrementar la producción en menor tiempo el con winches de izaje de 75 HP, a través de los piques B-4 y B-5 en la mina Santa Filomena.
- c) Abastecer con mineral a la planta de tratamiento en su capacidad máxima instalada de la mina Santa Filomena.

### **1.4 Justificación**

La investigación es justificada porque permite y permitirá mejorar la ampliación del sistema de extracción de mineral proponiendo la mejor alternativa viable para la productividad en la mina Santa Filomena.

El estudio brindó un aporte práctico y teórico en la evaluación e implementación de un sistema de extracción más eficiente lo que permitió el incremento de la producción y mejorar la rentabilidad de la unidad minera.

A nivel metodológico el estudio permitió la operacionalización de variables adaptada al contexto, aplicando teorías vigentes e instrumentos mediante análisis desde el recojo de información objetiva y fiable hasta la propuesta final de rentabilidad con indicadores económicos como el VAN, TIR, B/C y Pay Back, que señalen que es un proyecto rentable.

En cuanto al interés personal la tesis nos sirve para poder obtener el título profesional de acuerdo a las exigencias de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

### **1.5 Delimitación**

#### **1.5.1 Temporal**

La investigación analizó los datos de la mina Santa Filomena desde el año 2017, considerando los datos de producción del 2018.

#### **1.5.2 Espacial**

En el departamento de Ayacucho, provincia de Lucanas, específicamente el distrito de Sancos, se ubica la Mina Santa Filomena

#### **1.5.3 Temática**

La temática se limita a ampliación del sistema de extracción de mineral por izaje e incremento de la producción y rentabilidad de la mina.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En su tesis (1) titulada “Sistema de Extracción de Mineral del Pique 718 con Winche de Izaje e incremento de producción en la Mina Calpa – Arequipa”, menciona en sus conclusiones que: Implementar un sistema de extracción de mineral mecanizada con winche de izaje en el pique 718 E incrementará la producción en menor tiempo. La metodología empleada es descriptiva y aplicativa.

En su tesis (2) “Análisis del fenómeno vibratorio en la ampliación de la cámara de winche de izaje de mineral del Nv-0 de la Compañía Minera Milpo Unidad El Porvenir”, menciona que: la ampliación de una cámara de winche existente para la construcción de una cámara de winche de izaje de mayor dimensión en toda su estructura y de esta manera poder incrementar la producción diaria de la mina EL PORVENIR de 5200 tn diarias hasta 7500 tn diarias en extracción de mineral de interior mina así como también la extracción de desmonte, por lo que la empresa minera Milpo tomo la decisión de construir una nueva infraestructura de mayor capacidad para incrementar la capacidad de extracción de la mina el Porvenir.

(3) En su tesis “Automatización e implementación de un sistema para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la compañía minera Casapalca s.a.”, menciona que: La automatización e implementación, estará basada en controladores lógico programable, DCS, variadores de velocidad de gran potencia, e instrumentación que permite un mejor control de todas las variables involucrados en el proceso e interfaz de usuario hombre - máquina (HMI). El proyecto de tesis está estructurado en los sistemas que intervienen en la puesta en operación del winche, desde la parte eléctrica, electrónica y mecánica. El proyecto concluye con la demostración de que, implementando un sistema automático, se puede mejorar el desempeño de izaje del winche, llegando a incrementar su producción en un 50%.

(4) En su tesis titulada “Profundización del pique Nazareno unidad de producción Orcopampa compañía de minas Buenaventura S.A.A.”, menciona que: Para la ejecución del

proyecto de profundización del pique se empleará un skip de 0,3 m<sup>3</sup> con un winche de 30 HP que izara el desmonte hasta la Ventana de Acceso ubicado 30 metros debajo del Nivel 3050 y luego serán trasladados con Dumpers hasta el Nivel 3110 para luego ser izado a superficie por el pique Nazareno mediante dos skips de 8,5 toneladas cada uno. La evaluación económica da una TIR del proyecto de 16% el cual nos indica que el proyecto es viable.

(5) En su investigación “Optimización y confiabilidad del sistema de izaje del Loading Pocket Nv. 250 mediante la automatización del proceso en Winche Esperanza. (Minera Animon Cerro de Pasco)”, menciona que: mediante la automatización del proceso en Winche Esperanza. (Minera Animon Cerro de Pasco)”, trata de un sistema automatizado el cual dota de optimización y confiabilidad para el proceso de Winche, que es un componente vital en el equipo de extracción de minerales (zinc y plomo básicamente) de la Minera Animon ubicada entre los límites de las regiones Junín y Pasco.

(6) En su investigación “Profundización de la mina Casapalca mediante el diseño y construcción del pique inclinado 016 Zona Veta Oroya - niveles 14 al 18”, menciona; Primero: Se realizó el mapeo geomecánico, con el fin de diseñar las labores de profundización. Segundo: Diseño y la construcción del pique inclinado 016 para la profundización. Tercero: Diseño del sistema de izaje, se concluye que éste será no balanceado y que se requerirá un winche con potencia de 261 kW (350 hp) para realizar el izaje de tres carros mineros U35, de 4,95 TM de masa total. Cuarto: Planeamiento de la ejecución se estimó un tiempo de 225 días para realizar todas las obras, el armado de la plataforma e instalación del winche. Quinto: Monto de la inversión total asciende a US\$ 1 406 960,00. Producto de la evaluación económica, se concluyó que el valor actual neto (VAN) del proyecto de profundización de mina es de US\$ 5 958 767.83, para una tasa anual de descuento de 18%.

(7) En su tesis “Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O. San Braulio Uno”, menciona que: características del sistema de extracción, el cual incluye el izaje, transporte involucrado directamente al izaje. Por tanto, en cuanto al primero, se presenta el diseño del inclinado, el ciclo de trabajo y el cálculo de la capacidad del motor del winche eléctrico requerido. En cuanto al transporte, se determina las características del motor de las locomotoras, el tamaño del tren y el diseño de las estaciones del pique. La segunda consiste en el planeamiento operativo del sistema de extracción. Finalmente, se realiza un planeamiento de la infraestructura mina necesaria, un cronograma del laboreo, costos de capital y operación. Asimismo, se presenta una evaluación económica global del proyecto de profundización, en donde se consideran adicionalmente las inversiones y costos estimados de la operación, con el fin de obtener indicadores económicos que contemplen la evaluación integral del proyecto de profundización.

(8) En su investigación titulada “Construcción del pique 158E para la optimización del laboreo minero en la unidad de Paula – Cedimin S.A.C.”, menciona que: 1 Pique 158 E, se estima que se debería de profundizar aproximadamente hasta la cota 4500, de acuerdo a la información de los sondajes. Por lo tanto, se proyecta inicialmente realizar el pique de 04 niveles de 50 metros cada una de ellas, en la primera etapa será desde superficie hasta nivel 4780, y en la segunda etapa profundizará desde nivel 4780 hasta nivel 4680. La profundización contará adicionalmente con los siguientes niveles de operación 4830, 4780, 4730 y 4680. En cada nivel se realizará cruceros transversales S-N para reconocer las vetas: Nazareno, Ramal Crucero, Betty, Angélica, Liliana, etc. Se instaló un winche de aproximadamente 250 HP de 02 Tamboras (Partes y accesorios mecánicos – eléctricos correspondientes), con un control electrónico. La profundización se desarrolló en un tiempo aproximado de 26 meses. En el pique y accesos se utilizó los siguientes tipos de sostenimiento: Split Set, malla electrosoldada, pernos helicoidales, resinas, cuadros de madera, anillos de concreto armado, etc.

(9) En su tesis “Configuración del variador de frecuencia para reducir el alto consumo de energía en el sistema de izaje de la empresa mundo Perú Gold S.A.C.”, menciona que: para la determinación del ahorro energético se utilizó un medidor de energía trifásica, permitió establecer la diferencia de consumo energético entre las dos formas de funcionamiento, obteniéndose como resultado una diferencia de consumo de energía en un promedio de 0.0143 kW/h en total de las tres frecuencias mencionadas. Mediante el uso del variador de frecuencia en el motor del winche de izaje se obtuvo además de mejoras en el ahorro del consumo de energía eléctrica prolongación de la vida útil de la maquinaria, reducción del consumo de combustible beneficiando a la empresa.

(10) En su tesis “Sistema electrónico compensado de toque en motor ac de winche en la Compañía Minera Casapalca s.a. - Huarochiri - Lima”, menciona que: El sistema se basa en el control de drivers desde un Controlador Lógico Programable (PLC) ControiLogix. Para la evaluación este sistema se tomaron 384 muestras antes y después de su implementación durante 08 días, la toma de muestras se realiza a través del programa Drive Windows que se encarga de monitorear los parámetros de señales de entrada y salida en el variador. Los datos adquiridos se almacenan en una hoja de cálculo Excel. Al hacer el tratamiento estadístico de los datos se llega a la conclusión que teniendo una corriente de magnetización de 2000 amperios que se producen en 800 milisegundos se genera el torque eléctrico necesario para elevar la carga evitando los arrastres de skips al 100%.

## **2.2 Marco referencial**

### **2.2.1 Ámbito de estudio**

La historia de la empresa SOTRAMI S.A. es la historia de Santa Filomena, uno de los más importantes centros poblado minero, de la pequeña minería y en pequeña escala del oro en el Perú. Se ubica en el distrito de Sancos, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, muy próximo al límite con Arequipa.

Es una pequeña empresa minera asociativa creada en 1991, establecidos y trabajando en el área de la concesión minera Santa Filomena. Esta empresa es el principal promotor del proceso de formalización de la minería artesanal y la erradicación y prevención del trabajo infantil en Perú.

Su historia se inicia en los años 80, algunos hombres de diferentes lugares del país expulsados por la falta de empleo y crisis agraria comenzaron a trabajar la actividad minera como fuente de autoempleo de forma empírica en condiciones penosas, sin agua, ni alimentos frescos para consumir, además la población asentó sus viviendas sobre el mismo yacimiento aurífero, de manera improvisada.

Durante la década de los 90s los mineros comienzan a establecerse con sus familias, iniciando un periodo de asentamiento, de defensa de la zona de trabajo y del nuevo pueblo por la informalidad de la minería artesanal SOTRAMI constituye el medio de formalización y desarrollo de la minería artesanal en la localidad.

La población con el fin de lograr sus derechos de trabajo se organizó a partir de 1987, constituyéndose en 1991 como SOTRAMI S.A, con la cual han logrado grandes beneficios como son la titulación de la Concesión Minera, el Certificado de Operación Minera para el uso de explosivos, la Certificación Ambiental para sus operaciones de Mina y Planta de beneficio de Mineral, el mejoramiento del transporte del mineral.

En el desarrollo de esta experiencia SOTRAMI ha generado, consolidación, liderazgos y capacidades que promueven la idea de continuar con el desarrollo de la localidad. Así en el año 2007 SOTRAMI promueve la re-ubicación de su localidad para mejorar sus condiciones ambientales y calidad de vida, ordenando y diferenciando los espacios de vivienda con los de trabajo minero.

### **2.2.2 Ubicación y acceso**

El depósito minero de Santa Filomena, se encuentra en el departamento de Ayacucho, Provincia de Lucanas, distrito de Sancos, centro poblado de Santa Filomena.

Se puede considerar como un asentamiento minero de mayor población, dentro de su categoría “pequeño productor minero” localizado en una antigua mina de oro, que fue

explotada por la Compañía “San Luis Gold Mines Compañía”. Es parte del grupo de minas auríferas “Santa Rosa”.

La propiedad minera se encuentra flanqueada por:

- Por el Norte : La mina San Luis y La Quebrada Aguada de San Luis.
- Por el Este : La Quebrada de Chulbe.
- Por el Sur : La Quebrada Santa Rosa y
- Por el Oeste : El Cerro Santa Rita.

La unidad minera Santa Filomena pertenece a la Minera Sotrami S.A. es de 1,000 Ha.

La altitud promedio del depósito minero de Santa Filomena es de 2,420.00 m.s.n.m. emplazado en una semi-planicie desértica, carente de precipitaciones pluviales y por lo tanto sin mayor vegetación, pero con esporádicos cactus.



Gráfico 1: Comunidad minera Santa Filomena

Fuente: Propia

**La empresa Minera Sotrami S.A.** tiene otorgada a su favor la **concesión minera “SANTA FILOMENA”**; Con 1 000 hectáreas; y su calificación como pequeño productor minero, que le permitirá solicitar nuevas concesiones mineras en cualquier punto del Perú.

La concesión minera se encuentra dentro la carta de JAQUI, hoja 31Ñ, cuyas coordenadas UTM se muestran el DATUM: PSAD 56.

**Tabla 1:** Vértices de la concesión de la Mina Santa Filomena - 2018.

<b>Vértices</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
<b>V-1</b>	8303000	<b>576000</b>
<b>V-2</b>	8303000	<b>579000</b>
<b>V-3</b>	8304000	<b>579000</b>
<b>V-4</b>	8304000	<b>581000</b>
<b>V-5</b>	8301000	<b>581000</b>
<b>V-6</b>	8301000	<b>578000</b>
<b>V-7</b>	8302000	<b>578000</b>
<b>V-8</b>	<b>8302000</b>	<b>576000</b>

**Fuente:** Ingenmet

### 2.2.3 Geología del yacimiento.

La geología del yacimiento está constituida fundamentalmente por vetas de gran longitud y profundidad, pero de reducida potencia aproximadamente de 0.10 – 1.00 metros, estas estructuras generalmente son fallas (fallas –vetas) que han sido rellenadas con sulfuros en su parte profunda y cuarzo – oro en la parte superficial. También está asociado con la pirita en forma molecular.

La mineralogía del yacimiento es fundamentalmente oxido; las vetas están emplazadas generalmente en rocas intrusivas, predominando la diorita. La mineralización de oro se encuentra asociado con cuarzo y hematitas en inclusión de granos finos a medios, conteniendo oro libre.

#### 2.2.3.1 Geología regional

Respecto a la geología regional se puede mencionar la existencia de rocas ígneas tanto plutónicas como volcánicas además de rocas sedimentarias inconsolidados, las rocas ígneas existentes en la región son principalmente del tipo intrusivo como Granodiorita, Diorita y Tonalita de grano medio a grueso consolidado.

La zona regional se encuentra constituido por intrusivos del Batolito de la Costa los cuales pertenecen a la Super Unidad Tiabaya, la cual está compuesta por rocas intrusivas del tipo: Granodiorita, Dioritas, Tonalitas.



En el área de operaciones mineras proyectadas y en el ámbito regional afloran rocas ígneas, volcánicas, sedimentarias. Las rocas ígneas que constituyen el basamento de la concesión están constituidas por rocas intrusivas del tipo: Granodiorita, Dioritas, Tonalitas de granos medios a gruesos consolidados, que originan rocas impermeables, se le pueden observar en el campo constituyendo la masa montañosa donde se alojan las estructuras mineralizadas auríferas de la región. Para conocer la geología regional que implica el área de la concesión se ha desarrollado una sección longitudinal desde Yauca hasta Coracora según las hojas correspondientes a Yauca 32-ñ y Coracora 31- o; para establecer la secuencia estratigráfica que circunda a la mina “Santa Filomena”, según esto se puede describir la siguiente intercalación de las unidades más extensas que la escala usada puede mostrar. Es importante anotar que la descripción de secuencias litológicas no guarda relación cronológica de edades geológicas a lo largo de la sección.



**Ilustración 1:** Cuerpo plutónico de gran envergadura que está atravesando la Unidad  
**Fuente:** Departamento de Geología – 2017

**Complejo basal de la costa (PE-gn)- Pre cambriano:** Esta unidad se extiende a lo largo de la costa, en forma irregular en cuanto a su afloramiento.

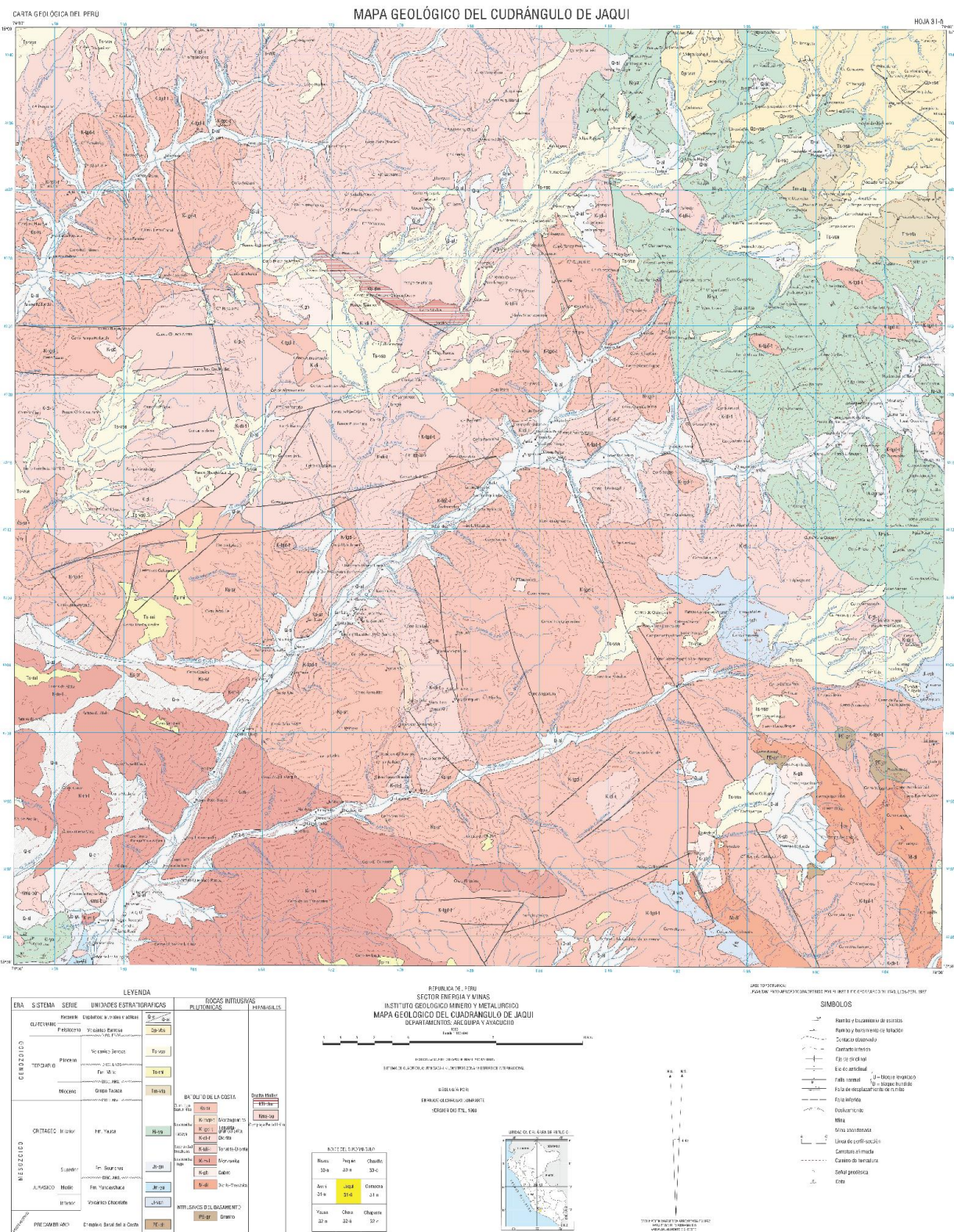
**Formación Pisco:** Siguiendo la secuencia aflora la formación pisco la que a pesar de ser del terciario – Mioceno, está emplazada muy próxima a la playa, en contacto con el complejo de la costa superpuesta en discordancia angular.

**Complejo Bella Unión (kms – vibu) – Cretáceo:** Algunos autores lo clasifican como volcánico intrusivo, pero su aspecto es más de un intrusivo; aunque gran parte de estas rocas ígneas se presentan como estratos volcánicos.

**Formación Guaneros (js-gn) – Jurásico:** A la altura del cerro alto mal paso, carretera Yauca – Jaqui donde se observa esta formación está cortada por una falla de rumbo Este – Oeste

**Rocas Intrusivas – Jurásico – Cretáceo:** Considero que es la secuencia más importante desde el aspecto económico pues en ellas, se ubican los principales depósitos minerales de oro de este sector, donde se encuentra la mina “Santa Filomena”.

**Monzonita Linga (k-m-l) – cretáceo inferior:** Considerado como “súper unidad linga”, se le refiere como intrusión posterior a la serie de gabros y gabro dioritas, que fueron las primeras manifestaciones intrusivas. La roca predominante es la Monzonita, con algunas variaciones internas a Monzogabro o Monzodiorita, Monzonita Cuarcifera etc.

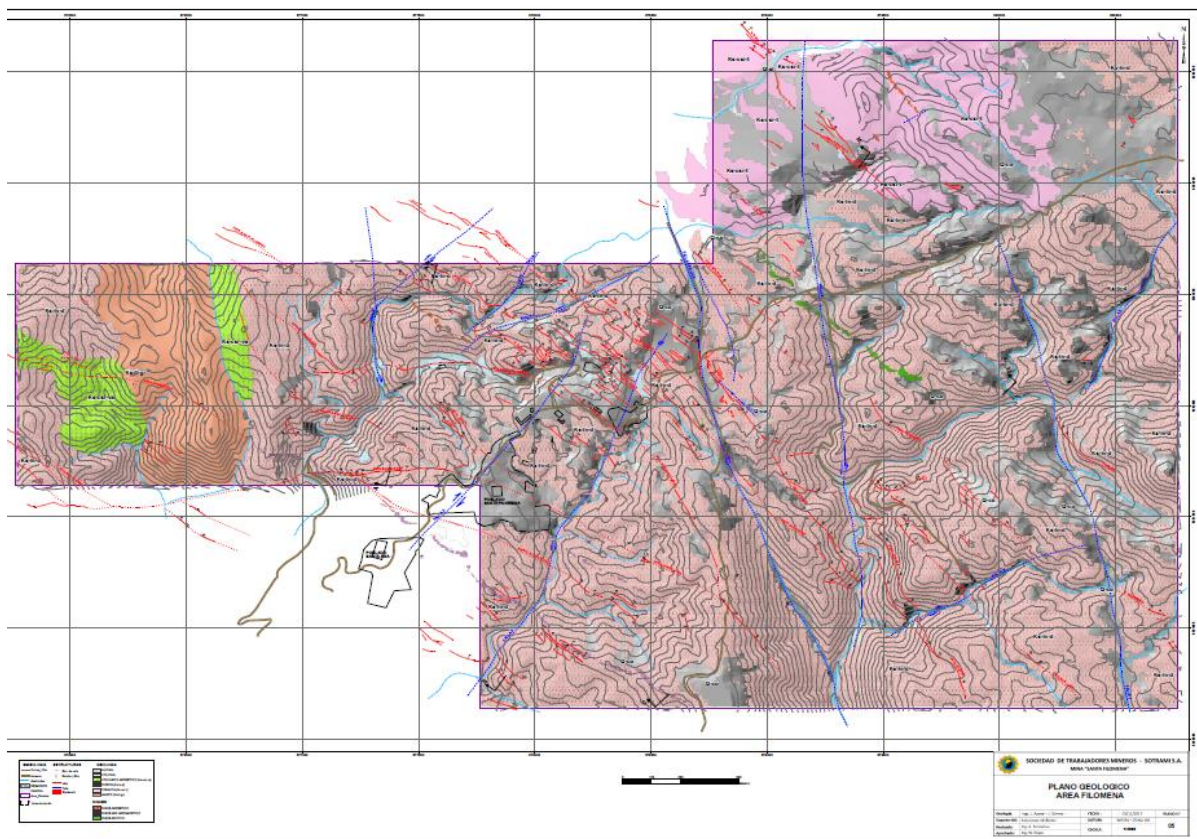


**Gráfico 2: Mapa geológico.**  
**Fuente: Instituto Geológico Minero Metalúrgico – 2015**

### 2.2.3.2 Geología local

En el área de operaciones de la mina de “Santa Filomena” tenemos la siguiente geología local, donde afloran rocas ígneas, volcánicas, sedimentarias.

Por otro lado tenemos la presencia de rocas volcánicas como la andesita que se presenta en forma de diques así como también en forma de cuerpos de 15 a 30 m. de longitud en una especie de clavos, la presencia de arenisca de grano grueso por intemperismo, metamorfismo de la roca ígnea que cubre casi toda la superficie del área de la concesión, por último tenemos la presencia de la estructura mineraliza de la concesión que esta netamente asociada a cuarzo, limonita amarilla, hematina, malaquita, azurita, pirita, calcopirita, bornita, lutita, óxido de hierro, limonita gris y el oro que se encuentra diseminado en toda la estructura.



**Gráfico 3:** Mapa Geológico de la mina, litología, estructuras mineralizadas y fallas.

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

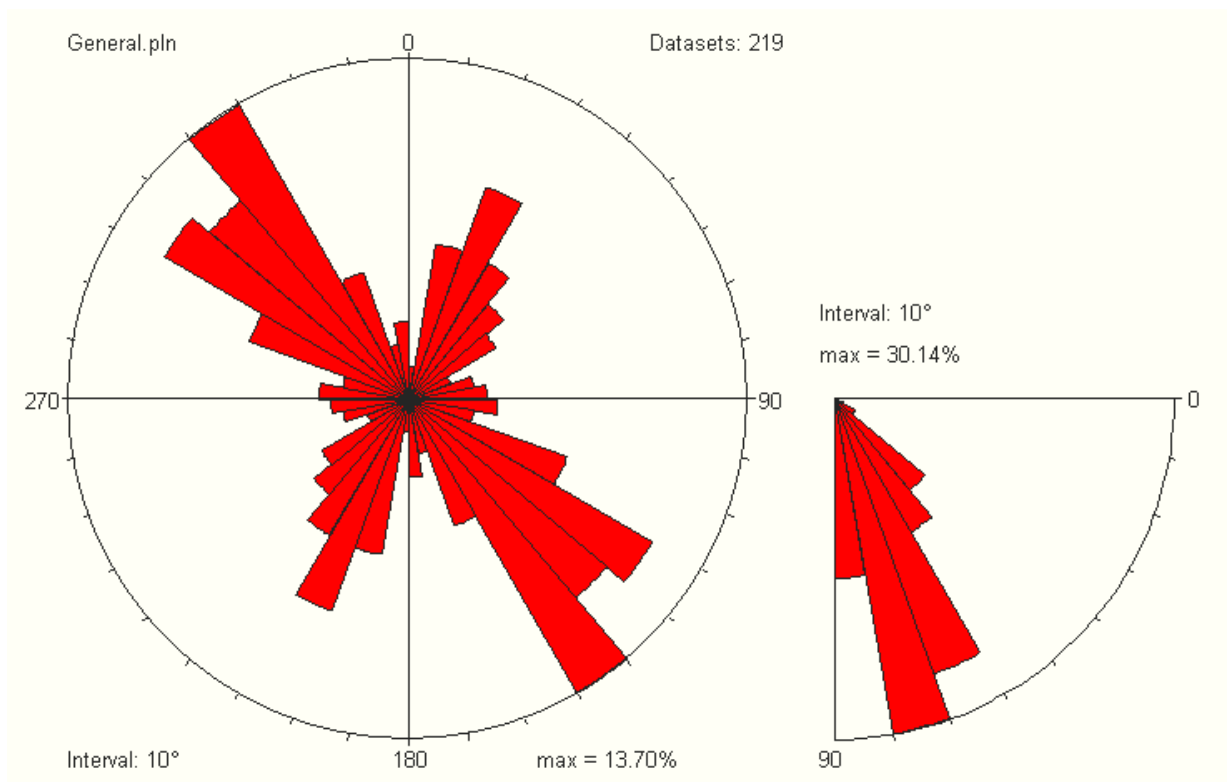
### 2.2.3.3 Geología estructural

**Características estructurales:** El tectonismo por efecto de la convergencia de las Placas referidas en la orogenia del Cretáceo Superior - Terciario Inferior dio lugar a la emersión de la Cordillera Occidental de los Andes con un magmatismo intenso en su borde Oeste de la Cordillera Occidental que dio lugar al emplazamiento del Batolito de la Costa principalmente, cuyas soluciones residuales fueron ricos en Cu, Au-Cu que dio lugar a la Provincia Metalogenética de Cu del Batolito de la Costa y Planicie Costera y de la Subprovincia

metalogenética de Au-Cu del Batolito de la Costa entre Nazca-Ocoña. El Batolito de la Costa es mayormente de composición intermedia a ácida.

Se concluye que al Sur de la prolongación de la dorsal de Nazca, entre la dorsal de Abancay y el Codo de Arica se tiene Fe en la Cadena Costera; Cu, Au-Cu, pórfidos de cobre en el Batolito de la Costa.

El área en estudio se encuentra dentro de la zona de fallamiento en bloques del Batolito de la Costa, entre fallas paralelas de rumbo andino posiblemente de alcance regional y las estructuras mineralizadas son estructuras terminales y/o tangenciales de rumbo andino entre dos fallas paralelas de rumbo andino, las estructuras mineralizadas son de alto ángulo. El siguiente gráfico muestra la predominancia de las estructuras mineralizadas mediante un diagrama de rosetas.



**Gráfico 4:** Diagrama de rosetas (izquierda).

muestra predominancia de las estructuras mineralizadas de rumbo andino (NW) referente a las fallas post mineralización de rumbo anti andino (NE), diagrama derecha muestra predominancia del buzamiento de las estructuras mineralizadas.

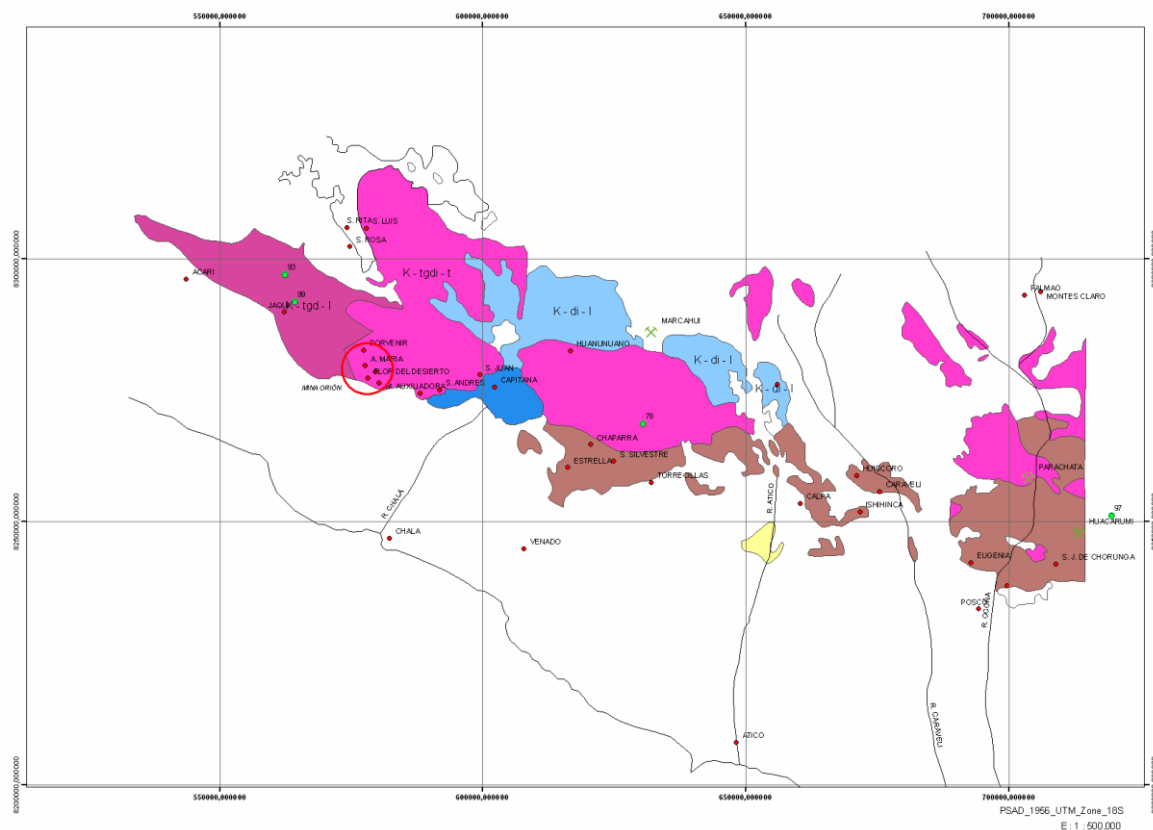
**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

**Análisis estructural:** En el Proyecto Santa Filomena, el control estructural es bien marcado con dos sistemas de fallas definido, el sistema principal y más importante es el que tiene orientación N-S con ligera variación a rumbo andino (NO), pertenecen a este sistema la falla Gliden de tipo sinestral, es la falla más relevante que desplaza todo el sistema de vetas por  $\pm 150\text{m}$ , luego se tiene la falla Enriqueta de tipo sinestral y por último la falla. (5)

El segundo sistema es el de rumbo anti andino (NE), guardan paralelismo entre ellas y han desplazado a las vetas  $\pm 20m$ , estos sistemas de fallas se truncan en la Falla Gliden, no tienen continuidad hacia el este, pertenecen a sistema las fallas 1,2, 3, 9 del tipo dextral y las fallas 4, 9 del tipo sinistral. (5)

### 2.2.3.4 Geología económica

En el yacimiento minero Santa Filomena la mineralización se presenta en forma general como vetas y vetillas emplazadas en el Batolito de la costa, la disposición ocurre en forma paralela o transversal a éste. Los clavos de mineralización aurífera se encuentran en vetas angostas de mediana a poca longitud con mineralización de cuarzo gris y hialino, pirita, esporádicamente calcopirita.



**Gráfico 5:** Ubicación de minas y ocurrencias de mineralización aurífera y cuprífera entre la franja Palpa-Ocoña.

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

**Afloramientos:** Las vetas se presentan en estructuras bien definidas, de mediana a pequeña longitud y anchos moderados a pequeños; los afloramientos en superficie en algunos casos no son continuos y se encuentran estrangulados y/o cubiertos por material cuaternario. Las vetas mineralizadas están controladas por dos (2) sistemas estructurales principales:

- **Sistema E-W vetas Filomena, Santa Rosa**
- **Sistema NW (Andino) Vetas Raúl, española, Lady, Bolívar, Torres, Lucas**

Hacia W las vetas Santa Filomena y Santa Rosa son de rumbo E-W y hacia el este cambian de rumbo al NW (andino) debido a las Fallas 2 y 5.

Los afloramientos están marcados por una fuerte a moderada silicificación, débil limonitización con vetillas y venillas de cuarzo hialino, en contactos con diques, depresiones del terreno, pequeños farallones con cuarzo blanco, muchos de los afloramientos (30%) son imperceptibles, debido al estrangulamiento y tipo rosario.

**Mineralización:** Las vetas auríferas ubicadas en la zona están clasificadas genéticamente como vetas hidrotermales de cuarzo-oro, siendo el cuarzo el mineral principal, seguido por pirita, arsenopirita y oro nativo. Las vetas muestran comúnmente zonas bandeadas crustificadas, puntualmente brechamiento con limitadas aureolas de alteración argílica, silicificación y propilitación en la roca-  
caja.

**Mineralización en vetas:** En el proyecto Santa Filomena, se han cartografiado 21 vetas principales con afloramientos en algunos casos proyectados de 0.4 a 3.0 km de longitud. La mineralización se desarrolla generalmente en estructuras bien definidas en algunos casos en estructuras arrosariadas como también en las intercepciones de dos o más vetas, los anchos varían entre 0.07 y 2.00m. Es muy común la presencia de ramales en las vetas principales que en algunos casos forman lazos sigmoides los cuales generan en sus intersecciones zonas favorables para la ocurrencia de mineralización económica en rumbo y profundidad.

Las vetas contienen principalmente relleno de cuarzo hialino y en algunos casos poroso, es notoria la presencia de sílice tipo vuggy con óxidos de hierro (box Word). Hay presencia de sulfuros en superficie que mayormente se encuentran lixiviados; los principales minerales observados son: pirita, calcopirita de forma puntual, bornita, covelita, cuarzo en tres generaciones (blanco, hialino y gris),

**Mineralización en vetillas:** En las estructuras principales se ha observado numerosas vetillas (< a 0.10m) con relleno de cuarzo de diferentes generaciones, así mismo se ha observado vetillas que se desprenden de la veta principal tanto al techo como al piso y se desarrollan principalmente, paralelas a la estructura principal (Vetas Lucas, Torres, San José).

En algunos sectores existen áreas con fuerte fracturamiento multidireccional y relleno de sílice, pirita y limonitas generando cuerpos tipo stock Word (stock Word Santa Ana)

**Mineralización en cuerpos tipo Stock Word:** Se ha localizado un cuerpo de tipo stock Word con vetillas con relleno de limonitas principalmente hematita y goethita esporádicamente Jarosita, así mismo, fracturamiento multidireccional con relleno de cuarzo en algunos casos, en otros con relleno de caolín lo que indica que la zona ha sido sometida a diferentes etapas de deformación, este cuerpo se ha generado en la intercepción de la veta Torres y la falla Gliden y posiblemente con la veta Lucas. Tiene un ancho de 60m y una longitud de 250m con rumbo N30° a 50°W, el cuerpo se emplaza en el intrusivo diorítico y se encuentra descubierto del material cuaternario.

### 2.2.3.5 Alteración hidrotermal

En la zona de Santa Filomena se han definido estilos de alteración restringida que presentan intensidad moderada a débil.

**Silicificación.** – constituida por la asociación cuarzo-pirita con intensidad moderada a débil y se desarrolla preferentemente en la veta en algunos casos en los hastiales alcanzando anchos de 0.10 a 1.0 m, en superficie la oxidación de la pirita origina textura típica de sílice vuggy, esta alteración es generalmente estéril y presenta limonitas (hematita, goetita). En el caso particular del Cuerpo tipo stock Word la silicificación se da en forma débil.

**Argilización.** – Este tipo de alteración se da de las cajas hacia la periferia alcanzando anchos hasta de 1.0m, está constituida por el ensamble caolinita-sílice-pirita lixiviada y afectó de forma débil a moderada a la roca caja.

**Propilitización.-** Se evidencia en forma débil, se manifiestan por una epidotización y cloritización de los feldspatos especialmente en la periferia de las vetas; está constituida por el ensamble clorita-epidota-pirita puntual (diseminada).

**Alteración supérgena.-** La mayoría de las asociaciones de minerales sulfurados son inestables y se descomponen (meteorizan) para originar una nueva mineralogía estable en condiciones de meteorización, la denudación (erosión) es un proceso geológico continuo en las áreas terrestres y los depósitos minerales de origen hidrotermal eventualmente serán sometidos a las condiciones oxidantes cercanas a la superficie terrestre.

### 2.2.4 Reservas de minerales

Las reservas de minerales cubicadas al 31 de diciembre del 2017, estimadas por el departamento de geología ascienden a un total de 71,450.31 tm, con leyes de yacimiento 0.73 Oz/Au y 0.33 Oz/Ag, dichas reservas generan una vida útil de 35 meses a un ritmo de producción de 2000 tm/mes, lo que equivale a tener 57768.Oz de Au, de reserva, teniendo así un monto valorizado de 72'025,811.00 dólares en reservas de Au, con un costo de 1246.81 \$/Oz Au. La producción mensual será de 51 kg de Au aproximadamente.

**Tabla 2:** Resumen de reservas Filomena

<b>RESERVA</b>	<b>TM</b>	<b>ANCHO</b>	<b>Oz/Tc Au</b>	<b>Oz/Tc Ag</b>	<b>%Cu</b>
PROBADA	49,924.50	0.81	0.69	0.48	0.09
PROBABLE	21,525.84	0.82	0.78	0.19	0.09
<b>TOTAL</b>	<b>71,450.31</b>	<b>0.82</b>	<b>0.73</b>	<b>0.33</b>	<b>0.09</b>

**Fuente:** Geología mina – Santa Filomena.

El ratio de cubicación en el año 2017 fue de 200 T.M.S./m. para un avance de 18,378 m. en exploraciones y desarrollos, esto ha permitido obtener resultados favorables en las vetas de los niveles 7,8,12,13 y 14, conforme se aprecia en los cuadros siguientes.

**Tabla 3: Reservas Probadas**

<b>BLOQUE</b>	<b>TM</b>	<b>ANCHO</b>	<b>Oz/Tc Au</b>	<b>Oz/Tc Ag</b>	<b>%Cu</b>
1	1274.40	0.98	0.47	0.31	0.07
2	1114.16	1.31	1.36	0.30	0.20
3	1163.18	0.93	0.65	0.22	0.08
4	500.18	0.95	0.78	0.45	0.16
5	1750.61	0.76	0.82	0.42	0.20
6	449.55	0.74	0.47	0.23	0.04
7	711.33	0.76	0.71	0.23	0.05
8	607.50	0.75	0.53	0.03	0.01
10	540.12	0.74	0.45	0.11	0.04
12	1381.26	0.85	0.26	0.13	0.01
13	475.88	0.78	0.76	0.04	0.03
14	1193.40	0.74	1.15	0.46	0.22
15	2148.50	0.81	0.47	0.07	0.10
16	1299.89	0.89	0.61	0.09	0.04
17	1540.09	0.91	0.65	0.16	0.18
18	890.48	0.88	0.85	0.28	0.17
19	347.98	0.86	1.13	0.31	0.21
20	2002.91	0.82	0.88	0.30	0.16
21	1092.66	0.77	0.46	0.12	0.04
24	2342.00	0.77	0.45	0.16	0.18
25	1720.00	0.56	0.51	0.02	0.20
28	648.00	0.55	0.48	0.13	0.01
29	732.86	0.68	0.46	0.05	0.03
30	1092.66	0.77	0.46	0.12	0.04
32	499.50	1.06	1.45	0.08	0.04
33	1412.87	1.06	1.45	0.08	0.04
35	891.00	0.73	0.39	0.04	0.17
36	1172.12	0.72	0.53	0.07	0.14
37	2892.00	0.89	1.05	1.81	0.09
38	2949.14	0.81	1.04	1.97	0.07
39	627.41	0.70	0.90	0.46	0.06
40	633.60	0.65	0.50	1.08	0.06
41	3250.13	0.89	0.42	0.15	0.04
42	2243.80	0.80	0.47	2.38	0.07
43	1065.76	0.76	0.47	3.67	0.03
44	769.82	0.81	0.68	0.97	0.11
46	793.80	0.70	0.51	0.04	0.01
48	1020.60	0.70	0.45	0.15	0.03
49	737.10	0.70	0.48	0.15	0.03
50	891.00	0.73	0.68	0.07	0.01
51	1055.25	0.87	1.07	1.86	0.09
	<b>49924.5</b>	<b>0.81</b>	<b>0.69</b>	<b>0.48</b>	<b>0.09</b>

Fuente: Geología mina – Santa Filomena.



**Tabla 4:** Reservas Probables

BLOQUE	TM	ANCHO	Oz/Tc Au	Oz/Tc Ag	%Cu
101	1274.40	0.98	0.47	0.31	0.07
102	1114.16	1.31	1.36	0.30	0.20
103	1163.18	0.93	0.65	0.22	0.08
104	500.18	0.95	0.78	0.45	0.16
105	1750.61	0.76	0.82	0.42	0.20
106	449.55	0.74	0.47	0.23	0.04
107	711.33	0.76	0.90	0.23	0.05
108	607.50	0.75	1.25	0.03	0.01
110	540.12	0.74	0.45	0.11	0.04
112	1381.26	0.85	0.65	0.13	0.01
113	475.88	0.78	0.51	0.04	0.03
114	1193.40	0.74	1.15	0.46	0.22
121	1092.66	0.77	0.46	0.12	0.04
124	2342.00	0.77	0.45	0.16	0.18
129	732.86	0.68	0.27	0.05	0.03
130	1092.66	0.77	0.46	0.12	0.04
133	1412.87	1.06	1.45	0.08	0.04
135	891.00	0.73	0.39	0.04	0.17
136	1172.12	0.72	1.90	0.07	0.14
149	737.10	0.70	0.85	0.15	0.03
150	891.00	0.73	0.59	0.07	0.01
	<b>21525.84</b>	<b>0.82</b>	<b>0.78</b>	<b>0.19</b>	<b>0.09</b>

Fuente: Geología mina – Santa Filomena.

**Tabla 5 :** Recursos medidos

BLOQUE	TM	ANCHO	Oz/Tc Au	Oz/Tc Ag	%Cu
1	436.59	0.77	0.13	0.04	0.03
2	607.50	0.75	0.22	0.05	0.02
3	680.40	1.05	0.14	0.06	0.10
4	680.40	1.05	0.14	0.06	0.10
5	368.55	0.70	0.17	0.01	0.01
6	708.75	0.70	0.10	0.01	0.00
7	661.50	0.70	0.17	0.01	0.01
	<b>4143.69</b>	<b>0.82</b>	<b>0.15</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>

Fuente: Geología mina – Santa Filomena.

**Tabla 6:** Recursos indicados Filomena

BLOQUE	TM	ANCHO	Oz/Tc Au	Oz/Tc Ag	%Cu
100	8805.58	0.70	0.21	0.11	0.02
101	20721.31	0.78	0.74	1.43	0.09
102	4364.41	0.83	0.30	0.11	0.14
103	7938.00	1.05	0.14	0.06	0.10
104	6009.88	0.75	0.76	0.72	0.12
105	5025.91	0.78	0.86	1.46	0.10
106	3302.25	0.70	0.29	0.03	0.10
107	7100.16	0.88	1.01	0.06	0.03
108	3739.67	0.88	1.10	0.07	0.03
109	3996.00	1.06	1.45	0.08	0.04
110	3168.11	0.75	0.23	0.08	0.01
111	2495.66	0.75	0.72	0.23	0.05
112	2488.14	0.75	0.63	0.13	0.03
113	2055.38	0.73	0.34	0.04	0.02
114	3861.00	0.74	0.27	0.09	0.02
115	2699.55	0.71	0.68	0.34	0.13
	<b>87771.01</b>	<b>0.80</b>	<b>0.61</b>	<b>0.32</b>	<b>0.06</b>

Fuente: Geología mina – Santa Filomena.

**Tabla 7:** Recursos Inferidos

BLOQUE	TM	ANCHO	Oz/Tc Au	Oz/Tc Ag	%Cu
201	17,948.86	0.89	0.2	1.61	0.07
202	16,329.60	0.72	0.48	0.23	0.05
203	12,393.00	0.73	0.56	0.21	0.07
204	13,659.55	0.72	0.43	0.1	0.03
205	17,760.09	0.93	0.81	0.32	0.13
206	7,298.16	0.7	0.31	0.8	0.06
207	3,490.95	0.7	0.29	0.03	0.1
208	7,147.89	0.88	1.01	0.06	0.03
	<b>96,028.09</b>	<b>0.78</b>	<b>0.53</b>	<b>0.44</b>	<b>0.07</b>

Fuente: Geología mina – Santa Filomena.

**Tabla 8:** Potencial Filomena

BLOQUE	TM	ANCHO	Oz/Tc Au	Oz/Tc Ag	%Cu
A	22,680.00	0.7			
B	13,608.00	0.7			
	<b>36,288.00</b>	<b>0.7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Geología mina – Santa Filomena.

## 2.2.5 Descripción de la operación

### 2.2.5.1 Descripción general de las operaciones actuales

Una descripción detallada general de las operaciones desarrolladas en operación mina de la mina Santa Filomena es dada a continuación:

#### Explotación subterránea

La mina Subterránea está dividida en 4 Niveles de producción, desde el nivel 8 al nivel 12, formando principales zonas de explotación: cuenta con 10 tajos de producción entre las principales vetas tenemos a la Filomena y Escalera. El método de explotación es corte y relleno ascendente, aplicando el circado selectivo, se cuenta con niveles de preparación 14 y profundización del pique B-4, además de incrementar la producción de mineral.

#### a) Corte y relleno ascendente

Se utiliza el método de Corte y Relleno Ascendente denominado también “OverCut And Fill”, aplicando el circado selectivo. El minado de corte y relleno es en forma de tajadas horizontales empezando del fondo del tajo y avanzando hacia el nivel inferior. Luego de cada corte de mineral y una vez extraído completamente el mineral del tajo, éste se rellena con material estéril hasta tener una altura de perforación adecuada (1.8 m). El relleno cumple dos funciones: proporciona un nuevo piso de para la perforación y de sostenimiento de la labor.

La aplicación del circado selectivo es para incrementar la recuperación de finos, evitar la dilución y/o contaminación del mineral y realizar de una manera eficaz y eficiente la selectividad del mineral.

#### **b) Método aplicado en Santa Filomena**

Las vetas se desarrollan en sentido horizontal en galerías, las cuales están separadas entre 40 a 50 metros entre niveles, dependiendo de la zona. En sentido vertical se desarrollan chimeneas espaciadas cada 50 metros, quedando dividida la veta en bloques. Las chimeneas se proyectan hasta el nivel superior el cual es el nivel de extracción a superficie.

- ✓ Entre dos chimeneas extremas separadas a 25 metros se construye un buzón-camino, lo que permite así definir el block a explotar.
- ✓ El piso inicial puede ser camada de madera (si se realizó desde la galería) o puente de mineral de 3.0 metros de altura.
- ✓ El corte de los tajos se hace con cara libre hacia las chimeneas. El disparo es en toda la longitud del tajeo (una sola toda), la explotación en breasting también es utilizado por que es más selectivo y depende del comportamiento del macizo rocoso. Es una adecuación práctica que los extremos del tajeo cerca de las chimeneas, e realice un corte más, para que el relleno tenga fluidez.
- ✓ Luego que se ha disparado el mineral se procede a una limpieza o extracción, usando carretillas y/o winches de arrastre, que permitan jalar la carga hacia el echadero doble. Cada echadero tiene instalada una parrilla en la parte superior que clasifica el mineral no permitiendo que entren “bancos” al buzón, además, constituye un elemento de resguardo de seguridad para evitar caídas de personas.
- ✓ Extraído todo el mineral, se levanta el echadero (trabajos de madera) y luego se procede a rellenar hasta tener el mismo piso de perforación a 1.8 metros de la corona.
- ✓ Se repite así sucesivamente el ciclo (procedimiento). El tipo de relleno utilizado es cuaternario y/o material de labores de desarrollo y explotaciones.

#### **c) Ciclo de minado**

El ciclo de minado comprende:

- ✓ Perforación
- ✓ Voladura

- ✓ Ventilación
- ✓ Sostenimiento (corona/cajas – eventual).
- ✓ Limpieza y acarreo
- ✓ Enmaderado de los echaderos y caminos
- ✓ Relleno
- ✓ Transporte principal.

Las labores preparatorias son similares al método corte relleno descendente y consisten en la construcción de un pique principal, chimeneas para ventilación, echaderos, subniveles y otros servicios.

La perforación y voladura del subnivel de 1.20m x 1.80m. de sección hasta lograr la longitud predeterminada por el contacto mineral/desmonte.

En los tajeos las dimensiones de la sección varían de acuerdo a la potencia de la veta, pero el estándar en Santa Filomena es de 3.00m x 1.20m.

La perforación se realiza con máquinas manuales Jack Leg. La limpieza de mineral se realiza con carretillas y winches de arrastre, igualmente el relleno es realizado con desmonte escogido del mineral a veces extraído del descaje y en otras de un DogHole.

#### **Ciclo de minado en tajeos**

- ✓ Perforación
- ✓ Voladura
- ✓ Limpieza
- ✓ Relleno

#### **Ciclo de minado en labores de desarrollo y preparación**

- ✓ Perforación
- ✓ Voladura
- ✓ Limpieza

Existen otras actividades auxiliares pero muy esenciales que son:

- ✓ Ventilación
- ✓ Regado
- ✓ Sostenimiento
- ✓ Acondicionamiento

#### **d) Perforación**

Es del tipo vertical o realce. El ancho de minado mínimo es de 1.20 m, espacio suficiente para que el perforista opere su máquina y trabaje con comodidad. Se usa perforadoras de tipo Jack Leg, utilizando barrenos integrales de 4,6 pies de longitud. En la perforación se usa como mínimo 3 guidores, que contribuye a uniformizar el paralelismo de los y taladros perforados.

La malla de perforación para vetas mayores o iguales a 50 cm es en zigzag con burden de 25 a 30 cm, para vetas de 0.8 a 1.20 metros, se hacen taladros alternados en número dos y uno por fila o el famoso 2 en 1 con un burden de 30 cm.

La 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, la perforación se realiza con la máquina perforadora Jack Leg, con barrenos de 3, 4, 5, 6 pies de longitud.

El principio de la perforación se basa en el efecto mecánico de percusión y rotación, cuya acción de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca.

**Perforación manual:** Equipos ligeros operados por perforistas. Utilizados en trabajos de pequeña envergadura donde principalmente por dimensiones no es posible utilizar otras máquinas o no está justificado económicamente su empleo.

**Condiciones de perforación:** Para conseguir una voladura eficiente la perforación es muy importante, así como la selección del explosivo, este trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado. La calidad de los taladros que se perforan están determinados por cuatro condiciones: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad.

Para la perforación se utiliza aire comprimido que debe de estar en el rango de los 70-90 cfm, y el consumo de agua es de 5 ml/seg, también se utiliza aceite para lubricar la máquina.

#### **e) Voladura**

La voladura se hace con carmex un accesorio ensamblado de 7 pies de longitud, que consta de un conector, mecha y fulminante. Para iniciar la voladura se usa guía rápida. El explosivo

utilizado es dinamita de 45 y 65%.

La operación unitaria de voladura es muy importante durante la explotación, de la cual dependerá el cumplimiento de las metas. Se puede realizar con los siguientes explosivos:

- Semexa de 45%
- Semexa de 65%
- Semexa de 75%
- Emulex de 80%
- Emulex de 65%
- Fulminante común N° 8
- Mecha de seguridad
- Carmex

**Mecha rápida** Para el uso de ANFO se tiene que contar con un buen circuito de ventilación para el flujo de los gases tóxicos. El carguío de los taladros puede realizarse con medidores o rellenos en cartuchos preparados de papel. El encendido (chispeo) puede realizarse de forma convencional utilizando la mecha lenta teniendo en cuenta que la velocidad de encendido varía de 55–60 segundos por pie y de dispararse varios taladros se debe controlar con una Chispa de Seguridad.

#### **f) Ventilación**

La ventilación de Minas, tiene por misión principal el suministro de aire fresco con el objetivo de lograr condiciones ambientales y termo-ambientales adecuadas para todo el personal que labore en faenas minero-subterráneas, como también para atender la operación de diversos equipos e instalaciones subterráneas.

Actualmente las diversas operaciones mineras, tienen la obligación de reorientarse estratégicamente al estudio y control del escenario de la mina ya que estos presentan grandes cantidades de gases notablemente mayores a los establecidos o límites permisibles, pues estos son dañinos para la salud lo cual implica la ventilación inmediata ya sea de forma natural con la ayuda de chimeneas, o por medio de ventilación mecánica ya sea por la ayuda de ventiladores eléctricos aspirantes o soplantes. La finalidad es contemplar y abastecer con aire suficiente para que el personal realice sus trabajos sin ninguna dificultad.

Para abastecer con la necesidad de caudal requerido para ventilar y realizar los trabajos con normalidad en las distintas labores se ha implementado ventiladores axiales airtec de 15000 y 10000 cfm de caudal, los cuales son instalados en serie, para poder así llegar a abastecer la necesidad necesaria en los niveles principales y en la profundización del pique.

**g) Limpieza y acarreo**

Comprende el acarreo del mineral volado en el tajo hacia los echaderos. Las limpiezas de mineral en los tajos se realizan con carretillas y/o winches de arrastre maniobrados por un personal.

La limpieza del mineral roto de los tajeos se realiza manualmente con carretillas y winches de arrastre, estos equipos acarrear el mineral al echadero de los dos tajeos, este no genera humo y así evita la contaminación de las labores.

Para la limpieza en las labores de desarrollo y preparación se utiliza una pala neumática la cual acelera el trabajo.

**h) Enmaderado de los echaderos y caminos**

Se hace colocando puntales de línea de 6" y 8" de diámetro, bloqueado de caja a caja en una distancia de 1.40 metros. En el lado del camino, se forra con tablas clavadas desde el echadero al camino y en los extremos, para contener el relleno se coloca rajados con una luz de 3" a 4" de espesor.

**i) Relleno de tajo**

Se usa como relleno, material estéril proveniente de las exploraciones y desarrollo. La idea básica es reemplazar el mineral roto por material estéril para que quede como piso de trabajo cuando la siguiente rebanada de mineral sea extraída.

El relleno además de permitir la continuación del ciclo de minado sirve como una forma de sostenimiento del tajeo, utilizándose en este caso el material roto casi en su totalidad para alcanzar el ancho mínimo de explotación o en su defecto suministrar material detrítico de las labores de desarrollo y mineral marginal de baja ley, tratando de dejar el piso uniforme para facilitar la siguiente etapa de perforación.

**j) Parámetros de explotación tajeos**

- Productividad por tajeo: 3 – 10 ton /h-g día
- Consumo de Explosivos: 0.41 Kg./ton
- Tipo de Relleno: mismo material y extraído del DogHole

- Ventilación: Natural y Forzada (ventiladores eléctricos).
- Temperatura de Trabajo: Hasta 20 grados

Sostenimiento temporal: Se usa puntales de seguridad y cachacos.

### **k) Servicios mina**

#### ✓ **Transporte de mineral**

El sistema de transporte de material o desmonte de la mina a la planta o escombrera es una operación que consiste en trasladar el material producido de una manera económica y efectiva, realizado por el medio del sistema de transporte discontinuo (Locomotoras) para la extracción del interior mina a superficie y para el transporte de niveles se realiza por dos piques con la ayuda de winches o baldes.

El mineral es vaciado a los buzones de los tajos, en cada nivel luego se transfieren mediante el chute a los carros mineros tipo U-35, hacia los bolsillos de almacenamiento: situadas en cada nivel, de donde es alimentado a los skips e izado a superficie.

#### ✓ **Transporte principal**

Desde los echaderos del tajo, el mineral se transporta en carros mineros U-35, los cuales descargan a las tolvas ubicadas en todos los niveles. De allí, el mineral es cargado con skip o baldes y extraídos a superficie.

### **l) Sostenimiento**

El sostenimiento en minería subterránea es muy importante, ya que por la naturaleza del trabajo toda labor que se hace en el interior de la mina se realiza en espacios vacíos, inestabilidades producto de la rotura de la roca o mineral extraído; para lograr que se mantenga nuevamente estable la zona y en condiciones de trabajarla, la zona debe de redistribuir sus fuerzas, para ello es necesario apoyar inmediatamente con el refuerzo o el sostenimiento adecuado, considerando el tipo de rocas, fallas con relleno, fallas abiertas, etc.

Las fuerzas principales que actúan en el maciso rocoso, son: ( $\delta V$ ) representa la fuerza vertical de la masa rocosa sobrepuesta, ( $\delta H$ ) es la fuerza horizontal que también se relaciona con la masa de roca sobrepuesta y la fuerza (G) es la fuerza de la gravedad en las estructuras o bloques de la roca. En este caso cuando la fuerza vertical, horizontal o la gravedad excede la fuerza horizontal la falla del techo es posible. En estas situaciones se requiere los elementos de sostenimiento.

La presión vertical  $\delta V$  puede ser calculado tomando el volumen de la roca encima (en MPa o Psi) para llegar a un factor de + - 20% de la fuerza in situ.



Para  $\delta H$  en roca dura, masiva se puede utilizar un factor de  $1,5 - 2,0 \times \delta V$ , y con una profundidad de + 1,000 m, un factor de 1.

**Sostenimiento con maderas:** La madera es un material muy versátil para realizar trabajos de sostenimiento.

**Ventajas de la madera:**

- Es ligera y fácil de manipularla.
- Es económica.
- Es versátil.

**Cuadros:**

- Cuadros completos: rectos, trapezoidales.
- Cuadros cojos.
- Cuadros con solera.
- Cuadros reforzados: con rieles, planchas metálicas, pernos.
- Encribados, Enrejados, entablados.
- Puntales de sostenimiento

**Desventajas de la madera:** La resistencia a la flexión, tensión, compresión depende de la estructura fibrosa y de los defectos de la madera.

- La humedad, no es resistente.
- Los hongos afectan en la humedad con poca ventilación y la madera se pudre.
- No es conveniente que la madera trabaje a la flexión, mejor trabaja a la compresión paralelo a las fibras.

Es recomendable utilizar reforzamiento Con Split set Y Pernos De Anclaje y malla pues estos tienen mayor vida útil.

- Split set: con plantilla y con malla.
- Pernos de anclaje: con resina, con lechada de cemento.

- Arcos de acero y concreto Armado.
- Cerchas metálicas: especiales, de riel.

#### m) Equipos y accesorios de perforación

##### ➤ Perforación neumática BBC-16W (Puma), BBD-12t (Pumita)

La empresa cuenta actualmente con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack leg (PUMA), que son usados principalmente en las galerías, cruceros, chimeneas, piques y sub-niveles, además también de ser usadas en las labores de explotación (tajeos), dichas labores son de secciones mínimo de 1.2m x 1.8 m, en labores de avance y 1.00m x 1.50m en labores de explotación. También cuenta con 6 máquinas neumáticas Jack Leg (PUMITA), que son empleadas en las labores con restricciones de área de trabajo y longitud en chimeneas, ya que estas son de menor peso y así facilita el transporte de estos equipos con mayor facilidad.

La minera cuenta con compresoras con capacidad necesaria para poder abastecer la necesidad de aire comprimido requerido para realizar el trabajo de manera eficiente y en simultaneidad. Presentamos la tabla 9 donde se puede observar las características de los equipos y en la tabla 10, los accesorios de perforación y en la ilustración una perforadora.

**Tabla 9:** Propiedades de equipos de perforación.

Descripción	PUMA	PUMITA
Marca	Atlas Copco	Atlas Copco
Modelo	BBC-16W	BBC-12T
Presión máxima	7 bares (102psi)	7 bares (50psi)
Vida Útil	100 000 pp	100 000 pp
Nº de percusión	38 golpes/seg	20 golpes/seg
Velocidad de Penetración	Roca dura 0.9 pie/min, Roca suave 1.1 pie/min.	Roca dura 0.5 pie/min, Roca suave 0.6 pie/min.
Peso de la maquina	Pesado 25 kilos.	Liviano 15 kilos.

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

**Tabla 10:** Accesorios de perforación.

TIPO	LONGITUD	DIAMETRO
Barrenos integrales (barreno y broca integrado)	Long 3 pies (patero)	41 mm
	Long 4 pies (seguidor)	38 mm
Barrenos cónicas	Long 3 pies (patero)	41 mm
	Long 4 pies (seguidor)	38 mm
Brocas cónicas		41 mm
		38 mm

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.



**Ilustración 2:** Perforadora neumática Jackleg

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

### 2.2.6 Labores de preparación y desarrollo mina Santa Filomena

Una labor minera es un acceso excavado para explotar un yacimiento, la técnica de aprovechar un yacimiento mediante minería se conoce como Laboreo de Minas. La zona de la labor en que se trabaja para su excavación se denomina frente, las labores que sólo tienen una entrada (por ejemplo, una galería que se está avanzando) se denominan labores ó labores ciegas. Al no tener salida es necesario forzar la ventilación mediante una tubería hasta el frente de la labor. Es recomendable tener dos accesos a la mina, por seguridad.

#### **Preparación**

La preparación de una mina para la explotación del depósito mineral, consiste en desarrollar labores mineras de acceso, para arrancar y extraer el mineral económicamente explotable en forma sistemática, ordenada, con la mayor productividad y la mayor seguridad posible, estas labores mineras son piques, chimeneas, galería rampas y otros. Tenemos labores mineras llevadas a cabo para facilitar la explotación apropiada del yacimiento que son las labores de acceso y desarrollo, teniendo en cuenta en el rumbo como en el buzamiento de la estructura mineralizada.

Estas labores de desarrollo se dividen en:

- ✓ Subniveles
- ✓ Ventanas

- ✓ Chutes o tolvas
- ✓ Tajeo de Explotación
- ✓ Block de Mineral

#### a) **Labores verticales**

**Piques:** Excavación vertical de sección limitada y que alcanza importante profundidad uniendo varios niveles. Usada para el acceso y explotación. Labores verticales que se desarrolla de arriba hacia abajo sobre roca ó material estéril. Su forma es circular o rectangular dividido en varios compartimientos.

Sus funciones son:

- ✓ Sirve para el acceso de materiales, personal, equipos, herramientas.
- ✓ Para la extracción ó Izaje de mineral.
- ✓ Como ducto de ventilación, etc.

**Chimeneas:** Labor vertical de sección limitada y desarrollada de abajo hacia arriba para unir dos labores horizontales, siguiendo el buzamiento de la veta.

Sus funciones son:

- ✓ Como ducto de ventilación.
- ✓ Para delimitar y cubicar los blocks mineralizados.
- ✓ Van canalizados los cables eléctricos, tuberías de conducción de agua y aire comprimido, tuberías de relleno hidráulico, etc.
- ✓ Como camino, izaje y buzones. Acceso de personal, materiales, herramientas, insumos a los tajeos de explotación

#### b) **Labores horizontales**

**Galerías:** Labor casi horizontal que se desarrolla sobre veta o en alguna de sus cajas, siguiendo el rumbo ó dirección de la veta. Labor horizontal al interior de la mina subterránea para permitir el acceso al yacimiento de mineral.

Sus funciones son:

- ✓ Delimitar el block mineralizado.
- ✓ Labor de acceso al depósito mineral.

- ✓ Acceso para personal, herramientas, materiales, equipos, maquinarias y otros.
- ✓ Reconocer la continuidad del yacimiento, etc.

**Cortada:** Labor casi horizontal que se realiza sobre roca y ó material estéril forma ángulo con la dirección del depósito mineral o galería. Es una labor semejante a la galería.

Sus funciones son:

- ✓ La de cortar o atravesar a la zona mineralizada. Delimitar la potencia del depósito mineral.
- ✓ Dar acceso directo al depósito mineral.
- ✓ Como medio de exploración de otros depósitos mineralizados. Etc

**Crucero:** Es el conjunto de Labores Horizontales y ramificados que tienen una misma cota ó se encuentran en un mismo plano y que necesariamente desembocan en un pique o socavón. Es usual trabajar las minas desde un pozo, estableciendo niveles a intervalos regulares, generalmente con una separación vertical de 50 metros o más.

Su función primordial es de facilitar el transporte del mineral de los tajeos hacia los echaderos de mineral.

### **Desarrollo**

Son aquellas labores mineras encaminadas a crear los accesos y las vías internas a las zonas mineralizadas con el fin de dividir o seccionar el yacimiento en unidades de explotación y/o tajeos.

**Desarrollo productivo:** el avance se realiza extrayendo mineral, lo que se utiliza bastante donde la mena es más blanda que el estéril en vetas de potencia media generalmente en las galerías y chimeneas sobre mineral y/o veta.

**Desarrollo improductivo:** cuando el avance se realiza en estéril. Las labores de desarrollo son:

#### **c) Labores verticales:**

**Piques:** Excavación vertical de sección limitada que alcanza importante profundidad uniendo varios niveles. Usada para el acceso y explotación. Labores verticales que se desarrolla de arriba hacia abajo sobre roca ó material estéril.

**Chimeneas:** Labor vertical de sección limitada y desarrollada de abajo hacia arriba para unir dos labores horizontales, siguiendo el buzamiento de la veta. Sus funciones

son: Como ducto de ventilación, acceso de personal, materiales, herramientas, insumos a los tajeos de explotación.

**d) Labores horizontales:**

**Galería:** Labor casi horizontal que se desarrolla sobre veta o en alguna de sus cajas, siguiendo el rumbo ó dirección de la veta. Labor horizontal al interior de la mina subterránea para permitir el acceso al yacimiento de mineral. Sus funciones son: Delimitar el block mineralizado, labor de acceso al depósito mineral y acceso para personal, herramientas, materiales, equipos, maquinarias y otros.

**Cortada:** Labor casi horizontal que se realiza sobre roca y ó material estéril forma ángulo con la dirección del depósito mineral o galería. Es una labor semejante a la galería. Sus funciones son: La de cortar o atravesar a la zona mineralizada, delimitar la potencia del depósito mineral y dar acceso directo al depósito mineral. Y como medio de exploración de otros depósitos mineralizados. Etc.

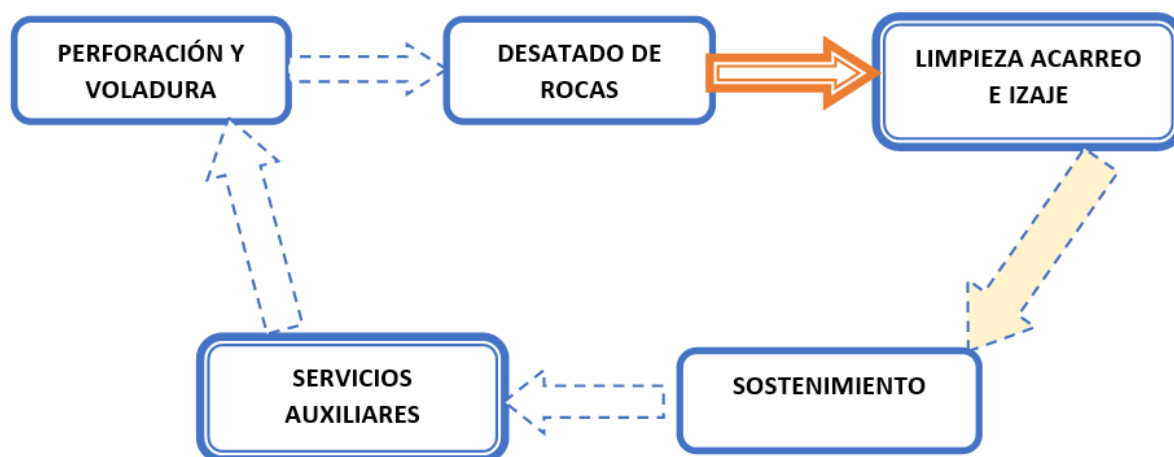
**Nivel:** Es el conjunto de Labores Horizontales y ramificados que tienen una misma cota ó se encuentran en un mismo plano y que necesariamente desembocan en un pique o socavón. Es usual trabajar las minas desde un pozo, estableciendo niveles a intervalos regulares, generalmente con una separación vertical de 50 metros o más. Su Función primordial es de facilitar el transporte del mineral de los tajeos hacia los echaderos de mineral y cámaras.

**e) Labores inclinadas**

**Rampas:** Son Labores Inclinadas desarrolladas sobre roca o material estéril, son de secciones grandes, considerable pendiente (12%) a fin de ganar longitud y altura. La rampa une dos ó más labores horizontales ó niveles de diferentes cotas. Sus Funciones son: Labor de accesos de equipos y maquinarias pesadas sobre llantas a interior Mina desde la superficie o entre los niveles, permite la extracción del mineral por medios rápidos y flexibles con equipos de bajo perfil y el acceso de personal, materiales, insumos y herramientas, etc.

El proceso de minado en Santa Filomena es presentado mediante el grafico 7.

### DIAGRAMA DEL PROCESO DE MINADO



**Gráfico 6:** Diagrama del proceso de minado.

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

#### 2.2.7 Método de minado en la mina Santa Filomena

El método es elegido de acuerdo a las características de la mineralización y de las cajas del yacimiento minero de Santa Filomena, el método de explotación empleado en la Empresa Minera Sotrami S.A es el de “Corte y Relleno Ascendente” aplicando el circado selectivo, con una capacidad de explotación de 2000 - 2200 toneladas por mes (este tonelaje varía según la extracción de las sociedades), empleando el relleno de tajos con el material estéril obtenido de las cajas, el relleno para cumplir con los estándares del ancho de minado.

El método más apropiado es el Corte y Relleno (Cut and fill). Tomando en cuenta la ventaja geológica de la integridad de la caja techo se puede realizar la explotación de la veta implementando una variante del método de Corte y Relleno Ascendente, **con circado selectivo.**

Es muy importante mencionar que los trabajos de preparación de las galerías y chimeneas se realizan sobre veta, como por consecuencia que algunas labores de preparación funcionan también como labores de exploración así, en estas etapas ya se pueden recuperar mineral, aportando en un 30% de la producción total en labores horizontales de desarrollo.

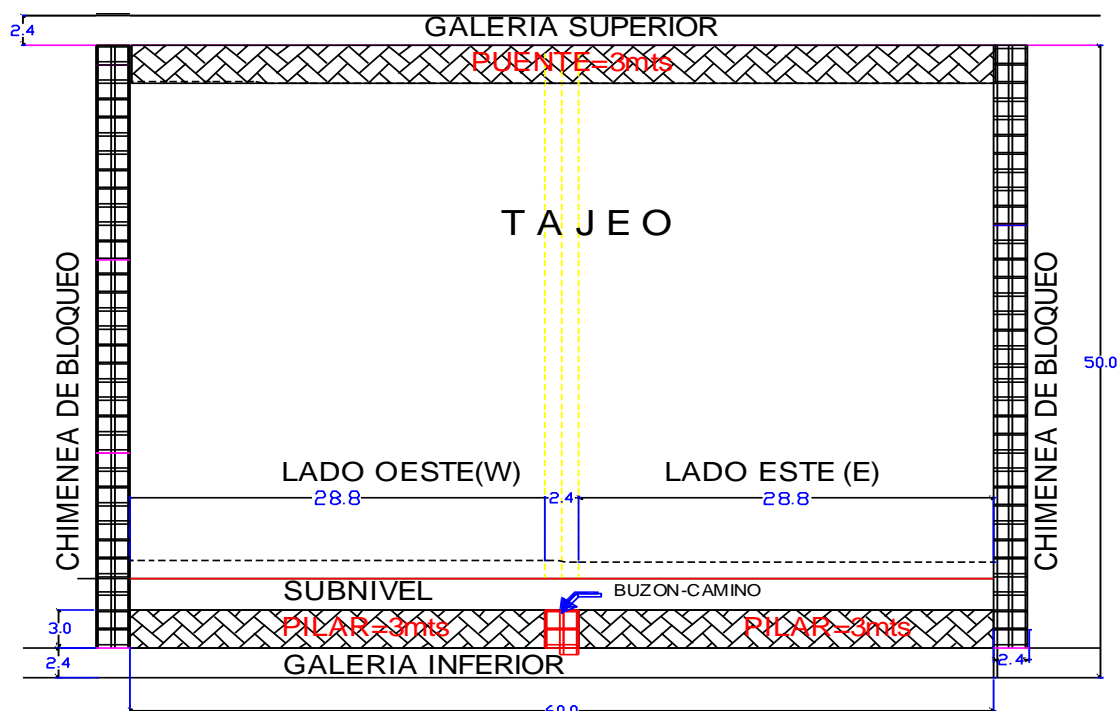
Este método está aplicado específicamente para vetas estrechas, menores a 40 cm, en donde, generalmente, la roca de caja piso es cortado para lograr el ancho mínimo de minado, el mineral y la roca son extraídos separadamente. El desmonte generado después de la voladura es nivelado (rellenado) y conservado en el tajeo para utilizarlo como plataforma de trabajo y altura de perforación en el siguiente ciclo de minado, mientras que el mineral es extraído selectivamente mediante el circado, previo tendido de mantas de geotextil en el piso evitando de esta manera la dilución y pérdida de los finos. Este método asegura la extracción de un alto porcentaje del mineral en forma rentable y reduce la cantidad de material estéril que

requiere ser evacuado a la superficie, incrementa la productividad y elimina la dilución, siendo el más flexible en su aplicación.

El método puede tener una variante a Corte y relleno convencional cuando la veta llega a ensancharse y viceversa, en ese sentido también influenciara el diseño de minado y/o plan de minado, la infraestructura mina, capacidad de extracción y capacidad de relleno, producción de mineral con mayor eficiencia en el tiempo por cortes.

En el grafico 2, se presenta un diagrama del proceso de minado en la mina Santa Filomena

## TAJEO CONVENCIONAL

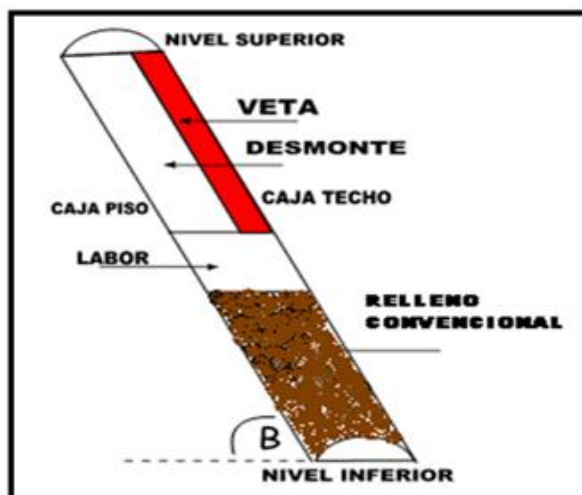


**Gráfico 7:** Diagrama del proceso de minado.

**Fuente:** Estandar Mina Sotrami - 2018.

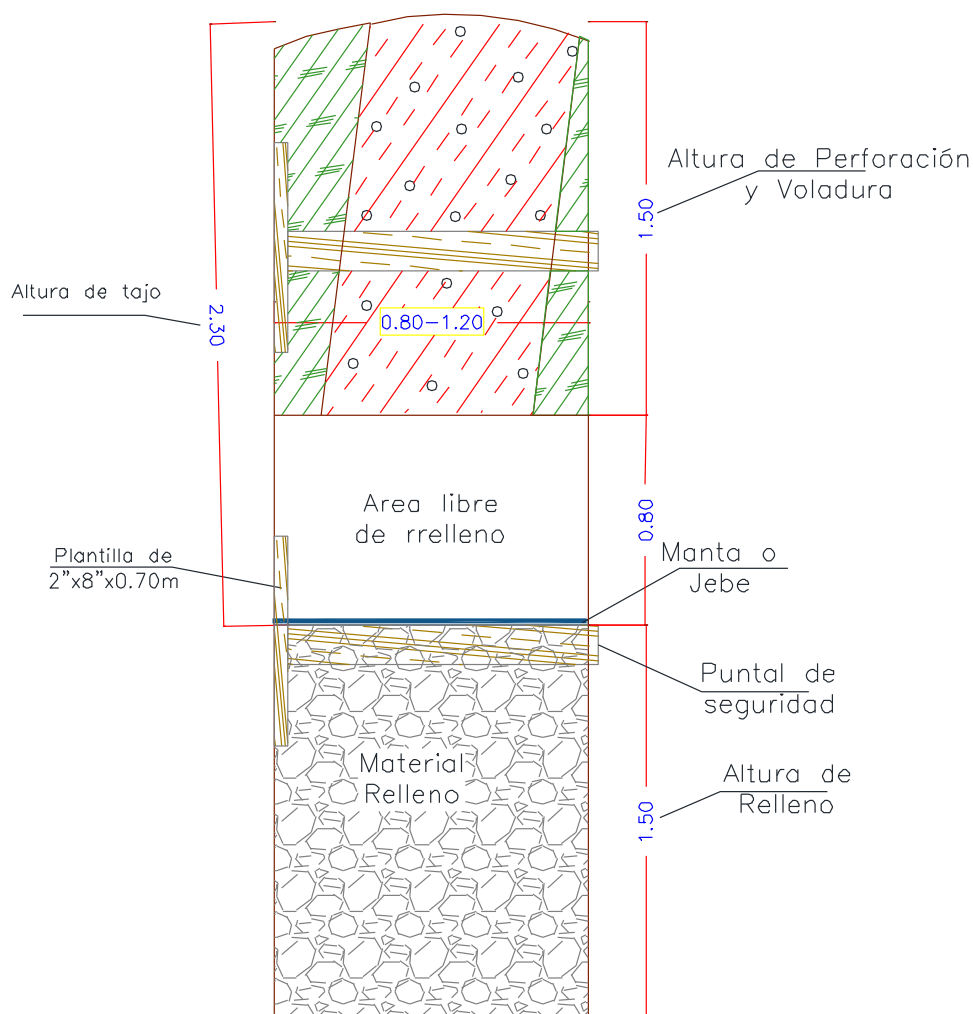
La topografía del asiento minero ha permitido que el acceso al yacimiento sea mediante socavones convencionales con secciones de 8\*7 y 6\*7 pies. La explotación actual se lleva a cabo en 4 niveles separados entre 40-30 metros de altura, siendo el nivel 12 el que está a mayor profundidad y en etapa de preparación. Debido a las características de la roca encajonante y mineralización, se hace necesario en los tajos colocar como sostenimiento puntal de madera a intervalos de 3m.





**Gráfico 8:** Vista transversal de un tajeo.

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.



**Gráfico 9:** Vista Minado de tajos

**Fuente:** Estándares Mina Santa Filomena - 2018.

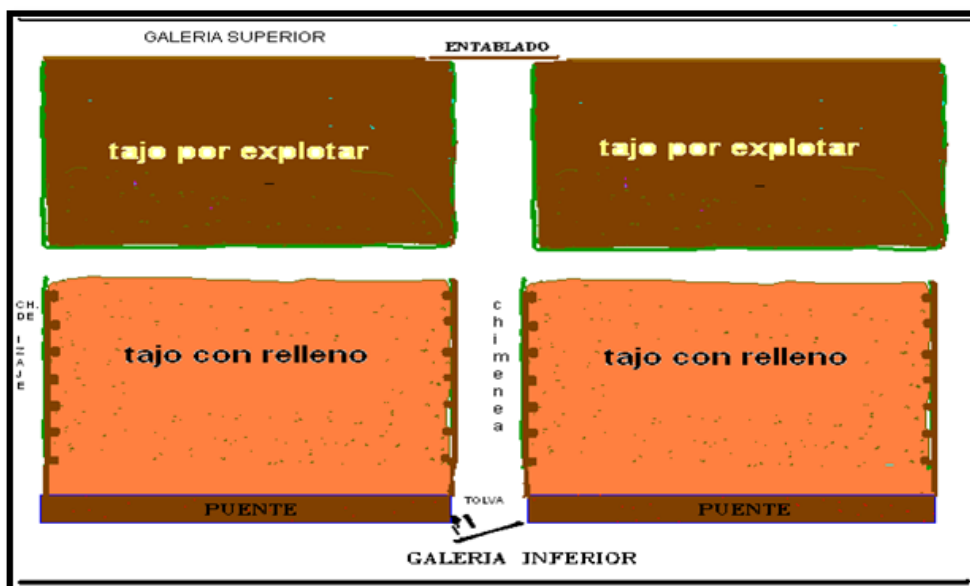
### 2.2.8 Descripción del método

La preparación consiste en delimitar el tajeo (realizar el block) mediante 2 chimeneas, una galería superior y otra inferior, las cuales se realizan sobre veta. Este trabajo se realiza con la

finalidad de ubicar y determinar la ley promedio que se tendrá en el tajo de explotación, además de prevenir y proporcionar de ventilación, acceso una vez que se realicen trabajos de tajeado.

- Los tajos tienen dimensiones de 20m de alto por 50m de largo por 1m de ancho.
- La chimenea contigua es minada de acuerdo al avance que realiza el tajeado.
- Las chimeneas se realizan en sentido descendente y haciendo uso de perforadoras convencionales BOSCH (chicharras) para facilitar al trabajador la relación de ergonomía.
- Las galerías son preparadas con perforadoras neumáticas PUMA, usando barrenos de 2', 4' y 6'.

Una vez delimitada el block a tajar, se construye un subnivel dejando un puente (2m), sobre el nivel inferior, el cual servirá como piso para iniciar la explotación. En caso de que la veta presente ley alta en vez de un puente se hace un entarimado de acuerdo al ancho de minado y una altura de 2m con respecto al nivel inferior, con la finalidad que el movimiento del personal por la galería sea garantizado. Cada tajo tiene su sistema de ventilación independiente, así como también su propia Chimenea de acceso; por lo tanto, cada tajo será efectivamente una unidad de minado independiente de tal manera que una operación de minado continuo es posible. Se construye también un pique inclinado de acuerdo al buzamiento de la veta, por el cual se extrae el mineral mediante el método de izaje.



**Gráfico 10:** Diseño de minado

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

### 2.2.9 Descripción del diseño de los tajos para explotación

Los levantamientos en tajeos se hacen con la finalidad de estimar o ubicar el mineral y teniendo en cuenta el buzamiento de la veta para luego determinar las distancias horizontales,

atraves de las diferencias de cotas entre la zona afectada y la zona “in situ” para luego estimar el mineral. Cada lado constará de 50 m de longitud, para luego del disparo y hecha la ventilación en el frente, se pueda tomar los datos de las coordenadas, estimar la distancia horizontal y el desnivel con respecto al nuevo disparo y tener el cálculo de cuanto mineral se mueve.

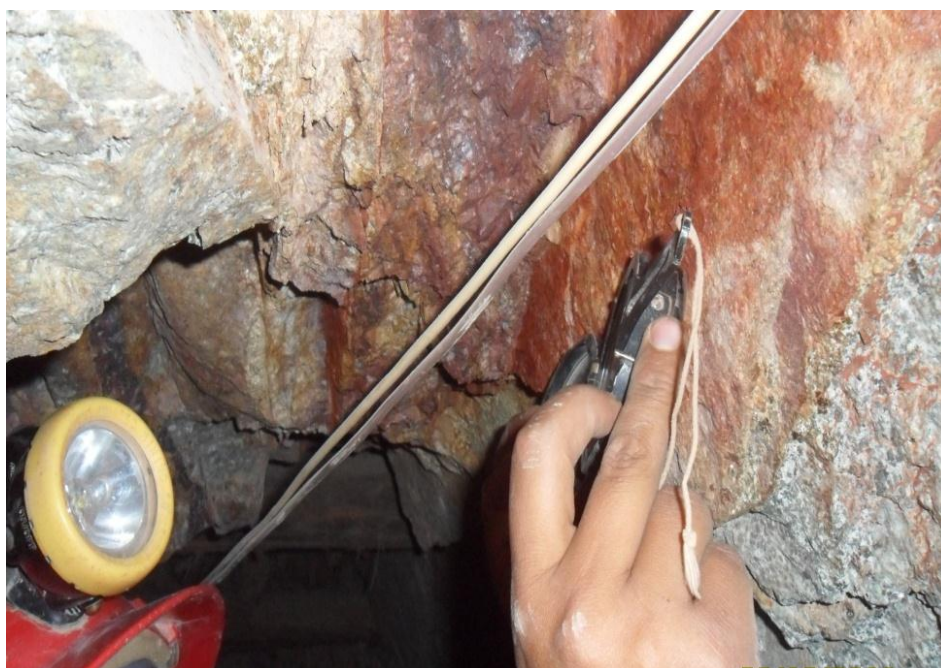
Cada tajo tiene su sistema de ventilación independiente, así como también su propia Chimenea de acceso; por lo tanto, cada tajo será efectivamente una unidad de minado independiente de tal manera que sea una operación de minado continuo.

Para la explotación del mineral mediante este método se requiere de niveles de acceso cada 50 m. aproximadamente y un pique inclinado para la extracción

En este sistema, la veta será dividida en bloques de minado de 40-50 m de longitud en dirección al rumbo de la veta. A un lado del bloque, una chimenea exploratoria es minada, que además sirve para ventilación y acceso. En el otro lado, otra chimenea es minada de acuerdo al avance del tajeado hacia arriba.

La preparación de los blocks, comprende la realización de los siguientes trabajos:

- Construcción de una galería/subnivel sobre el rumbo de la veta.
- Construcción de una chimenea



**Ilustración 3:** Levantamiento con burbuja de tajos.

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

### 2.2.10 Voladura

La voladura es un mecanismo tridimensional, en el cuál las presiones generadas por explosivos confinados dentro de los taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento,

con los cuales se recupera el mineral de su estado natural. Existe factores o variables que intervienen directa o indirectamente en la voladura, que son mutuamente dependientes uno del otro que podrían controlar algunos; diseño de malla, paralelismo de perforación, carguío de explosivo, secuencia de chispeo y factor geológico característico de la roca. (7)

#### A. Procedimiento para el cebado de un taladro

Se encapsula la mecha junto al fulminante No 8, una vez obtenido esto se procede a insertar a la dinamita al taladro con la ayuda de un atacador que deberá ser de madera o algo que no produzcan chispas. (10)

#### B. Procedimiento para el carguío de explosivos en los taladros

Se examina cada taladro cuidadosamente antes de cargarlo para reconocer su condición, usando para ello un atacador de madera o una cucharilla para extraer el detritus que quedan en el taladro. Se introducen los cartuchos al taladro uno a uno con la ayuda del atacador de madera, evitando el atacado violento. (5)

#### C. Explosivos y accesorios de voladura

En la unidad de Santa Filomena se utiliza dinamita semi-gelatina SEMEXA 65% de alto poder rompedor y alta resistencia al agua, compuesta de nitroglicerina y aserrín fino de madera, para uso de rocas intermedias a duras, la iniciación se realiza con un cartucho cebado con (fulminante nº 8) y mecha de seguridad que puede ser 1.20 m, 1.50m, 1.80m de longitud de acuerdo a la longitud de perforación, y así mismo de acuerdo al tiempo de evacuación (Chimeneas). (2)

**Tabla 11:** Característica técnica dinamita de la semi-gelatinosa de 70%

POTENCIA RELATIVA POR PESO	70%
Poder rompedor	22 mm
Velocidad de detonación	4550 m/s
Resistencia al agua	muy buena
Categoría de humos	Primera
Densidad	1.14 g/cm <sup>3</sup>
Presión de detonación	83 KBar
Volumen normal de gases	900Lts/Kg
Dimensiones	7/8"x7"

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

#### D. Accesorios de voladura

**Mecha de seguridad.** - Es uno de los componentes del sistema convencional de voladura. Su estructura está compuesta por capas de diferentes materiales, tales como; papel parafinado, hilo nylon y brea. Las cuales protegen el núcleo de pólvora, ácido de plomo y un

recubrimiento final de material plástico asegura una excelente impermeabilidad y buena resistencia a la abrasión. (1)

**Tabla 12:** Núcleo de pólvora.

<b>NÚCLEO DE PÓLVORA</b>	<b>6 G/M</b>
<b>Tiempo de combustión a nivel del mar</b>	160s/m
<b>Diámetro externo</b>	5mm
<b>Recubrimiento externo</b>	Plástico
<b>Resistencia a la impermeabilidad</b>	Buena
<b>Resistencia a la abrasión</b>	Buena

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

**Fulminante simple N°8.**- Es otro componente de voladura, está conformado por un casquillo cilíndrico de aluminio cerrado en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva una carga primaria de un explosivo sensible a la chispa y otra carga secundaria de alto poder explosivo.

**Tabla 13:** Fulminante simple N°8

<b>LONGITUD</b>	<b>48.5 MM</b>
<b>Diámetro externo</b>	6.1 mm
<b>Diámetro interno</b>	5.4mm
<b>Volumen</b>	23.36cm <sup>3</sup>
<b>Resistencia al impacto</b>	2Kg/m
<b>Carga explosiva total</b>	900mg
<b>Sensibilidad a la chispa de la mecha de seguridad</b>	Buena

**Fuente:** Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

### 2.2.11 Limpieza y acarreo

#### a) Limpieza en frentes y tajos

Es una de las etapas del ciclo de minado en la cual consiste en el retiro del mineral roto y/o del desmonte del tajo o labor, dicha actividad se realiza con pala neumática en los frentes de avances, galería, cruceros y By Pass, la limpieza en los sub niveles es a pulso con carretillas, la limpieza en los tajos es manual y también con winches de arrastre. Dichas actividades de limpieza son llevadas al buzón para su posterior acarreo al bolsillo principal y su posterior extracción a superficie. (10)

#### b) Acarreo en galerías principales

Es parte importante del ciclo de minado en desarrollo por lo que los equipos deben estar siempre listos, para cuando se necesite limpiar un frente y empezar el trabajo de perforación y voladura. El acarreo de mineral y/o desmonte se realizan con carros mineros U-35, halados con locomotoras a batería desde los frentes de avance y de las tolvas de los tajos y chimeneas de extracción.

**c) Acarreo de material**

En esta operación se cuenta con 2 procesos bien marcados.

- 1.- Acarreo haciendo uso de carretillas (booguis) en los tajos de producción.
- 2.- Acarreo haciendo uso de carros mineros U-35, halados por locomotoras en las galerías.

Cabe mencionar que el acarreo del material (mineral y desmonte), en los tajos de explotación son con carretillas, también se está aplicando la limpieza con winches de arrastre, lo cual permite realizar un trabajo dinámico e incrementa la eficiencia del colaborador.

**d) Acarreo haciendo uso de carretillas**

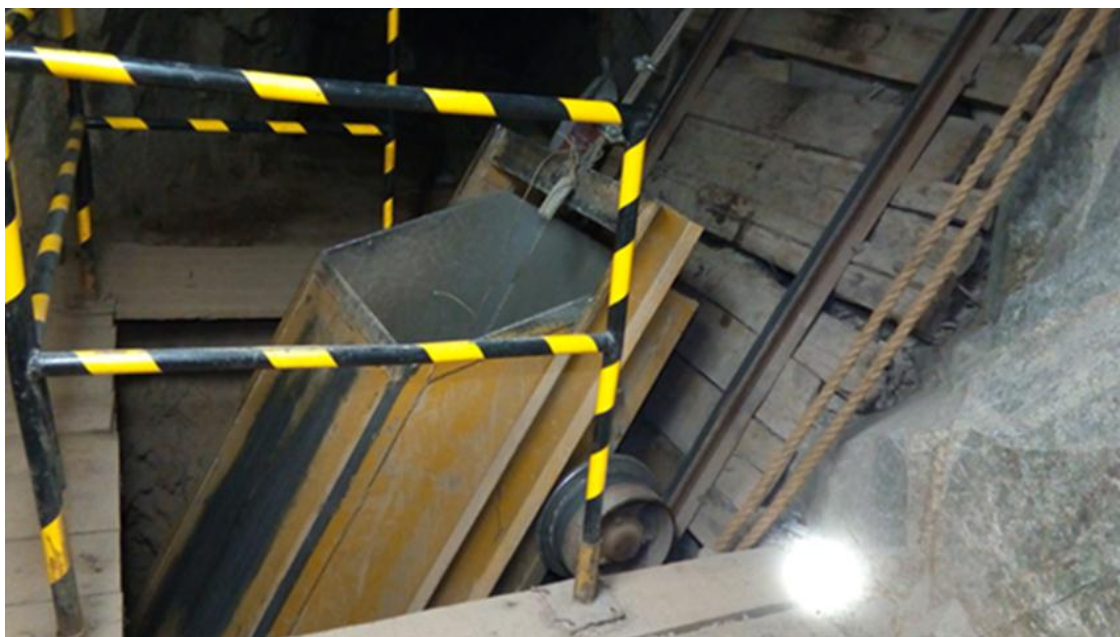
Esta operación consiste en evacuar el mineral y desmonte producido en los frentes de trabajo como son galerías, cortadas, piques, y tajeos llevando el material extraído hacia los niveles de extracción donde se encuentran los piques, para luego ser depositados en los niveles de acceso donde se encuentran las tolvas de almacenamiento.



**Ilustración 4:** Carro Minero U-35  
**Fuente:** Mina Santa Filomena - 2018.

**e) Acarreo a superficie.**

El mineral y/o desmonte es extraído a superficie por medio de sistema de izaje con un skip de 1.4 Ton de capacidad, con winches de 75 Hp, tal como se aprecia en el grafico siguiente.



**Ilustración 5:** Skip de izaje B-4

**Fuente:** Mina Santa Filomena - 2018.

### 2.2.12 Relleno

El relleno usado en la Unidad Minera Santa Filomena, es del tipo convencional, ya que únicamente se usa el desmonte o esteril de los tajos, teniendo especial cuidado en colocar los bloques más grandes y competentes en los laterales de los tajos haciendo un pircado ascendente, aproximadamente el 30% del desmonte es extraído, el restante es usado en el relleno.

### 2.2.13 Sostenimiento

El desatado de rocas es parte fundamental de la seguridad del trabajador, y obligatorio al ingreso de una labor o tajo que ha sido disparado en el turno anterior. Para ello se usan “barrenos” de fierro de longitudes de 2,4 y 6 pies.

El sostenimiento en las labores mineras tiene los siguientes objetivos principales:

- ✓ Evitar derrumbes y desprendimiento inoportuno de rocas
- ✓ Adecuar un ambiente de trabajo seguro y protegido.
- ✓ Proteger a los trabajadores, equipos, herramientas y materiales
- ✓ Evitar deformaciones excesivas de las labores subterráneas

La elección de la barretilla adecuada para el desate de rocas es muy importante por razones de seguridad y comodidad a la hora de realizar el desate de rocas. Por el método de explotación usado, el relleno sirve como sostenimiento de las cajas de la labor. Se trabaja con madera de eucalipto seco, realizando cuadros rectos en los niveles principales (de acceso), y como sostenimiento en algunos tajos ya trabajados. También es usado el método del puntaleo para

sostenimiento de las cajas en Chimeneas, Piques, Galerías y cruceros. Por ser la roca encajonante de semidura a dura.

Preliminarmente para conocer el comportamiento del macizo rocoso se debe tener en consideración el criterio de clasificación del tipo de roca:

#### **2.2.14 Evaluación de macizos rocosos**

Para definir las condiciones del macizo rocoso de una manera sistemática, hoy en día existen criterios de clasificación geomecánica ampliamente difundidos, como:

- ✓ El índice de Resistencia Geológica (GSI)
- ✓ Valoración de la Masa Rocosa (RMR)
- ✓ El índice de Q de Barton

Los mismos que se determinan utilizando los datos de los mapeos geoestructurales efectuados en las paredes de las labores mineras o en campo.

Para conocer el macizo rocoso, hay necesidad de observar en el techo y las paredes de las paredes mineras, las diferentes propiedades de las discontinuidades, para lo cual se debe primero lavar el techo y paredes. A partir de estas observaciones se podrán sacar la información sobre las condiciones geomecánicas del macizo rocoso.

Debido a la variación de las características de la masa rocosa, el supervisor (Ing. Geólogo) deberá realizar en forma permanente una evaluación de las condiciones geomecánicas, conforme avanza las labores, tanto en desarrollo como en explotación.

En situaciones especiales, el supervisor deberá realizar un mapeo sistemático de las discontinuidades, denominado "Registro Lineal" para lo cual deberá extender una cinta métrica sobre la pared rocosa e ir registrando todos los datos referido a las propiedades de las discontinuidades, teniendo cuidado de no incluir en ellos las fracturas producidas por la voladura. Los datos se irán registrando en formatos elaborados para este fin, luego serán procesados y presentados en los planos de las labores mineras.

Para el cálculo del índice GSI se debe seguir los siguientes pasos:







- 1) Medir 1 m<sup>2</sup> en una zona representativa del macizo rocoso.
- 2) Contabilizar el número de fracturas dentro del m<sup>2</sup> escogido.
- 3) Golpear con la picota para determinar la resistencia de la roca.
- 4) Identificar los posibles castigos como:
  - Presencia de agua
  - Material fino como (panizos)



- Presencia de fracturas.

5) Utilizando los datos mencionados anteriormente se procede a calcular los índices GSI y RMR mediante la siguiente tabla.

**Tabla 14:** Caracterización del macizo rocoso.

<p>ROCAS DIACLASADAS (Hoek and Marinos, 2000)</p> <p>A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es más realista que un GSI=35. Note que la tabla a macizos estructuralmente controlados por fallas, donde planos estructurales débiles están presentes en una dirección desfavorable con respecto al frente de excavación, estos podrán dominar el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteración como resultado de los cambios de humedad que pueden reducirse cuando el agua está presente. Cuando trabajamos en rocas de regular o mala calidad, cambian las condiciones por el cambio de humedad. La</p>		CONDICIONES DE SUPERFICIE				
		MUY BUENAS Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas	BUENAS Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro	REGULAR Superficies isab, moderadamente meteorizadas y alteradas	POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización y rellenos compactos o rellenos de frag.	MUY POBRE Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.
		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
	INTACTA O MASIVA - Especímenes de roca intacta o masiva in-situ, roca con discontinuidades amplias y espaciadas	90	80	70	N/A	N/A
	FRACTURADA - Macizo rocoso con bloques entrelazados, consistente en bloques cúbicos formados por tres intersecciones de	80	70	60		
	MUY FRACTURADA - Macizo parcialmente perturbado con bloques entrelazados y angulares, formados por cuatro o más	70	60	50		
	FRACTURADA / PERTURBADA - Macizo rocoso plegado formado por bloques angulares formados por la intersección de varios	60	50	40	30	
	DESINTEGRADA - Macizo rocoso altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados, pobremente	50	40	30	20	
	FOLIADA / LAMINADA - Se carece de bloques debido débil material presente en los planos de foliación o de cizalla	N/A	N/A	20	10	
		← DECRECE EL ENTRELAZAMIENTO DE LOS BLOQUES				

Fuente: Inspección y data de la Mina Santa Filomena - 2018.

## 2.2.15 Panta de tratamiento “Santa Filomena II”

### 2.2.15.1 Proceso de tratamiento “Santa Filomena II”

La Planta de Concesión de Beneficio “Santa Filomena II”, se ubica 10 Km antes de la mina, aguas arriba del rio del distrito de Jaquí, en la confluencia de la quebrada Santa Rosa con la quebrada Acaville, distrito Sancos, provincia Lucanas, Ayacucho, a 1,270 msnm. Al entorno de la Planta de cianuración de SOTRAMI S. A., se encuentran 2 Plantas de Beneficio de minerales auríferos: Laytaruma y Korijaki. El área ocupada por la Planta es de 15,000 m<sup>2</sup>, que incluye el área de recepción y acopio de mineral, la tolva de gruesos, la construcción de la nueva Planta de Chancado (primario y secundario), la Cancha de mineral triturado, la Tolva de finos, el Área de molienda, Área de Cianuración, Área de Desorción, Área de electro-deposición, Área de Fundición y Refinación, Área de Regeneración de Carbón Activado y Laboratorio.

El residuo sólido industrial, producto de las operaciones de planta o relaves, es dispuesto en el “Depósito de Relaves”, construido cumpliendo los estándares de diseño e ingeniería ambiental correspondientes.

### 2.2.15.2 Capacidad instalada de la planta de tratamiento Santa Filomena II

La planta de beneficio de la Minera Sotrami s.a. viene operando con la autorización de funcionamiento otorgado por el ministerio de energía y minas, actualmente la capacidad de tratamiento alcanza 150 TMSD con proyecto de ampliación hasta 300 TMSD, al año 2020

### 2.2.15.3 Recursos

- a) **Abastecimiento de agua.** - El agua se obtiene desde el valle de Chulbe, ubicado a 9 Km.
- b) **Personal.** - Se cuenta con el personal necesario para las diferentes áreas, en dos turnos “día y noche”
- c) **Materia prima.** -Mineral traída de la mina.
- d) **Energía eléctrica.** - Actualmente la planta cuenta con energía del sistema interconectado del Mantaro – Estacion Jaqui, proporciona la energía eléctrica para toda la planta.

El proceso metalúrgico de la planta de Beneficio consta de secciones, en las cuales se realiza el proceso de clasificación, concentración y producción; las secciones son:

- Sección de Recepción y pre-clasificación.
- Sección Chancado y Clasificación.
- Sección Molienda.
- Sección Lixiviación - Adsorción.
- Sección Desorción.
- Sección Electrodeposición - Fundición.
- Sección de Relaves

#### 2.2.15.4 Descripción del proceso Planta Santa Filomena II” con capacidad de 150 tm/día

##### a.- Recepción de mineral

Esta es el área donde se da inicio al proceso de la planta , es aquel donde se concentra en mineral enviado de mina y de los diversos minerales que llegan por las regalías y de acopio, los cuales pueden ser mineral o relave, luego de ser pesados los minerales o relave son enviados a la cancha de recepción donde son descargados para su posterior envío a la tolva y en caso sea muy grandes, la granulometría de los minerales son enviados al circuito de chancado para obtener el tamaño adecuado para el procesamiento. Entre los diversos minerales que trata la empresa están:

MINERAL	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
OXIDO	Son los minerales obtenidos de la mena, generalmente tienen mayor pureza que los demás, se caracterizan por su mayor dureza con respecto a los demás minerales.	
PANIZO	También procede de las menas, pero este mineral se caracteriza por su característica rugosa y su fragilidad.	
ZARANDA	Son los restos de óxidos y mineral que luego de ser obtenidos quedaron dispersados por las orillas de las vetas originales y son recogidas para no perder material.	

Los minerales acopiados son descargados, pesados y almacenados en canchas de recepción, los que son separados de acuerdo a su procedencia. Si el lote tiene una granulometría mayor a ½” será enviado a la sección de chancado; para luego ser muestreado.

##### b.- Chancado y clasificación de mineral

Actualmente la planta de la empresa SOTRAMI cuenta con la ampliación un nuevo circuito de chancado que tiene como capacidad máxima de chancado de 10 TM/Hr

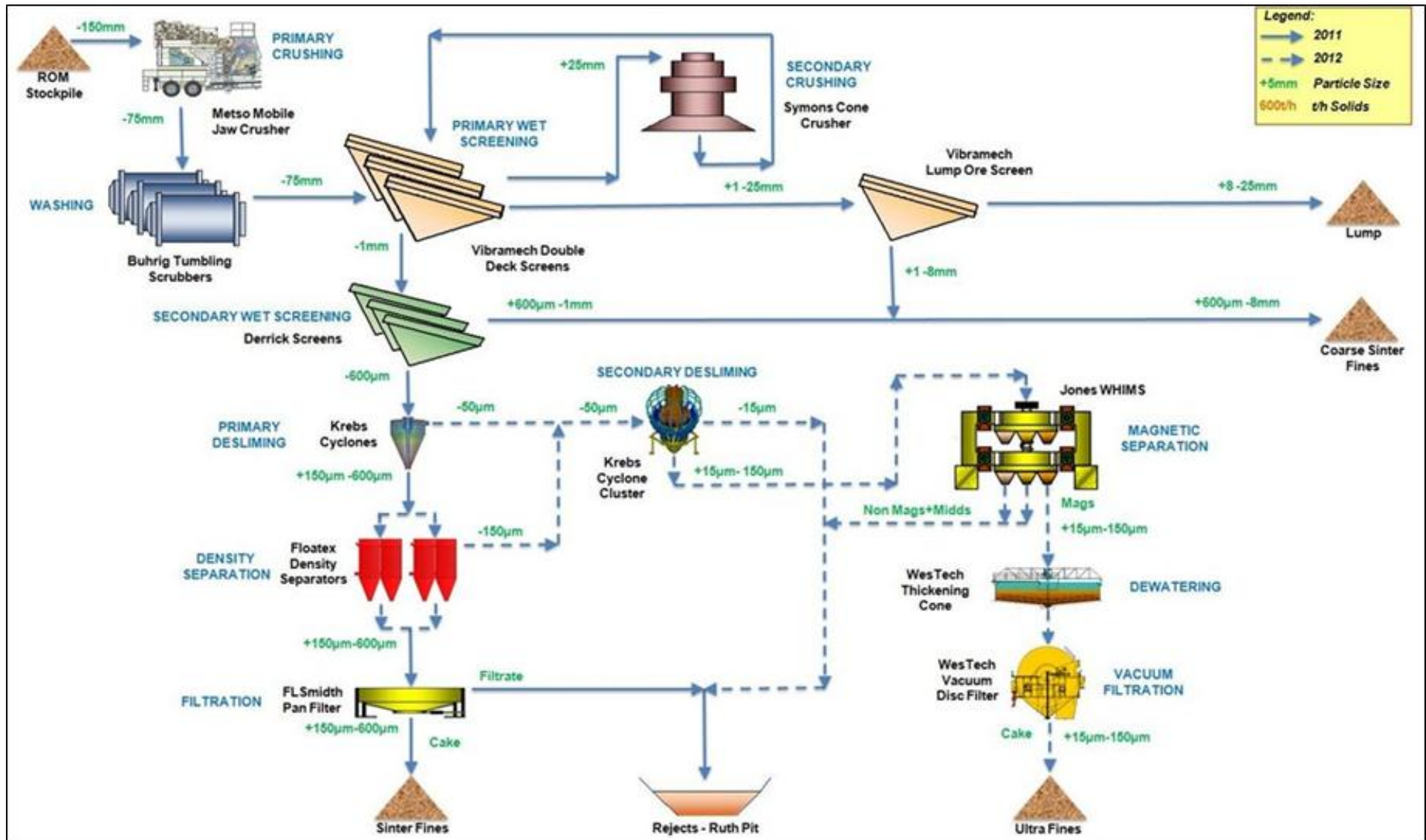
**Chancado.** - Consiste en la reducción de material por fragmentación en una o varias etapas según la granulometría requerida. El chancado es una operación en seco.

El objetivo del chancado es reducir el tamaño de los fragmentos mayores hasta obtener un tamaño uniforme.

La chancadora es primaria, tipo bolas, con capacidad de procesar 10 tm/hr.

**Clasificación.** - Consiste en separar los materiales de acuerdo a su granulometría y dimensión, para poder pasar a la siguiente etapa.

El mineral a chancar es descargado en dos tolvas de gruesos de una capacidad de 35TM el cual es alimentado a una chancadora de quijada N° 1, 12"x24" con un set de descarga de 1.5" pulgadas en paralelo la otra tolva maneja la chancadora de quijada N°2, 8"x10", el producto pasa por una faja transportadora N° 1 y este descarga a la faja transportadora N° 2, el cual descarga en una zaranda vibratoria de 4x7 Ft con una malla de abertura  $\frac{1}{2}$  ", así el mineral menos  $\frac{1}{2}$  pasa a la faja transportadora N° 4 y es alimentado a una tolva de finos de 10TM , los gruesos son circulados por la faja transportadora N° 3 y alimenta a la chancadora secundaria de 10"x16" con set de descarga de  $\frac{1}{2}$  (malla limitante). En el grafico se aprecia el diagrama de chancado de mineral.



**Gráfico 11:** Diagrama de proceso de Chancado-Capacidad 10 TM/Hr  
**Fuente:** Departamento de Planta de beneficios de la Mina Santa Filomena – 2018.

### **c.- Molienda de mineral.**

Etapa final de reducción de partícula para la liberación valiosa del mineral, esta área es muy importante ya que se tiene que controlar los parámetros más importantes del mineral para su conminución y de esta manera pueda ser atacado por el cianuro de la mejor manera para poder obtener el ion Au Cianuro que es adsorbida por el carbón activado, que es la finalidad de todo el proceso.

La tolva de finos es alimentado con mineral blending (Mineral oxido, sulfuros, relaves y zaranda) con un volquete de 6 M3 y un minicargador CAT 236B, con mineral procedente de cancha, la tova de finos se descarga por la faja N°5, la cual regula la alimentación del mineral por medio de una compuerta, la alimentación de mineral es verificada por el control manual del cortador de pie de faja que pesa en una balanza tipo romana, adyacente a la faja; el mineral es descargado a un chute que alimenta al molino primario 5'x5' Ft, aquí también ingresa solución barren y el retorno del ciclón primario (carga circulante), así como solución de cianuro al 10 % con un pH 12-12.5 que es preparado en un tanque de reactivos 2.5M3. La descarga del molino primario 5'x5' ft maneja una densidad de pulpa promedio entre 1750 – 1950 g/lit con una mezcla de NaCN de 0.12-0.14 gr/lit, esta pulpa es descargada en un cajón de 2 M3 para ser bombeado por la bomba SRL N°1 de 2 ½" x 2" c/u hacia un hidrociclón D-4.

El overflow de este primer hidrociclón se suma a la descarga del molino secundario 4x5 y de allí es bombeada por la bomba SRL N°2 de 2 ½" x 2" c/u hacia el hidrociclón D-4a N° 2 el underflow es enviado al molino de remolienda 4'x5', cerrando así el circuito.

Los overflow del ciclón secundario N°2 maneja una densidad de 1300-1350, pasando al primer tanque lixiviador N°1 de 20"x21"

### **d.- Lixiviación y adsorción con carbón activado**

El overflow proveniente del circuito de molienda ingresa al primer tanque 20"x21", el cual tiene un tiempo de residencia de 49 horas, luego por rebose la pulpa se descarga por gravedad al tanque N°2 de 12'x12' la cual aporta un tiempo de residencia de 10.13 igualmente por rebose la pulpa pasa al tanque CIP N°3 de 10'x10' donde la pulpa tiene un tiempo de residencia de 5.86 horas pasando luego al tanque CIP N°4 de 10'x10' con un tiempo de residencia de 5.86 horas, luego pasa al tanque CIP N°5 de 10'x10' con un tiempo de residencia de 5.86 horas pasando al tanque CIP N°6 de 9.5'x10.5' con un tiempo de residencia de 5.55 horas luego pasa al tanque CIP N°7 de 10'x10' con un tiempo de residencia de 5.86 horas y por ultimo al tanque CIP N°8 de 8'x8' cuya pulpa tiene un tiempo de residencia de 3 horas, el arreglo de carbones para la adsorción de oro son: en el tanque N° 1 y N°2 un promedio de 1200 kilos de carbón, este carbón es ingresado a desorción por ser el carbón más rico, los carbones presentes en el tanque N°3, N°5, N°6, N°7 y N°8 son pasados en contracorriente por una tubería de cosecha de 4" de diámetro que los lleva hacia un tromel cosechador donde se separa el carbón de la pulpa y se lava los carbones

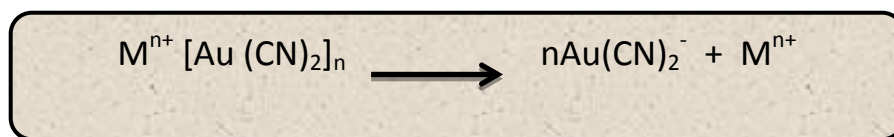
que salen son ensacados, pesados, muestreados y llevados inmediatamente a la planta de desorción.

#### e.- Desorción

La desorción consiste en separar el adsorbato (ion auro cianuro) del adsorbente (carbón activado) dependiendo de una reacción de equilibrio, este es considerado el proceso inverso a la adsorción en la que se cambian las condiciones de concentración del NaCN y NaOH y en presencia de calor el carbón libera el oro captado, formando una solución enriquecida que se alimenta a las celdas electrolíticas para la recepción de oro.

##### Mecanismo de la desorción de carbón

Cuando el complejo cianurado neutro adsorbido en el carbón activado se resorbe pasa a la fase iónica como una especie iónica según la reacción:



La presencia de iones Na<sup>+</sup>, en altas concentraciones provenientes del hidróxido de sodio añadido al efluente, a la salida del poro carbón activado, reducen la disolución total que presenta el complejo, disminuyendo su polaridad por la neutralización de la molécula iónica portadora de oro, lo que aumenta su afinidad por el carbón activado.

El complejo cianurado áurico neutro puede difundir al interior del poro y es adsorbido, mientras que el complejo cianurado áurico iónico difunde al exterior del poro, presentándose de esta manera dos flujos de diferentes especies, cada uno conteniendo un átomo de oro.

#### f.- Electrodeposición

Luego de la Elución o desorción los metales preciosos contenidos en la solución se recuperan en celdas de Electrodeposición

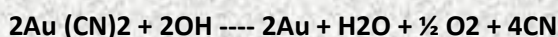
El fluido conteniendo los valores de Oro disuelto se alimenta a tres o más celdas electrolíticas en serie provistas de ánodos de acero inoxidable y cátodos de virutilla de acero dentro de una canastilla de plástico perforado en el que se va depositando el Oro. El cátodo de la primera celda es retirada periódicamente del circuito, mientras las otras dos avanzan en contra corriente, colocándose un cátodo nuevo en la última celda.

Esta técnica de Desorción y Electrolisis simultáneas con retorno de electrolito agotado reduce las necesidades de reactivo.

### Reacciones química

Reducción catódica del oro	Reacciones anódicas
<p>El oro es electroquímicamente desplazado de soluciones cianuradas alcalinas de acuerdo a la reacción:</p> $\text{Au}(\text{CN})_2^- + e^- \longrightarrow \text{Au} + 2\text{CN}^-$	<p>En la solución alcalina cianurada la mayor reacción en el ánodo es la oxidación de agua a oxígeno.</p> $\text{O}_2 + 4\text{H} + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
<p>La deposición del metal ocurre en potenciales bajos aproximadamente -0.7V, aunque el potencial exacto en el cual la reducción comienza depende de las condiciones de la solución, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Conductividad.</li> <li>❖ Concentraciones de especies iónicas presentes.</li> <li>❖ Temperatura.</li> </ul>	<p>Esta reacción tiende a decrecer el PH de la solución junto al ánodo:</p> $\text{CN}^- + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{OCN}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^-$
<p>El mecanismo de la deposición electrolítica de oro probablemente se produce por la deposición del aurocianuro en el cátodo, seguida por la reducción de especies adsorbidas.</p> $\text{Au}(\text{CN})_2^- \longrightarrow \text{AuCN}_{\text{ads}} + \text{CN}^-$ $\text{AuCN}_{\text{ads}} + e^- \longrightarrow \text{AuCN}_{\text{ads}}^-$	<p>Suele hidrolizarse en <math>\text{NH}_3</math> y <math>\text{CO}_2</math> a PH altos.</p> $\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$
<p>El paso de la reducción catódica es entonces seguido por disociación de especies reducidas.</p> $\text{AuCN}_{\text{ads}}^- \longrightarrow \text{Au} + \text{CN}^-$	<p>La porción de amoníaco es probablemente llevado de los sistemas de elución de carbón.</p>

La reacción global de la electrodeposición es básicamente la ecuación de cianuración de Elsner invertida, liberándose el Oxígeno en el Ánodo y depositándose el Oro en el cátodo.



Como se aprecia el Cianuro es regenerado y para lograr una rápida precipitación del Oro y evitar la redisolución de partículas pequeñas se utiliza una gran área de deposición en el Cátodo.



El electrolito agotado se recicla al proceso de desorción, previo calentamiento en el intercambiador de calor. Los cátodos se funden escoriificando el hierro y produciendo un bullón que usualmente contiene 70 a 75% de Au, 20% Ag. Y el resto puede ser Cu, Pb, Zn, Hg, etc. Posteriormente los bullones son fundidos y enviados a refinación.

#### **g.- Relavera**

Se ubica en la zona Sur Oeste de la unidad, la taza principal comprende un perímetro total de 330.484 mts. Con un volumen total de 53,110.00 M3, el ancho de corona es de 6.0 mts con un ángulo de reposo de 45 grados del talud, el pie de este se calcula en 18 mts al igual que la altura total, en el revestimiento se utilizó geo membrana de 0.75 mm y posee un sistema de drenaje interno con tuberías drenaflex en arreglo espina de pescado que van hacia la poza de drenaje de 50M3 ubicada en la parte externa.

El relave proveniente de la planta es descargado por medio de una línea de tubería de HDPE de 4.0" en sistema "aguas abajo", la decantación de soluciones se realiza de forma natural formando el espejo de las cuales la solución barren es bombeada a la planta por una bomba multietapica 1 ½" x 2".

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Sistema de izaje**

El izaje es un sistema utilizado para levantar, bajar, empujar o tirar una carga por medio de equipos tales como elevadores eléctricos, de aire o hidráulicos, gruas móviles, puentes – grua, winches y tecles.

El sistema de izaje a través de los Piques de una mina, tiene semejanza a los ascensores de los edificios; en las minas importantes del Perú, se utiliza el Winche como maquinaria principal de transporte vertical y/o inclinado (Hugo M., y otros. 2006).

El sistema de izaje es un componente vital de un medio de transporte para la extracción, compuesto por varios factores y equipos, los que ayudan a realizar la actividad de izaje de mineral y desmonte, contando con las normas de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor.

### **2.3.2 Componentes de un sistema de izaje**

Los principales componentes de este sistema son:

- ✓ Tambora.
- ✓ Motor.
- ✓ Sistema de seguridad: Lilly control, frenos, etc.

- ✓ Palancas de control.
- ✓ Cable.
- ✓ Balde o Skip.
- ✓ Poleas.
- ✓ Estructura de desplazamiento o castillo.

### **2.3.3 Parámetros considerados para el diseño de izaje**

La información necesaria para diseñar el sistema de izaje en una operación puede resumir lo siguiente:

- ✓ Plano preliminar de izaje.
- ✓ Inclinación del pique.
- ✓ Peso neto de la carga.
- ✓ Peso del skip
- ✓ Peso y tamaño de cable.
- ✓ Distancia de izaje.
- ✓ Dimensiones del tambor.
- ✓ Peso específico del tambor.
- ✓ Velocidad de izaje.
- ✓ Producción requerida.
- ✓ Tiempo de carga y descarga.
- ✓ Periodo de aceleración y desaceleración.

### **2.3.4 Incremento de producción**

La productividad total de los factores (PTF) se define como el aumento o disminución de los rendimientos en la variación de cualquiera de los factores que intervienen en la producción: trabajo, capital o técnica, entre otros. (4)

### **2.3.5 Almacenaje de mineral “ore pocket”**

Se debe contar con una capacidad adicional a la requerida por la producción normal de mina. La extracción del mineral producido normal se efectúa mediante piques, inclinados y/o

galerías principales de extracción. La preparación de estas labores debe ser rápida, aunque esto implique elevar los costos, porque estos tiempos perturban el ciclo de minado y el sistema de extracción por múltiples vías debe funcionar intermitentemente. El tamaño correcto del pocket depende de la manera como se efectúa el izaje del mineral.

### 2.3.6 Izaje

El Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad. (10)

### 2.3.7 Tipos de izaje

Hoy en día hay dos tipos básicos de izaje disponibles en cualquier parte del mundo; el izaje con winche de tambora, el cual enrolla el cable a la tambora, y el sistema koepe o de fricción en donde simplemente el cable pasa sobre la rueda durante el proceso de izaje. El izaje por tambor y fricción son dos términos genéricos que describen las dos categorías básicas, pudiendo haber variaciones dentro de cada categoría. Las aplicaciones en sistema de izaje con winche de tambora, fricción o koepe se resumen en las partes principales del sistema de izaje, en las cuales son: winche, cable de izaje, polea, tornapunta, castillo de izaje, skip o jaula, pique, tolva de carga de material. (2)

### 2.3.8 Winche de izaje

El Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad. (Compumet EIRL. 2006).

### 2.3.9 Cable de acero

El cable de acero es un conjunto de elementos que transmiten fuerzas, movimientos y energía entre dos puntos, de una manera predeterminada para lograr un fin deseado. El conocimiento pleno del potencial de uso de un cable de acero, es esencial para elegir el más adecuado para una faena o equipo, tomando en cuenta la gran cantidad de tipos de cables disponibles.

Cable de acero y sus componentes:

**Alambre:** Es el componente básico del cable de acero, el cual es fabricado en diversas calidades, Según el uso al que se destine el cable final.

**Torón:** Está formado por un número de alambres de acuerdo a su construcción, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas.

**Alma:** Es el eje central del cable donde se enrollan los torones. Esta alma puede ser de acero, fibras naturales o de polipropileno.

**Cable:** Es el producto final que está formado por varios torones, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un alma.

### **2.3.10 Diseño de ingeniería y supervisión para piques**

Especialistas en ingeniería y diseño para sistemas de izaje asesoran en la evaluación y factibilidad para su proyecto de profundización de sistemas de izaje (piques), para un proyecto técnicamente viable y económico.

También se realiza evaluaciones a sistemas ya existentes para optimizar la extracción de su mineral y obtener mayor producción

### **2.3.11 Equipos para izaje**

Los distintos equipos se dividen en: Equipos de Izaje: grúas, hidrogrúas, puente grúas, grúas torre, carretillas elevadoras, grilletes y ganchos, y otros. Equipos Viales: excavadoras, tractores de cadena, cargadores de ruedas, motoniveladoras, y otros. Equipos de Trabajos en altura: Montacargas, apiladoras, trilladeras, plataformas de elevación y otros. (1)

### **2.3.12 Pique**

Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. (Compumet EIRL. 2006).

#### **2.3.12.1 Factores para su construcción**

- a) Necesidad de la extracción del mineral
- b) Profundización de niveles de extracción.
- c) Reducción de costos de producción

#### **2.3.12.2 Formas de la sección transversal de un pique**

Los piques de mina, por lo general son de forma rectangular y circular, son menos frecuentes y muy raramente los de sección elíptica o curvilínea

### **2.3.13 Planeamiento minero**

La planta Santa Filomena II, ubicada en Sancos-Lucanas-Ayacucho y propiedad de la empresa minera Santa Filomena está diseñado para procesar una capacidad instalada de 150 toneladas de mineral al mes, lo cual solo se trata 100 toneladas de mineral promedio. La mina Santa Filomena 60 Ton/mes. Actualmente, el resto de la capacidad es cubierta por mineral que proviene de las regalías y compra a terceros (acopio).

Donde se plantea viabilizar el proyecto de incrementación del sistema de extracción por Izaje, mediante un planeamiento minero de 3 años de ejecución, basadas en las reservas disponibles de la veta santa filomena y escalera, sin dejar de lado los avances en exploración y desarrollo, ya que ello garantizará la vida de la mina y por ende le horizonte del proyecto. Por lo cual se desea es copar la capacidad total de la planta santa filomena II con mineral propio, provenientes de la mina santa filomena, aprovechando en realizar los avances en las diferentes galerías de desarrollo y preparación.

El avance en exploraciones se priorizará, ya que garantizará la cubicación de recursos y el reemplazo de las reservas minables, más conocido como la ratio de cubicación, lo cual se quiere logra en estos 3 años, debido que garantizará la viabilidad de todo tipo de proyectos y la recuperación del capital de toda inversión (CAPEX).

Concerniente al desarrollo y preparación se incrementó constante, considerando el inicio de operación de la zona de escalera.

El programa de producción es la que representa una mayor incidencia en su incremento constante de 3,200 toneladas al mes, con aporte de la zona 23 de 2,700 toneladas al mes, siendo un 85% de aportación total de producción mina, sumándose también el aporte de mineral de las labores de desarrollo y preparación.

Así mismo se tiene el resumen de ley de manera mensual, para tener claro la valorización de los ingresos futuros que se obtendrán por la venta del mineral, explicando a continuación los cuadros de resumen con mayor detalle.











## CAPÍTULO III

### DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Definición de variables

**Ampliación del sistema de extracción de mineral mediante winche de izaje de 75 HP:** se define como la mejora de la extracción mediante el uso de Winche de izaje de 75 HP, utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, también usado para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad. (9)

**Incremento de la producción:** la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para la extracción de mineral y/o desmonte: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema (6)

#### 3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 15:** Sistema de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR
<b>DEPENDIENTE</b>	Incremento de la producción en menor tiempo atreves de los piques B-4 y B-5 en la Mina Santa Filomena.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Producción diaria</li> <li>✓ Control de tiempos</li> </ul>
<b>DEPENDIENTE</b>	Ampliación del sistema de extracción de mineral mecanizado utilizando winche de izaje en los piques B-4 y B-5 en la Mina Santa Filomena.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ton / Skip</li> <li>✓ HP</li> <li>✓ Ton/g día, ton/mes</li> <li>✓ Ton</li> <li>✓ Costos de producción</li> <li>✓ Costos de extracción</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3 Hipótesis de la investigación

#### 3.3.1 Hipótesis general

La ampliación del sistema de extracción de material por izaje con winches de 75 HP, permitirá el incremento de la producción en menor tiempo de izaje, mediante la implementación de las subestaciones de izaje en el nivel 7 de B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena.

#### 3.3.2 Hipótesis específica

- a) La implementación de un sistema de extracción de material, se hará con el uso de dos winches de izaje de 75 HP en el pique B-4 y B-5.
- b) El winche de izaje influirá en el incremento de la producción en menor tiempo a través de los piques B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena
- c) Con el incremento de la producción se logrará abastecer la capacidad máxima instalada de la planta de tratamiento.

### 3.4 Tipo y diseño de investigación

- ✓ El tipo de la investigación es **descriptiva aplicada**.
- ✓ El diseño es **aplicativo descriptivo** correlacional.

### 3.5 Población y muestra

- ✓ Población: Todos los piques en la Mina Santa Filomena.
- ✓ Muestra: Los piques B-4 y B-5 en la Mina Santa Filomena.

### 3.6 Procedimiento de investigación

**Tabla 16:** Procedimiento toma de datos y analisis

Pasos	Procedimientos
1	Se construyó el marco teórico y se determinó la forma de tomar los datos e información de la empresa minera.
2	Se solicitó el acceso a las autoridades pertinentes dentro de la mina
3	Se tabularon los datos con programas como Excel.
4	Se realizaron las pruebas necesarias para determinar la factibilidad y rentabilidad de la ampliación propuesta.
5	Se arribó a las conclusiones y recomendaciones.

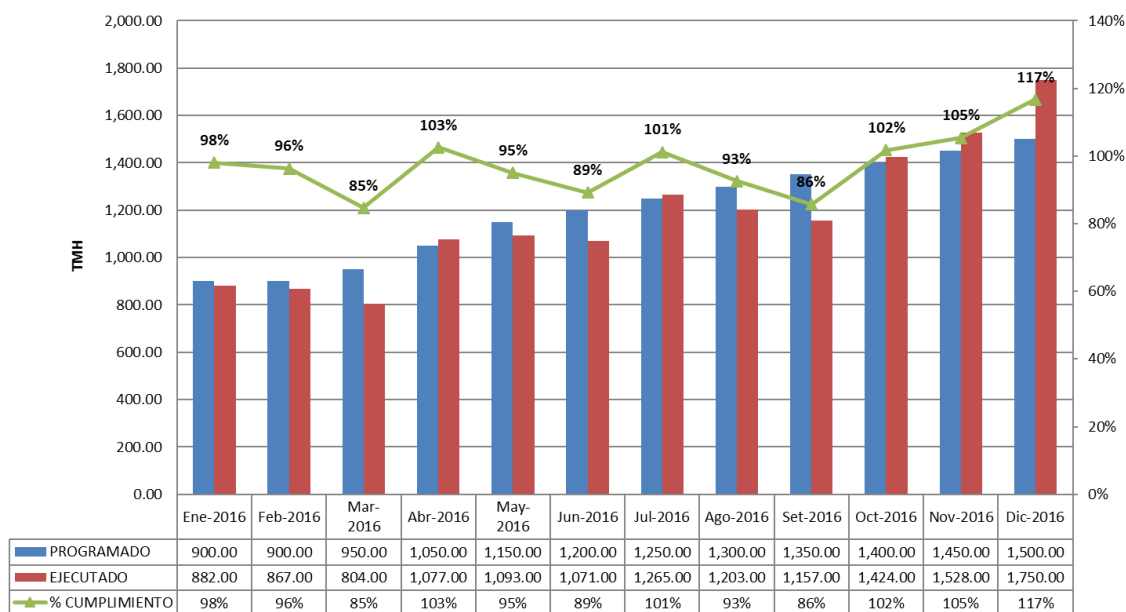
**Fuente:** Elaboración propia

### 3.6.1 Situación de extracción actual base 4-ciclo de izaje

Actualmente el promedio de ciclo es de 12 minutos por viaje desde el nivel 13 y 14 (zonas de operación actual), lo cual conlleva a un aporte promedio de 5 viajes por hora, en un total de 7 TM/Hr, lo cual perjudica el ritmo de producción óptimo de mineral desmonte.

La producción del año 2016, según programa mensual fue de 14400 ton/año de las cuales fueron ejecutadas 14121 ton/año, haciendo un cumplimiento del 98.06%, la producción promedio por mes fue de 1176 ton/mes, producción por día 45 ton/día, por lo tanto, la producción por guardia fue de 22.60 ton/gdia, en esta época se laboraba con un promedio de 35 personales, lo cual hace una productividad promedio de 0.65 ton/hm-gdia.

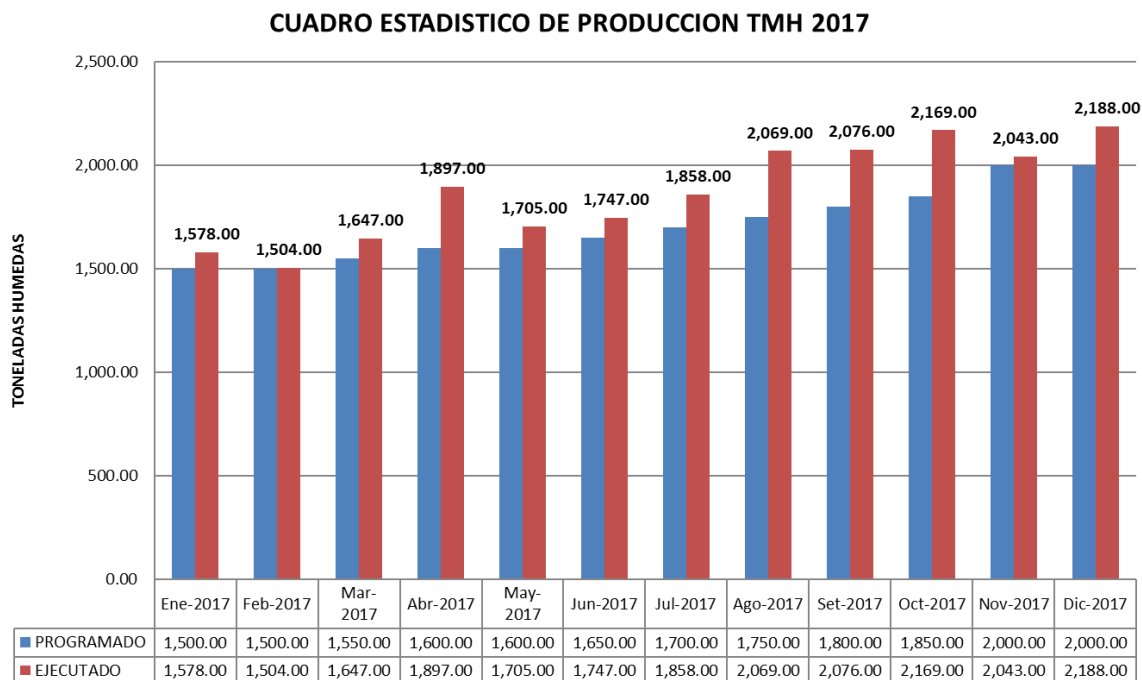
**Tabla 17: Cumplimiento Producción 2016**  
**CUADRO ESTADISTICO DE PRODUCCION TMH 2016**



**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

La producción de año 2017, según programa mensual fue de 20500 ton/año de las cuales fueron ejecutadas 22481 ton/año, haciendo un cumplimiento del 109.66%, la producción promedio por mes fue de 1873 ton/mes, producción por día 72 ton/día, por lo tanto, la producción por guardia fue de 36 ton/gdia, en esta época se laboraba con un promedio de 55 personales, lo cual hace una productividad promedio de 0.655 ton/hm-gdia.

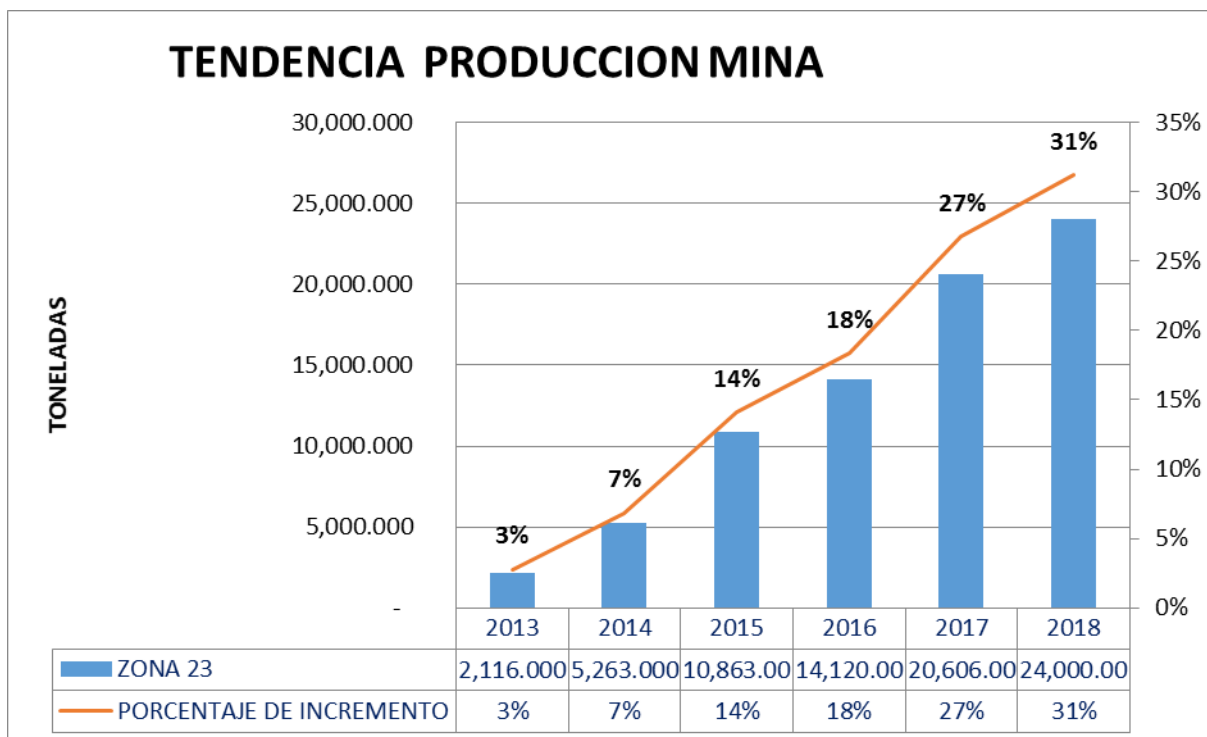
Tabla 18: Cumplimiento Producción 2017



**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

El incremento de la producción en los últimos 6 años ha ido incrementando gracias a la implementación de sistemas de extracción, teniendo tendencias positivas lo cual ha generado que muchos equipos y/o sistemas colapsen en su capacidad instalada, se evidencia que los incrementos van desde un 3% hasta un 31% en el 2018.

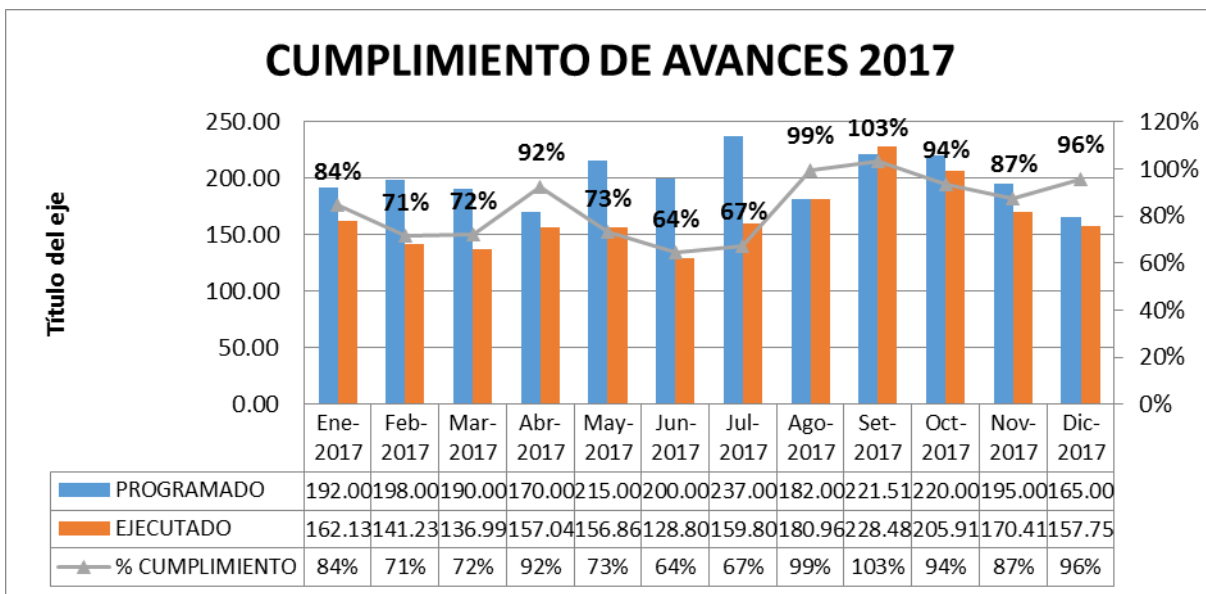
Tabla 19: Tendencia de la producción en el tiempo



**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

Los avances durante el año 2017 fueron los siguientes: programa planeado anual 2385.51 m, ejecutado 2017 fue de 1986.36 m, lo cual indica un cumplimiento del 83.27%, el avance promedio por mes fue de 165.53, avance por día 6.24 m/día, avance por guardia 3.12 m/gdia, lo cual implica trabajos de perforación y voladura en 1 galería (1.5m) y 2 chimeneas (2.20 m).

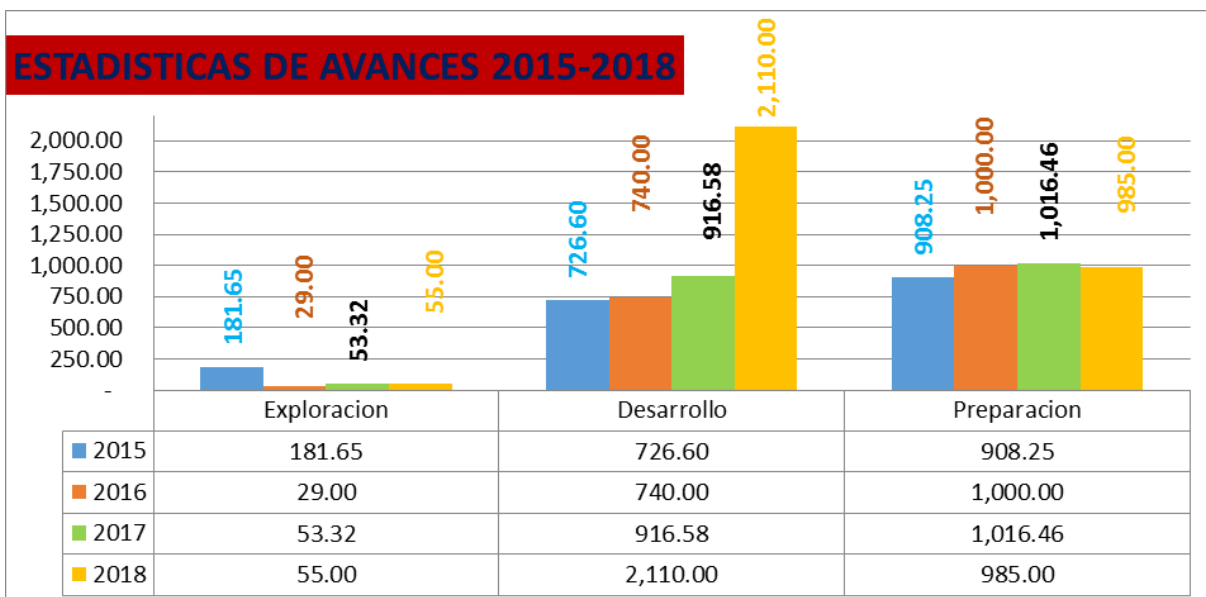
**Tabla 20:** Cumplimiento de avances 2017



**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

Los avances durante los años 2015 al 2017 muestran un crecimiento e incremento de manera que se ve reflejada en la poca cantidad de avances en los desarrollos, exploración y preparación de la mina.

**Tabla 21:** Tendencia de metros de por años



**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

**Tabla 22: Costo de Operación 2016**

<b>COSTO DE OPERACIÓN - 2016</b>			
<b>PROCESOS</b>		<b>USD/TMS</b>	<b>US\$</b>
<b>1</b>	<b>MINA</b>	<b>142.45</b>	<b>2,281,479</b>
1.1	Preparacion	17.33	277,557
1.2	Exploracion	28.5	456,456
1.3	Servicio Administrativo	45.2	723,923
1.4	Servicio Auxiliares Mina	36.44	583,623
1.5	Administracion de Equipos Mina	14.98	239,920
<b>2</b>	<b>PLANTA</b>	<b>60.51</b>	<b>969,128</b>
<b>3</b>	<b>SERVICIO GENERALES</b>	<b>83.25</b>	<b>1,333,332</b>
	<b>COSTO DE PRODUCCION</b>	<b>286.21</b>	<b>4,583,939</b>
<b>4</b>	<b>COMERCIALIZACION</b>	<b>2.99</b>	<b>47,888</b>
	Gastos de Ventas	2.99	47,888
<b>5</b>	<b>GASTOS ADMINISTRATIVO</b>	<b>62.54</b>	<b>1,001,637</b>
	<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>351.74</b>	<b>5,633,464</b>
<b>6</b>	PROYECTOS DE INVERSION +EXPLORACION Y DESARROLLO	55.68	891,771
	<b>COSTOS DE OPERACIÓN + INVERSION</b>	<b>407.42</b>	<b>6,525,235</b>

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

**Tabla 23: Costo de Operación 2017**

<b>COSTO DE OPERACIÓN - 2017</b>			
<b>PROCESOS</b>		<b>USD/TMS</b>	<b>US\$</b>
<b>1</b>	<b>MINA</b>	<b>165</b>	<b>3,264,030</b>
1.1	Preparacion	35.43	700,876
1.2	Exploracion	29.5	583,569
1.3	Servicio Administrativo	45.65	903,048
1.4	Servicio Auxiliares Mina	39.44	780,202
1.5	Administracion de Equipos Mina	14.98	296,334
<b>2</b>	<b>PLANTA</b>	<b>85</b>	<b>1,681,470</b>
<b>3</b>	<b>SERVICIO GENERALES</b>	<b>98</b>	<b>1,938,636</b>
	<b>COSTO DE PRODUCCION</b>	<b>348</b>	<b>6,884,136</b>
<b>4</b>	<b>COMERCIALIZACION</b>	<b>2.7</b>	<b>53,411</b>
	Gastos de Ventas	2.7	53,411
<b>5</b>	<b>GASTOS ADMINISTRATIVO</b>	<b>58.15</b>	<b>1,150,323</b>
	<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>408.85</b>	<b>8,087,871</b>
<b>6</b>	PROYECTOS DE INVERSION +EXPLORACION Y DESARROLLO	158.86	3,142,569
	<b>COSTOS DE OPERACIÓN + INVERSION</b>	<b>567.71</b>	<b>11,230,439</b>

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

Tabla 24: Flujo de Caja sin proyecto

RUBROS / AÑOS	1 AÑO 2016	2 AÑO 2017	3 AÑO 2018
<b>Ingresos</b>			
Ventas	14,975,589.48	17,971,836.39	20,047,515.89
Valor de rescate			
<b>Total Ingresos</b>	<b>14,975,589.48</b>	<b>17,971,836.39</b>	<b>20,047,515.89</b>
<b>Egresos</b>			
Costo de Operacion			
Inversiones	1,000,000.00	1,000,000.00	1,350,000.00
Regalias	50,000.00	50,000.00	50,000.00
Impuestos 30%	4,492,676.84	5,391,550.92	6,014,254.77
Participación Accionistas 9%	1,347,803.05	1,617,465.27	1,804,276.43
Participación Trabajadores 8%	1,198,047.16	1,437,746.91	1,603,801.27
<b>Total Egresos</b>	<b>8,088,527.06</b>	<b>9,496,763.10</b>	<b>10,822,332.47</b>
<b>Saldo de Caja</b>	<b>6,887,062.43</b>	<b>8,475,073.29</b>	<b>9,225,183.42</b>
<b>Flujo de caja despues de la inversion</b>	<b>6,887,062.43</b>	<b>8,475,073.29</b>	<b>9,225,183.42</b>
	0	1	2
			3

Fuente: Departamento de Planeamiento.

Tabla 25: Sistema de variables toma de tiempos de ciclo de izaje base 4-2017

DETALLE		HORAS POR SKIP	(mm:ss.00)	TIEMPO DE UTILIZACION DEL WINCHE		TIEMPOS DE CICLO DE IZAJE	
TIEMPOS MUERT	CARGA Y DESCARGA	0.027	01:36.58				
TIEMPOS FIJOS	ACELERACION Y FRENADO	0.017	00:59.67	HORAS POR SKIP	(mm:ss.00)	HORAS POR SKIP	(mm:ss.00)
TIEMPOS VARIABLES EN FUNCION AL NIVEL DE EXTRACCIÓN	Nv. 01	0.012	00:41.44	0.028	01:41.11	0.055	03:17.69
	Nv. 02	0.023	01:22.88	0.040	02:22.55	0.066	03:59.13
	Nv. 03	0.035	02:04.32	0.051	03:03.99	0.078	04:40.57
	Nv. 04	0.046	02:45.76	0.063	03:45.43	0.089	05:22.01
	Nv. 05	0.058	03:27.20	0.074	04:26.87	0.101	06:03.45
	Nv. 06	0.069	04:08.64	0.086	05:08.31	0.112	06:44.89
	<b>Nv. 07</b>	<b>0.081</b>	<b>04:50.08</b>	<b>0.097</b>	<b>05:49.75</b>	<b>0.124</b>	<b>07:26.33</b>
	Nv. 08	0.092	05:31.52	0.109	06:31.19	0.135	08:07.77
	Nv. 09	0.104	06:12.96	0.120	07:12.63	0.147	08:49.21
	Nv. 10	0.115	06:54.40	0.132	07:54.07	0.159	09:30.65
	Nv. 11	0.127	07:35.85	0.143	08:35.51	0.170	10:12.10
	Nv. 12	0.138	08:17.29	0.155	09:16.95	0.182	10:53.54
	Nv. 13	0.150	08:58.73	0.166	09:58.39	0.193	11:34.98
	Nv. 14	<b>0.161</b>	<b>09:40.17</b>	<b>0.178</b>	<b>10:39.83</b>	<b>0.205</b>	<b>12:16.42</b>

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

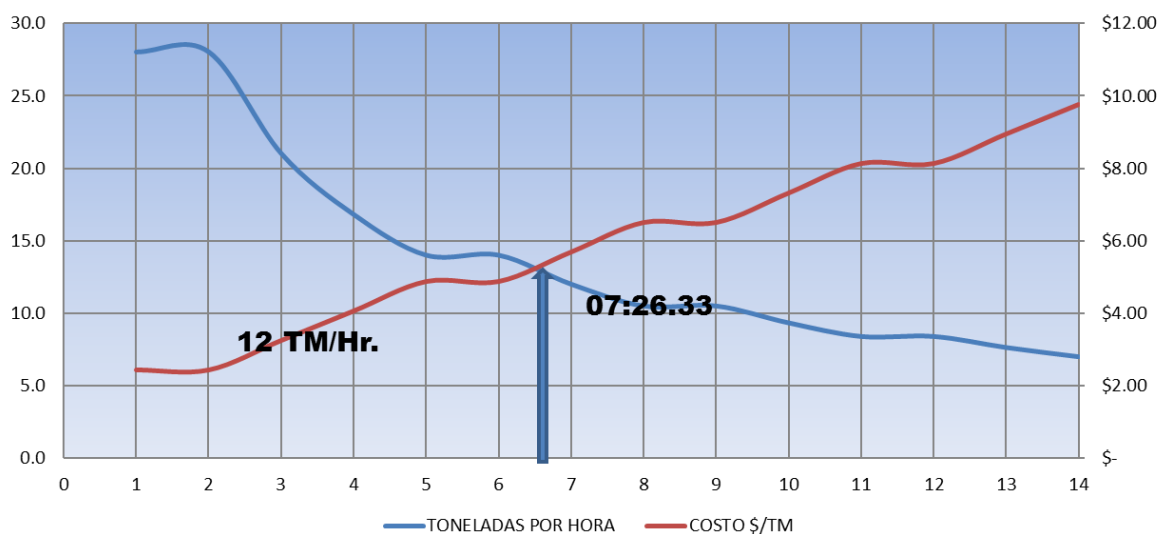
Tabla 26: Productividad de izaje base 4-2017

DETALLE		PRODUCTIVIDAD		COSTO
TIEMPOS MUERTOS	CARGA Y DESCARGA			
TIEMPOS FIJOS	ACELERACION Y FRENADO	CICLO POR HORA	TONELADAS POR HORA	\$/TM
PRODUCTIVIDA EN FUNCION AL NIVEL DE EXTRACCIÓN	Nv. 01	20.00	28.0	\$ 2.44
	Nv. 02	20.00	28.0	\$ 2.44
	Nv. 03	15.00	21.0	\$ 3.25
	Nv. 04	12.00	16.8	\$ 4.07
	Nv. 05	10.00	14.0	\$ 4.88
	Nv. 06	10.00	14.0	\$ 4.88
	<b>Nv. 07</b>	<b>8.57</b>	<b>12.0</b>	<b>\$ 5.70</b>
	Nv. 08	7.50	10.5	\$ 6.51
	Nv. 09	7.50	10.5	\$ 6.51
	Nv. 10	6.67	9.3	\$ 7.32
	Nv. 11	6.00	8.4	\$ 8.14
	Nv. 12	6.00	8.4	\$ 8.14
	Nv. 13	5.45	7.6	\$ 8.95
	Nv. 14	5.00	7.0	\$ 9.76

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.



### CURVA DE PRODUCTIVIDAD



**Gráfico 12:** Curva de Productividad de rendimiento de Izaje  
**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

#### 3.6.2 Situación de extracción actual base 5-ciclo de izaje

Actualmente el promedio de ciclo es de 9 minutos por ciclo desde el nivel 0 al Nv 7 (zonas de operación actual), lo cual conlleva a un aporte de 6 viajes por hora en un total de 8 TM/Hr, lo cual perjudica el ritmo de producción óptimo de mineral desmonte de la zona de escalera

**Tabla 27:** Toma de tiempos de ciclo de izaje base 5-2017

CICLO FILTRADO	BAJADA				SUBIDA				TIEMPO POR CADA CICLO (min:s. 00)	TIEMPO POR CADA CICLO (Horas)	CICLO/HORA
	TIEMPO DE ACCELERACION	TIEMPO A VEL. CONSTANTE	TIEMPO DE FRENADO	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE ACCELERACION	TIEMPO A VEL. CONSTANTE	TIEMPO DE FRENADO	TIEMPO DE DESCARGA			
1	00:10.00	09:05.00	00:16.00	02:38.00	00:27.00	02:54.00	00:10.00	01:32.00	11:12.00	0.187	5.36
2	00:16.00	09:04.00	00:13.00	01:52.00	00:21.00	03:09.00	00:09.00	00:07.00	09:11.00	0.153	6.53
3	00:28.00	02:56.00	00:11.00	02:44.00	00:29.00	02:30.00	00:09.00	00:05.00	09:56.00	0.166	6.04
4	00:24.00	02:51.00	00:14.00	01:24.00	00:21.00	02:30.00	00:09.00	00:12.00	08:05.00	0.135	7.42
5	00:15.00	09:32.00	00:13.00	01:10.00	00:25.00	03:12.00	00:09.00	00:08.00	08:54.00	0.148	6.74
6	00:19.00	09:22.00	00:14.00	09:02.00	00:29.00	03:12.00	00:10.00	00:13.00	10:51.00	0.181	5.53
7	00:14.00	09:06.00	00:16.00	04:11.00	00:27.00	02:56.00	00:10.00	00:10.00	11:20.00	0.189	5.29
8	00:18.00	02:46.00	00:14.00	01:19.00	00:20.00	03:21.00	00:07.00	00:15.00	08:30.00	0.142	7.06
9	00:12.00	09:54.00	00:11.00	01:11.00	00:22.00	03:14.00	00:09.00	01:27.00	10:30.00	0.175	5.71
10	00:11.00	02:53.00	00:07.00	00:45.00	00:26.00	02:59.00	00:09.00	00:10.00	07:30.00	0.125	8.00
11	00:25.00	02:37.00	00:13.00	01:16.00	00:27.00	03:09.00	00:14.00	00:10.00	08:21.00	0.139	7.19
12	00:20.00	02:34.00	00:17.00	03:44.00	00:21.00	03:13.00	00:21.00	00:13.00	10:53.00	0.181	5.51
13	00:16.00	02:51.00	00:12.00	02:27.00	00:20.00	02:55.00	00:08.00	00:13.00	09:12.00	0.153	6.52
14	00:13.00	02:59.00	00:21.00	04:46.00	00:07.00	03:09.00	00:13.00	00:09.00	11:57.00	0.199	5.02
15	00:14.00	02:50.00	00:11.00	00:58.00	00:21.00	03:04.00	00:26.00	00:09.00	08:03.00	0.134	7.45
16	00:11.00	02:59.00	00:08.00	05:07.00	00:11.00	03:09.00	00:12.00	00:12.00	12:09.00	0.203	4.94
17	00:30.00	02:53.00	00:09.00	01:31.00	00:42.00	02:35.00	00:26.00	00:15.00	08:51.00	0.148	6.78
18	00:36.00	02:48.00	00:17.00	03:05.00	00:11.00	03:24.00	00:11.00	01:25.00	11:57.00	0.199	5.02
19	00:11.00	09:21.00	00:21.00	01:51.00	00:28.00	03:11.00	00:08.00	00:06.00	09:27.00	0.158	6.35
20	00:10.00	02:48.00	00:13.00	02:55.00	00:08.00	03:13.00	00:12.00	00:20.00	09:59.00	0.166	6.01
23	00:08.00	03:31.00	00:09.00	04:08.00	00:25.00	03:15.00	00:26.00	00:08.00	11:59.00	0.200	5.01
24	00:41.00	02:49.00	00:14.00	03:47.00	00:20.00	02:34.00	00:14.00	00:07.00	10:46.00	0.179	5.57
PROM.	00:18.27	09:01.32	00:13.36	02:32.32	00:28.27	03:02.18	00:11.66	00:21.18	09:58.77	0.166	6.01
UTILIZAC.	0.005	0.050	0.004	0.042	0.005	0.021	0.003	0.006	0.106	CANTIDAD:	22
TOTAL	06:42.00	06:29.00	04:54.00	55:51.00	06:42.00	06:48.00	04:22.00	07:46.00	39:33.00	MAXIMO:	8.00
										MINIMO:	4.94
										UTILIZACION DE WINCHE:	71%

**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

### 3.7 Material de investigación

#### 3.7.1 Pruebas de entrada, proceso y salida de la investigación

**Tabla 28:** Proceso de la investigación.

Pasos	Procedimientos
1	Se construyó el marco teórico y fijar las condiciones para comprobar que la amplificación es factible y rentable.
2	Se realizaron las pruebas para contrastar mediante los siguientes indicadores económicos:
	El valor actual neto : $VAN > 0$
	La tasa interna de retorno: $TIR > 15\%$ anual
	Cálculo de beneficio sobre costo: $B/C > 1$
	Periodo medio de maduración: Pay back, menor a 1 año.
3	Se contrastó los resultados de los análisis y se determinó si el proyecto de aplicación es rentable.

**Fuente:** Departamento de Planeamiento de la Mina Santa Filomena.

#### 3.7.2 Instrumentos de investigación

Se utilizó un aplicativo en excel para realizar el análisis financiero considerando los siguientes criterios para su interpretación:

1. El valor actual neto:  $VAN > 0$
2. La tasa interna de retorno:  $TIR > 15\%$  anual
3. Cálculo de beneficio sobre costo:  $B/C > 1$
4. Periodo medio de maduración: Pay back, menor a 1 año.

### 3.8 Desarrollo de la ampliación de del sistema de izaje, Propuesta de ampliación de sistema de izaje

#### 3.8.1 Parámetros de la mina actual

**Tabla 29:** Parámetros de mina

DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID.
Altitud	2,500	m.s.n.m.
Producción diaria de mineral	65	Tm/día
Producción diaria de desmonte	60	Tm/día
Ratio	60	Tm/día
Total producción diaria (m+d)	125	Tm/día
Días laborados	30	días/mes
Producción Mensual total	3,750	Tm/mes
Horas efectivas/turno	9	horas/turno
Turnos/día	2	
Horas efectivas/día	18	horas/día
Producción/hora	6.94	Tm/horas

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena-2018.

### 3.8.2 Parámetros de la producción a implementar

Tabla 30: Parámetros de la producción.

<b>1.- Producción = 185 TMS/día</b>
<b>2.- Profundidad del Pozo (350.00m. = 1148.29396 pies)</b>
<b>3.- Dimensiones del Pique 2.40 x 1.80m.</b>
<b>4.- Skip en 2 compartimientos</b>
<b>5.- Camino 1 compartimiento</b>
<b>6.- Gravedad específica del mineral insitu =v2.70 TM/m3</b>
<b>7.- Factor de humedad = 10%</b>
<b>8.- Esponjamiento = 30%</b>
<b>9.- Eficiencia de Cargio = 85%</b>
<b>10.- Tiempo de operación = 18 horas/día</b>

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.3 Parámetros del izaje

Tabla 31: Parámetros de Izaje

DESCRIPCIÓN	ABREV.	CANT.	UNID.
<b>1. Tipo de motor</b>	Inducción		AC
<b>2. Eficiencia mecánica - eléctrica</b>	E	77%	
<b>3. Factor de ampliación</b>		50%	
<b>4. Capacidad requerida de Izaje</b>		10.42	Tm/hr.

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

Tabla 32: Factor de seguridad.

FACTOR DE SEGURIDAD			
LONGITUD DEL CABLE EN EL PIQUE (PIES)			
	LONGITUD L (PIES)	FACTOR DE SEGURIDAD (Fs)	
Menos	- 500	8	
500	- 1000	7	
1000	- 2000	6	
2000	- 3000	5	
3000	- Mas	4	

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.4 Parámetros del skip

Tabla 33: Parámetros del Skip

PARAMETROS	ABREV.	CANTIDAD	UNID.
<b>Ciclo de Izaje</b>		8.14	minutos
<b>No de viaje/hora</b>		7.37	Skips/hr.
<b>Carga Util del Skip</b>	SL	1.41	Tm.
<b>Peso específico</b>		2.7	Tm/m3
<b>Factor de esponjamiento</b>		1.3	
<b>Volumen lleno al ras</b>		1.25	m3
<b>Peso del Skip vacío</b>	SW	2,297	lb.

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.5 Parámetros de cable de acero

**Tabla 34:** Parámetro de cable de acero

ESPECIFICACIONES	ABREV.	CANTIDAD	UNID.	OBSERVAC.
Tipo de cable		6x19		Cobra
Factos de seguridad		6		
Diametro	Rd	5/8"		Tabla No 1
Peso unitario	Rw	0.62	lb/pie	Tabla No 1
Peso total suspendido	R	832	lb.	LxRw
Resistencia a la traccion		30,000	lb.	Tabla No 1

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.6 Parámetros del peso

**Tabla 35:** Parámetros del peso.

CARGAS	ESPECIFICACION	FORMULAS	CANT.	UNID.
EEW	Peso efectivo equivalente	PARA TAMBORA 45"X30"	8,820.00	lb:
TSL	Carga total suspendida	EEW+SL+2SW+2R	18,195.00	lb:
SLB	Carga base del pique	SL+R+(VxATxRw)	4,007.00	lb:
SLT	Carga cima del pique	SL-R+(VxDTxRw)	2,316.80	lb:

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.7 Parámetros de potencias parciales

**Tabla 36:** Parámetros potencias

ABREV.	ESPECIFICACION	FORMULAS	CANT.	UNID.
HP1	HP requerido para acelerar	$TSLxV2/(32.2xATx550)$	0.6	HP
HP2	HP requerido para desacelerar	$(TSLxV2)/(32.2xDTx550)$	-0.6	HP
HP3	HP al inicio de la aceleración	$((SL+R)xV)^2/550$	54.6	HP
HP4	HP a veloc. Cte al final de la aceleración	$(SLBxV)^2/550$	55.4	HP
HP5	HP a veloc. Cte al inicio de la desacel.	$(SLTxV)/550$	32	HP
HP6	HP al inicio de la desaceleración	$((SL-R)xV)/550$	31.6	HP
HP7	Factor de correc. De pot. Motor	$((SLxV)x(1-E))/550$	9.9	HP
HP8	Pot. Req. p/acelerar el rotor del motor	$(0.6Ax1.2)/AT$	1.9	HP
HP9	Pot Req. p/desacelerar el rotor del motor	$(0.6Ax1.2)/AT$	-1.9	HP

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.8 Potencias parciales vs ciclo de izaje

**Tabla 37:** Parámetros de potencias parciales vs ciclo de izaje

ABREV.	ESPECIFICACION	FORMULAS	CANT.	UNID.
A	Arranque	$HP1+HP7+(HP4+2HP3)/3$	65.4	HP
B	Inicio de Izaje	$HP4+HP7$	65.3	HP
C	Fin de Izaje	$HP5+HP7$	41.9	HP
D	Desaceleración	$HP2+HP7+(HP5+2HP6)/3$	41	HP
E	Pico Arranque	$A+HP8$	67.3	HP
F	Parada	$D+HP9$	39.1	HP

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.9 Cálculo de HP

$$\begin{aligned}
 \text{HP} &= \frac{\text{RAIZ}\{E^2 \times AT + ((B^2 + C^2 + BC) \times TFS) + F^2 \times RT\}}{AT/2 + TFS + DT/2 + RT/4} \\
 &= \frac{1261995.28}{394.815} \\
 \text{RMS HP} &= 57 \qquad \qquad \qquad \text{A Nivel del mar} \\
 \text{RMS HP} &= \mathbf{73} \qquad \qquad \qquad \text{A 2,500 m.s.n.m. + 40\%}
 \end{aligned}$$

### 3.8.10 Ciclo de transporte en el sistema de extracción del pique Base 4 y Base 5.

El sistema de extracción se divide en el izaje propiamente dicho y el transporte en ambos niveles en las estaciones del pique, a continuación, se describirá cada uno de éstos. Es el ciclo del izado de mineral y desmonte del nivel inferior hacia el superior, es decir lo podemos dividir en las siguientes actividades:

- A. Descenso de carros mineros vacíos
- B. Manipuleo de los carros vacíos y preparación de carros llenos para el izado por el pique (Nv. Inferior)
- C. Ascenso de carros mineros llenos
- D. Manipuleo de los carros mineros llenos y preparación de carros vacíos para que descendan por el pique (Nv. Superior)

**Tabla 38:** Ciclo de transporte

PERIODO	ABREV.	CANTIDAD	UNID.
Veloc. Media de Izaje	V	3.8	pies/seg.
Aceleración	A	1.4	pies/seg <sup>2</sup> .
Desaceleración	D	1.4	pies/seg <sup>2</sup> .

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.11 Control de tiempo de extracción por viaje.

**Tabla 39:** Control e tiempo de extracción

PERIODO	ABREV.	TIEMPO (seg)	RECORRIDO (pies)
Aceleración	AT	24.5	8.1
Veloc. Constante	TFS	351	1148
Desaceleración	DT	13.13	8.1
Reposo	RT	100	0
<b>TOTAL</b>		<b>488.63</b>	<b>1164.2</b>

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

Inicialmente el winche de superficie tenía un aporte promedio de 5 viajes por hora izando del nv 14 a superficie, es por ello que se implementa en un nivel intermedio una subestación

en el nivel 7, subiendo el ciclo a 8 viajes por hora, incrementado de 6.9 Tm/Hr a 10.42 TM/Hr (50% más).

### 3.8.12 Costo de operación

El costo de operación total de mina, planta, servicios auxiliares y los gastos generales se estiman en \$/TM de mineral extraído que corresponden a un volumen de operación proyectados de 38 400,00 toneladas anuales.

**Tabla 40:** Costos de Operación

	PROCESOS	USD/TMS	US\$
<b>1</b>	<b>MINA</b>	<b>142.45</b>	<b>3,074,356</b>
1.1	Preparación	17.33	374,016
1.2	Exploración	28.5	615,087
1.3	Servicio Administrativo	45.2	975,506
1.4	Servicio Auxiliares Mina	36.44	786,448
1.5	Administración de Equipos Mina	14.98	323,298
<b>2</b>	<b>PLANTA</b>	<b>60.51</b>	<b>1,305,927</b>
<b>3</b>	<b>SERVICIO GENERALES</b>	<b>83.25</b>	<b>1,796,702</b>
	<b>COSTO DE PRODUCCION</b>	<b>286.21</b>	<b>6,176,984</b>
<b>4</b>	<b>COMERCIALIZACION</b>	<b>2.99</b>	<b>64,530</b>
	Gastos de Ventas	2.99	64,530
<b>5</b>	<b>GASTOS ADMINISTRATIVO</b>	<b>62.54</b>	<b>1,349,733</b>
	<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>351.74</b>	<b>7,591,248</b>
<b>6</b>	PROYECTOS DE INVERSION +EXPLORACION Y DESARROLLO	128.86	2,781,057
	<b>COSTOS DE OPERACIÓN + INVERSION</b>	<b>480.6</b>	<b>10,372,304</b>
	<b>MARGEN O UTILIDAD</b>		<b>8,042,125.54</b>

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

### 3.8.13 Inversión en la excavación del pique base 4 y 5.

El costo de inversión para la excavación del pique es uno de los más costosos conjuntamente con la implementación de equipos y/o equipamiento de la vía de transporte a lo largo del pique ya sea con rieles de 25 y/o lb/yda.

**Tabla 41:** Inversión en la excavación del pique Base 4

RUBROS	UNID.	CANT.	P. UNIT.	SUB TOTAL	TOTAL
			US\$	US\$	US\$
<b>DESARROLLO MINA</b>					
<b>LABORES DE ACCESO</b>					
Cámara de ACCESO	ml.	25	550	13,750.00	
<b>EXCAVACIONES</b>					
Castillo Subterráneo	ml.	25	600	14,700.00	
Inclinado para Cables	ml.	30	800	24,000.00	
Cámara de Winche	m3	700	250	175,000.00	
Chimenea Piloto	ml.	35	800	28,000.00	
Instalación de rieles	ml.	130	15.77	2,050.10	
Pique Inclinado	ml.	100	1,800.00	180,000.00	
Estaciones de Servicio	Und.	6	2,000.00	12,000.00	
Pockets o Bolsillos	ml.	350	700	245,000.00	
Tolvas	Und.	7	4,800.00	33,600.00	
<b>TOTAL DESARROLLO MINA</b>					<b>728,100.10</b>
<b>EQUIPO E INSTALACIONES</b>					
Equipo de Izaje	Und.	1	67,500.00	67,500.00	
Bombas	Und.	2	5,000.00	10,000.00	
Instalaciones Mecánicas y eléc				37,000.00	
<b>TOTAL EQUIPO E INSTALACIONES</b>					<b>114,500.00</b>
<b>Indirectos</b>					
imprevistos 5%				42,130.01	
Gastos generales 10%				84,260.01	
<b>TOTAL INVERSIONES EN EL PIQUE BASE 4 EN US \$</b>					<b>842,600.10</b>
<b>COSTO DE INVERSIONES POR METRO LINEAL EN US \$.</b>					<b>2,407.43</b>

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

**Tabla 42:** Inversión en la excavación del pique Base 4

RUBROS	UNID.	CANT.	P. UNIT.	SUB TOTAL	TOTAL
			US\$	US\$	US\$
<b>DESARROLLO MINA</b>					
<b>LABORES DE ACCESO</b>					
Cámara de ACCESO	ml.	20	550	11,000.00	
<b>EXCAVACIONES</b>					
Castillo Subterráneo	ml.	20	600	12,000.00	
Inclinado para Cables	ml.	40	800	32,000.00	
Cámara de Winche	m3	600	250	150,000.00	
Chimenea Piloto	ml.	70	800	56,000.00	
Instalación de rieles	ml.	350	15.77	5,519.50	
Pique Inclinado	ml.	250	1,800.00	450,000.00	
Estaciones de Servicio	Und.	6	2,000.00	12,000.00	
Pockets o Bolsillos	ml.	450	700	315,000.00	
Tolvas	Und.	7	4,800.00	33,600.00	
<b>TOTAL DESARROLLO MINA</b>					<b>1,077,119.50</b>
<b>EQUIPO E INSTALACIONES</b>					
Equipo de Izaje	Und.	1	67,500.00	67,500.00	
Bombas	Und.	2	5,000.00	10,000.00	
Instalaciones Mecánicas y eléctricas				37,000.00	
<b>TOTAL EQUIPO E INSTALACIONES</b>					<b>114,500.00</b>
<b>Indirectos</b>					
imprevistos 5%				59,580.98	
Gastos generales 10%				119,161.95	
<b>TOTAL INVERSIONES EN EL PIQUE BASE 5 EN US \$</b>					<b>1,191,619.50</b>
<b>COSTO DE INVERSIONES POR METRO LINEAL EN US \$.</b>					<b>2,837.19</b>

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

**Tabla 43:** Inversión en la excavación de los piques Base 4 y Base 5

<b>TOTAL INVERSIONES EN EL PIQUE BASE 4 EN US \$</b>	<b>842,600.10</b>
<b>TOTAL INVERSIONES EN EL PIQUE BASE 5 EN US \$</b>	<b>1,191,619.50</b>
<b>TOTAL DE INVERSIÓN EN AMBOS PIQUES</b>	<b>2,034,219.60</b>

Fuente: Evaluación Económica – Mina Santa Filomena (2018)

#### 4.1.1 Evaluación económica

“El Proyecto será rentable si al final de su vida útil el valor actualizado del flujo de ingresos neto es mayor que cero, cuando estos fondos se actualizan haciendo uso de una tasa de descuento para el inversionista.” (Calderón, 2018)

Entonces entendemos que el proyecto solo sería viable si el ingreso neto que se pueda obtener al final es mayor que el ingreso neto que se ganaría en el mismo periodo, estos indicadores resultan en la factibilidad del proyecto.



#### 4.1.1.1 Parámetros de la producción

Los parámetros de producción son los siguientes, según el reporte de la Mina Santa Filomena, según (Calderón, 2018) que los presenta de la siguiente manera.

**Tabla 44:** Parámetros de producción Gr/Au Producidos

DESCRIPCIÓN	ZONA 23	TOTAL
Producción TMS	21582	21582
LEY Onz/TC	0.73	0.73
RECP. %	96	96
Gr/Au Producidos	571596.852	571596.852
Val \$	18414429.8	18414429.8
VPT \$/TM	853	853

**Fuente:** Producción de la Mina Santa Filomena / 2017-2018.

#### 4.1.1.2 Valor del mineral

Para un contenido promedio de oro de 9.50 g Au/TM y una recuperación global para la obtención de Au refinado de 99% el monto económico por concepto del oro recuperable es:

**Tabla 45:** Parámetros de producción

Mineral	Oro
cotización \$/onza	1250
Deducción	40.8
Precio Neto	1209.2
\$/Onza	1209.2
Recuperación Metalúrgica	0.96
Porcentaje Pagable	1

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018

<b>Equivalencias</b>	<b>Oz =</b>	<b>31.1035</b>	<b>gr</b>
----------------------	-------------	----------------	-----------

**Tabla 46:** Ley de corte oro

Costo \$/TM	Ley de Corte Oro Equiv. Oz/TM	Gr/TM
252	0.22	6.75
302	0.26	8.09
352	0.3	9.43
402	0.35	10.77
452	0.39	12.11
502	0.43	13.45

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

“la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser económicamente explotable, es decir, la concentración que hace posible pagar los costes de su extracción, su tratamiento y su comercialización.” (Ayoher, 2018)

Por consiguiente la ley de corte será: 0.30 g.Au/tTM

## 4.1.1.3 Indicadores económicos

Tabla 47: Indicadores económicos

RUBROS / AÑOS	IMPLEMENTACION	INVERSIÓN	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO
	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Ingresos</b>					
Ventas			26,938,033.86	26,938,033.86	26,938,033.86
Valor de rescate					
<b>Total Ingresos</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26,938,033.86</b>	<b>26,938,033.86</b>	<b>26,938,033.86</b>
<b>Egresos</b>					
Costo de Operación			12,705,984.00	12,705,984.00	12,705,984.00
Inversiones	-1,548,650.00	-2,034,219.60	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00
Regalías			50,000.00	50,000.00	50,000.00
Impuestos 30%			4,624,506.19	4,624,506.19	4,624,506.19
Participación Accionistas 9%			1,387,351.86	1,387,351.86	1,387,351.86
Participación Trabajadores 8%			1,233,201.65	1,233,201.65	1,233,201.65
<b>Total Egresos</b>			<b>21,501,043.70</b>	<b>21,501,043.70</b>	<b>21,501,043.70</b>
<b>Saldo de Caja</b>	<b>-1,548,650.00</b>	<b>-2,034,219.60</b>	<b>5,436,990.16</b>	<b>5,436,990.16</b>	<b>5,436,990.16</b>
Tasa descuento	15%				
<b>VAN</b>	<b>8,831,002.88</b>				
<b>TIR</b>	<b>93%</b>				

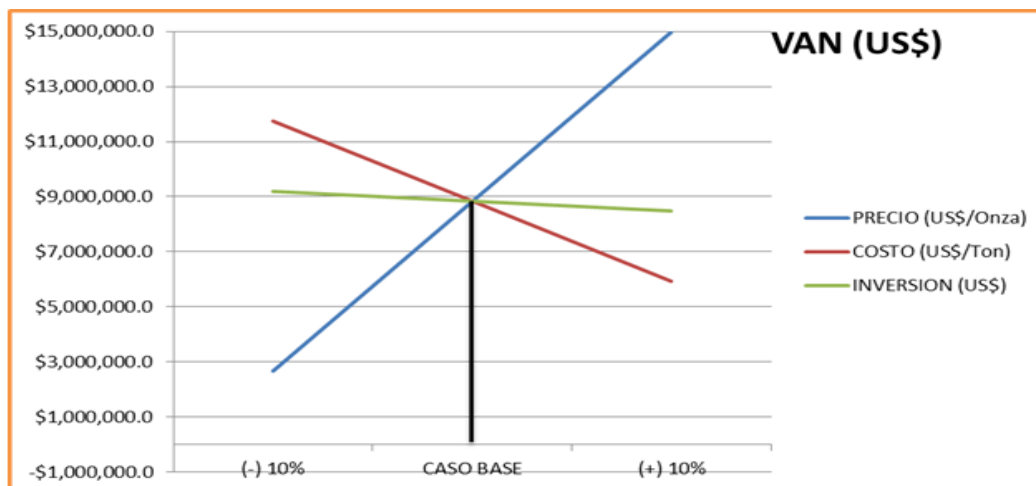
Fuente: Elaboración a partir de data financiera de de Mina Santa Filomena – 2019

Cuadro 1: VAN- Diversas variables

VALOR ACTUAL NETO VARIANDO EL PRECIO DE Au			
VARIACION DEL PRECIO DEL MINERAL	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%
VAN (VALOR ACTUAL NETO =15%)	2,680,443.33	8,831,002.88	14,981,562.43
TIR	42%	93%	133%
VALOR ACTUAL NETO VARIANDO EL COSTO DE OPERACIÓN			
VARIACION DEL PRECIO DEL MINERAL	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%
VAN (VALOR ACTUAL NETO =15%)	11,732,065.06	8,831,002.88	5,929,940.70
TIR	113%	93%	71%
VALOR ACTUAL NETO VARIANDO EN LA INVERSION			
VARIACION DEL PRECIO DEL MINERAL	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%
VAN (VALOR ACTUAL NETO =15%)	9,189,289.84	8,831,002.88	8,472,715.92
TIR	103%	93%	85%
	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%
PRECIO (US\$/Onza)	2,680,443.33	8,831,002.88	14,981,562.43
COSTO (US\$/Ton)	11,732,065.06	8,831,002.88	5,929,940.70
INVERSION (US\$)	9,189,289.84	8,831,002.88	8,472,715.92

Fuente: Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

#### 4.1.1.4 Sensibilidad



**Gráfico 13:** Grafico de sensibilidad de análisis Unidimensional  
**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

La gráfica anterior se observa el comportamiento lineal de las tres variables más relevantes dentro del margen riesgo del negocio minero. El precio del oro (US\$/Onza), el costo (US\$/Ton) y la inversión (US\$), con las variantes planteadas y los valores actuales netos (VAN), con el objetivo de reducir el margen de incertidumbre del inversionista, resultando respectivamente.

En caso base poniéndonos en un escenario conservador el precio del oro se mantendría a 1,250 US\$/Onza; un costo de operación de 355.28 US\$/Ton y una inversión en el intervalo de 2,034,219.60-1,548,650.00 US\$/año. Simulando una tasa de descuento del 15%, el VAN del proyecto es 8,831,002.88 US\$.

Se observa en el gráfico de interpretación lineal que en términos de comparación el componente que presenta una mayor pendiente es aquel que está referido a agentes externos (macro), los cuales no son predecibles o controlables internamente (precio del oro), y es el que produce que el valor actual neto (VAN) tenga mayor incidencia en su sensibilidad.

El gráfico lineal nos indica que el segundo componente en términos más relevantes de margen de riesgo es el costo de operación, ante la variación en un +/- 10% de dicho costo se llega a aumentar o disminuir en valor actual neto en US\$. 716,573.92; esta es una variante interna (micro) del negocio minero, bajo la optimización de los procesos productivos y por ende la eficiencia de cada actividad, y podría hasta cierto punto ser controlable.

Así mismo el gráfico lineal correspondiente al costo de inversión; nos permite observar una menor variación en cuanto al valor neto (+,-US\$. 716,573.92), al variar en +/- 10% el valor del costo de inversión. Esta variable en definitivo también es controlable al ser un agente interno

del proceso productivo, mediante un muy planeamiento y estimación de su valorización e asignación de los recursos.

#### 4.1.1.5 Valor actual neto (VAN)

Según la tabla anterior de flujo de fondos económicos se puede observar que el valor actual neto será de **US\$ 8, 831,002.88**, con una inversión inicial de **US\$ 1, 548,650.00**, sumado a **US\$ 2, 034,219.60** que se considera el monto de inversión en el año 2018.

#### 4.1.1.6 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de la inversión inicial de **US\$ 3, 582,869.60** será de **93 %** anual.

#### 4.1.1.7 Beneficio / Costo (B/C)

Los ingresos del proyecto en 3 años (B) comparados con el costo de inversión (C) serán de 0.79

#### 4.1.1.8 Período de recuperación del capital (Pay back)

La inversión inicial de **US\$ 3, 582,869.60** será recuperada al cabo de 1 año.

#### 4.1.1.9 Incremento de producción por el sistema de extracción mecanizada

Se incrementaría la producción con respecto a lo programado en un 25%, llegando a una producción promedio de mensual de 2,700 TM de mineral, lo cual no sería un impedimento a dicha demanda ya que se cuenta con una capacidad instalada de extracción de material 7,280 TM/MES.

**Tabla 48:** Indicadores de producción

AÑOS DE INVERSIÓN:	AÑOS	PRODUCCIÓN	INCREMENTO EN TONELADAS (t)	INCREMENTO EN PORCENTAJE (%)
	2016	14120	-----	-----
	2017	20,606	6,485	45.92%
<b>0</b>	2018	24,000	3,394	14.14%
<b>1</b>	2019	32,400	7,200	25 - 29.25%
<b>2</b>	2020	32,400	7,200	25 - 29.25%
<b>3</b>	2021	32,400	7,200	25 - 29.25%

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

#### 4.1.1.10 Producción sobredimensionada del 2017

**Tabla 49:** Resultados del ejercicio 2017, Planta de tratamiento

MINERA SOTRAMI S.A.	ACUMULADO		% logro.
	Prgm	Real	
Tonelaje Tratado TMH (t) Planta	38,302	37,922	99%
Porcentaje de Humenada (H2O)	5.00%	5.50%	110%
Tonelaje Tratado TMS (t) (Planta)	<b>36,534</b>	<b>36,026</b>	98%
Leyes Au (Grs/tn)	22.38	23.57	105%
Contenido Fino (Au/Gr)	817,254.62	864,297.77	106%
Ley de Pureza (Au %)	398	0	
Recup. Au (%)	97.00%	96.70%	100%
Relave			
Ley de Cola (Gr/tn)	0.68	0.77	113%
Contenido Fino Relave (Au/Gr)	24,892.72	28,518.02	115%
Producción de Oro			
Producción (Au/Gr)	792,361.90	835,782.55	105%
Producción (Au/Oz)	25,475.01	26,871.01	105%

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

En la tabla anterior se puede ver que la capacidad de la planta de tratamiento en el 2017 fue de 150 TM/día, siendo 100 TM/día, la capacidad tratada durante el 2017, lo que indica que la planta de tratamiento está sobredimensionada en 50 TM/día, en estos 3 años se trataran las 150 TM/día instaladas, por lo tanto se trabajara en su capacidad máxima instalada, por lo que se reflejará la disminución del costo de tratamiento de 58.15 \$/TM a 45 \$/TM, con una ley de cabeza de 22 Gr/Tm, con una recuperación metalúrgica de 97.3 %, como continuación se puede observar la producción proyectada.

#### 4.1.1.11 Producción proyectada 2019-2021

**Tabla 50:** Estadística de metas físicas proyectadas (tonelaje tratado y gramos de oro producidos) 2019 -2021.

BALANCE METALURGICO 150 TMD-PERIDO 2019-2021							
MES	TMS	Ley grs/TM		Finos grs.			Rec. %
		Cabeza	Relave	Cabeza	Recuperad o	Relave	
Enero	3,780.00	22	0.6	83,160	80,415.72	2,744.28	96.7
febrero	3,780.00	22	0.6	83,160	80,415.72	2,744.28	96.7
Marzo	3,780.00	22	0.6	83,160	80,415.72	2,744.28	96.7
Abril	4,050.00	22	0.6	89,100	86,159.70	2,940.30	96.7
Mayo	4,050.00	22	0.6	89,100	86,159.70	2,940.30	96.7
Junio	4,050.00	22	0.6	89,100	86,159.70	2,940.30	96.7
Julio	4,050.00	22	0.6	89,100	86,694.30	2,405.70	97.3
Agosto	4,050.00	22	0.6	89,100	86,694.30	2,405.70	97.3
Septiembre	4,050.00	22	0.6	89,100	86,694.30	2,405.70	97.3
Octubre	4,050.00	22	0.6	89,100	86,694.30	2,405.70	97.3
Noviembre	4,050.00	22	0.6	89,100	86,694.30	2,405.70	97.3
Diciembre	4,050.00	22	0.6	89,100	86,694.30	2,405.70	97.3
<b>TOTAL</b>	<b>47,790.00</b>	<b>24.31</b>	<b>0.6</b>	<b>1,051,380</b>	<b>1,019,892</b>	<b>31,488</b>	<b>97</b>

**Fuente:** Área de planeamiento de la Mina Santa Filomena – 2018.

Con respecto al ejercicio 2019, se incrementara la producción a un 25% con respecto a lo alcanzado el 2018-2017, la mina Santa Filomena tiene un aporte de 85 % de la producción total, teniendo un costo de operación promedio a alcanzar de 45.00 \$/TM, siendo el número de días trabajados 28 por mes a un ritmo de producción de 150 TM día, la cual estaría trabajando en su capacidad máxima instalada por la Planta “Santa Filomena II”, teniendo dos días al mes, como paradas con la finalidad de brindar una mejor respuesta a los problemas mecánicos y eléctricos, teniendo que brindar cada equipo una disponibilidad mecánica y porcentaje de utilización de manera satisfactoria en todos los equipos, los cuales deben estar estipulados dentro de los parámetros requeridos.

#### **4.1.1.12 Interpretación de los indicadores económicos**

Al obtener los siguientes indicadores económicos:

- **VAN > 0**
- **TIR > 15 % anual**
- **B/C > 1**
- **Pay back, menor a 1 año,**

Se concluye que el proyecto es económicamente viable y rentable, se recomienda su puesta en marcha.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Discusión de resultados

En la presente investigación se determinó que la ampliación del sistema de extracción de material (desmonte-mineral) utilizando winche de izaje de 75 HP, permitirá el incremento de la producción en el menor tiempo a través de los piques B-4 y B-5, del nivel 7 en la Mina Santa Filomena, llegando a incrementar su productividad en un 50%, de 6.42 Tm/Hr a 10.92 Tm/hr, resultando la capacidad instalada de 180 Tm/Guardia.

Es factible ampliar el sistema de extracción de mineral con winche de izaje en los piques B-4 y B-5 en la mina Santa Filomena. Resultando el análisis de rentabilidad económico **VAN > 0, TIR > 15 % anual, B/C > 1**, Pay back, en un año, se resultando en **VAN US\$ 8, 831,002.88, TIR de 93%** para una tasa de descuento de 15%, con respecto a la rentabilidad sin inversión el saldo de caja era US\$ 9,225,183.42 al año 2018, reflejando el incremento del costo de operación y la incertidumbre en el vida de la mina, ya que no se cuenta con un programa agresivo en avances y el incumplimiento de las metas físicas para garantizar la sustitución de las reservas minadas, teniendo un saldo de 71,450.31 Ton de mineral valorizados en 72'025,811.00 de \$, con un ritmo de producción de 30,000 TM/Anual, cuyo financiamiento es con recursos propios esto nos indica que el valor actualizado es mayor que la inversión y la tasa de retorno es mayor que la tasa máxima del 20% que se puede ganar en el mercado de capitales, lo cual determina la mejor opción de inversión.

Con respecto al margen de riesgo del proyecto, el precio del oro, tiene variación en el precio los cuales ha llegado a alcanzar un precio de US\$/Onza 1240.00, en el 2018, lo cual se tiene que evaluar la tendencia de precio del Au en el tiempo. Se determina que el proyecto es rentable hasta llegar a un precio pesimista de US\$/Onza de Au 1072.00 a partir de la caída de ese precio, a partir de este en el proyecto No será rentable.

También se determinó que es posible incrementar la producción en menor tiempo con winche de izaje a través de los piques B-4 y B-5 en la mina Santa Filomena. Considerando que la capacidad del 2017 tenía una capacidad de 120 TM/día, y está sobredimensionada con 60 TM/día de mineral, en estos 3 años se izará los 180 tm/día, donde el costo de operación disminuirá un 10%, del costo inicial que es **440.85\$/TM** a **384.69 \$/TM**, La planta de tratamiento incrementara en un 24% más del mineral procesado en el año 2017, siendo el aporte de la mina santa Filomena con un 78% y el 22% con mineral acopio, regalías y sociedades.

El costo de procesamiento de la planta de tratamiento “Santa Filomena II”, actual se reducirá es de 58.15 \$/TM a 45 \$/TM, con una ley de cabeza de 22 Gr/Tm, y llegando a una recuperación metalúrgica de 97.3 %, como continuación se puede observar la producción proyectada, con respecto al ejercicio 2019, se incrementara la producción a un 24% con respecto a lo alcanzado el 2017-2018, teniendo un costo de operación promedio llego alcanzar 45.00 \$/TM, siendo el promedio de días trabajados de 28 días por mes a un ritmo de producción de 150 TM día, la cual estaría trabajando a su capacidad instalada de la Planta “Santa Filomena II”, teniendo dos días al mes de para parada para dar una mejor respuesta a poder a los problemas mecánicos y eléctricos, teniendo una disponibilidad mecánica y utilización de los equipos dentro de los parámetros requeridos.

### Contrastación de hipótesis

HIPOTESIS	PLANTEADA	CONTRASTACION
GENERAL	La ampliación del sistema de extracción de material por izaje con winches de 75 HP, permitirá el incremento de la producción en menor tiempo de izaje, mediante la implementación de las subestaciones de izaje en el nivel 7 de B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena.	Ejecutado
ESPECIFICO	La implementación de un sistema de extracción de material, se hará con el uso de dos winches de izaje de 75 HP en el pique B-4 y B-5.	Ejecutado
	El winche de izaje influirá en el incremento de la producción en menor tiempo a través de los piques B-4 y B-5, en la Mina Santa Filomena.	Ejecutado
	Con el incremento de la producción se logrará abastecer la capacidad máxima instalada de la planta de tratamiento.	Ejecutado



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- a) La construcción de dos sub-estaciones de izaje con winches de 75 HP, en el nivel 7 del pique B-4 y B-5, ampliara la capacidad de izaje del material en un menor tiempo, una capacidad de 180 Tm/Día.
- b) La capacidad de extracción actual es de 120 tm/día en el 2017-2018, con la ampliación del sistema de extracción se logrará izar 180 tm/día, con un porcentaje de incremento del **50%**.
- c) La producción de mineral en la mina Santa Filomena se incrementará en un **26%** de llegando **24 000 tn** en el 2018 a **32400 tn** en el 2019,2020 y 2021.
- d) La capacidad de la planta de tratamiento en el 2017 fue de 150 TM/día y solo procesa 100 Tm/día, lo cual indica que solo trabaja al **66.6%** de su capacidad instalada, implementado el incremento de mineral se reflejándose la disminución del costo de tratamiento de 58.15 \$/TM a 45 \$/TM, con una ley de cabeza de 22 Gr/Tm.
- e) Es factible ampliar con un sistema de extracción de mineral con winche de izaje de 75 HP, en los piques B-4 y B-5 en la mina Santa Filomena. Resultando el análisis de rentabilidad **VAN US\$ 8, 831,002.88**, **TIR DE 93% > 15 %** tasa de descuento, B/C **2.46**, Pay back, menor a 1 año, se concluye que el proyecto es económicamente viable y rentable, se recomienda su puesta en marcha.

## 5.2 Recomendaciones

- a) Se recomienda la evaluación geológica del posible potencial del yacimiento en toda el área de la concesión minera para determinar la ubicación de los recursos y reservas.
- b) Mediante la incrementación de la capacidad de extracción, se debe priorizar la ejecución de labores de exploración y desarrollo y así garantizar la reposición de las reservas explotadas.
- c) Se sugiere determinar el ritmo de producción óptimo según las reservas probadas y probables para determinar la implementación de un nuevo sistema de extracción.
- d) Se recomienda incrementar la producción bajo un planeamiento a largo plazo, mediante la evaluación técnica y económica, para su planteamiento, viabilidad y ejecución del proyecto, ya sea un sistema de extracción vertical.
- e) Finalmente se recomienda abastecer con mineral en su capacidad máxima instalada de la planta de tratamiento. Con respecto al ejercicio 2018, se incrementará la producción a un 25% con respecto a lo alcanzado el 2017, con un promedio de 28 días por mes a un ritmo de producción de 150 TM día, la cual estaría trabajando a su capacidad instalada de la Planta “Santa Filomena II”.
- f) Cumplir con el Programa Preventivo de mantenimiento de los equipos de izaje e infraestructura a fin de evitar todo tipo de accidentes por deficiencia en los equipos del sistema de izaje.
- g) Instalar cámaras de video en los puntos de volteo, nivel de extracción, tolvas de carga y descarga para mejorar la visibilidad del operador.
- h) Elaborar un Programa de Inspecciones y Mantenimiento Preventivo para los equipos y el pique, para poder reparar oportunamente cualquier deterioro prematuro y llevar un control del alineamiento y gradiente.

### Referencias bibliográficas

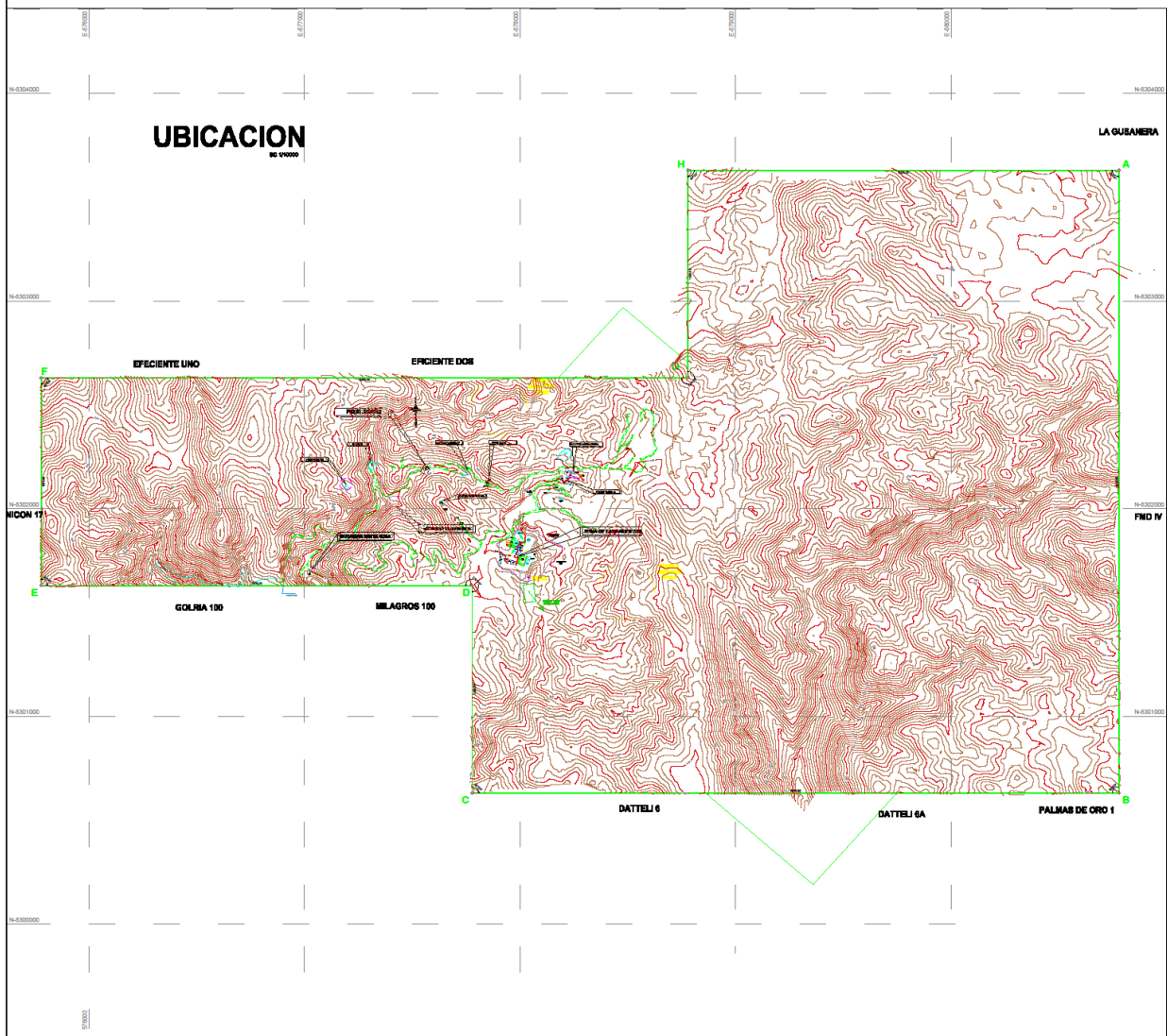
1. Hugo Medina (2016), Sistema de Extracción de Mineral del Pique 718 con Winche de Izaje e incremento de producción en la Mina Calpa – Arequipa Arequipa, Universidad de Puno.
2. Cesar L. Rivera (2018), Análisis del fenómeno vibratorio en la ampliación de la cámara de winche de izaje de mineral del Nv-0 de la Compañía Minera Milpo Unidad El Porvenir Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú.
3. J. Tullume (2016), Automatización e implementación de un sistema scada para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la compañía minera Casapalca s.a. Chiclayo - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
4. Osco (2017), Profundización del pique nazareno unidad de producción Orcopampa compañía de minas Buenaventura S.A.A. - Lima: UNI.
5. Coris (2017), Optimización y confiabilidad del sistema de izaje del Loading Pocket Nv. 250 mediante la automatización del proceso en Winche Esperanza, (Minera Animon Cerro de Pasco) Huancayo: UCCI.
6. Vela (2017), Profundización de la mina Casapalca mediante el diseño y construcción del pique inclinado 016 Zona Veta Oroya - niveles 14 al 18 - Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
7. Lino Arias (2013), Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O. San Braulio Uno - Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
8. Gerardo Loyola (2018), Construcción del pique 158E para la optimización del laboreo minero en la unidad de Paula – Cedimin S.A.C. - Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
9. Orlando Gómez D. (2018) Configuración del variador de frecuencia para reducir el alto consumo de energía en el sistema de izaje de la empresa mundo Perú Gold S.A.C. Huancayo: UNCP.
10. Cristian Gonzalo (2016), Sistema electrónico compensado de toque en motor ac de winche en la Compañía Minera Casapalca s.a. - Huarochiri - Lima Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
11. Ames Lara, Víctor Alejandro. (2008). Diseño de las mallas de perforación y voladura utilizando la energía producida por las mezclas explosivas. Tesis de Post Grado, Universidad Nacional de Ingeniería: Lima.
12. Anda Hernández Lidia Araceli. (2005). Contabilidad de costos. Libro de texto, Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativa Escuela de Contaduría y Administración de la Universidad Latinoamericana.
13. Artigas Z., María T. (2011). Diseño de patrones de perforación y voladura, para normalizar la fragmentación del material resultante de la mina choco 10 empresas PMG S.A. el callao, estado bolívar. Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela: Caracas.
14. Bustillo Revuelta, M. y López Jimeno, C. (1997), Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones mineras, 1era edición, Gráficas Arias Montano S.A., Madrid – España.

15. Calvin J. Konya. (2000). Diseño de Voladuras. Ediciones Cuicatl: México.
16. Camac Torres, Alfredo. (2008). Voladura de rocas. texto guía: Puno.
17. Clemente Ygnacio, Tomas y Clemente Lazo, José. (2009). Análisis de costos de operación en minería subterránea y evaluación de proyectos mineros. Texto, Huancayo: Edición grafica industrial E.I.R.L.
18. Chambi Medina, Guillermo Alberto (2014). Evaluación técnica y económica delos métodos de explotación corte y relleno mecanizado y sublevel stopping enla unidad minera Pallancata para una óptima selección de minado”Universidad Nacional de San Agustín.
19. Loza Carasas, Robert Antonio (Año 2013) “Aplicación del método de Holmberg para el mejoramiento de la malla de voladura en la empresa minera aurífera Retamas S.A.”Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman -
20. Ticona Apaza, Nelson Rodrigo (Año 2012). Optimización de la voladura de labores de avance mediante el incremento de la longitud de perforación de la 101 unidad operativa Antapite – Cia de Minas Buenaventura. Universidad Nacional de San Agustín.
21. Cruz Lezama, Osain. (2007). Control de costos para supervisores, texto guía: Guayana.
22. Chambergo Guillermo, Isidro. (2011). Sistema de costos. Texto, Universidad Inca Garcilaso de la Vega: Lima.136.

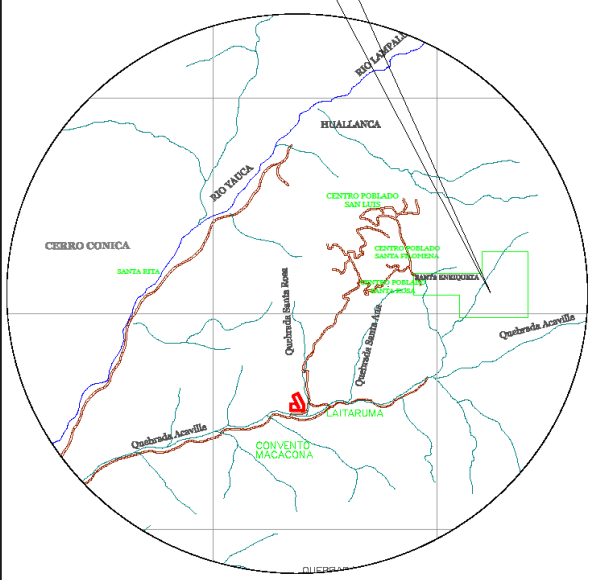
# **ANEXOS**

# **PLANOS**

# UBICACION

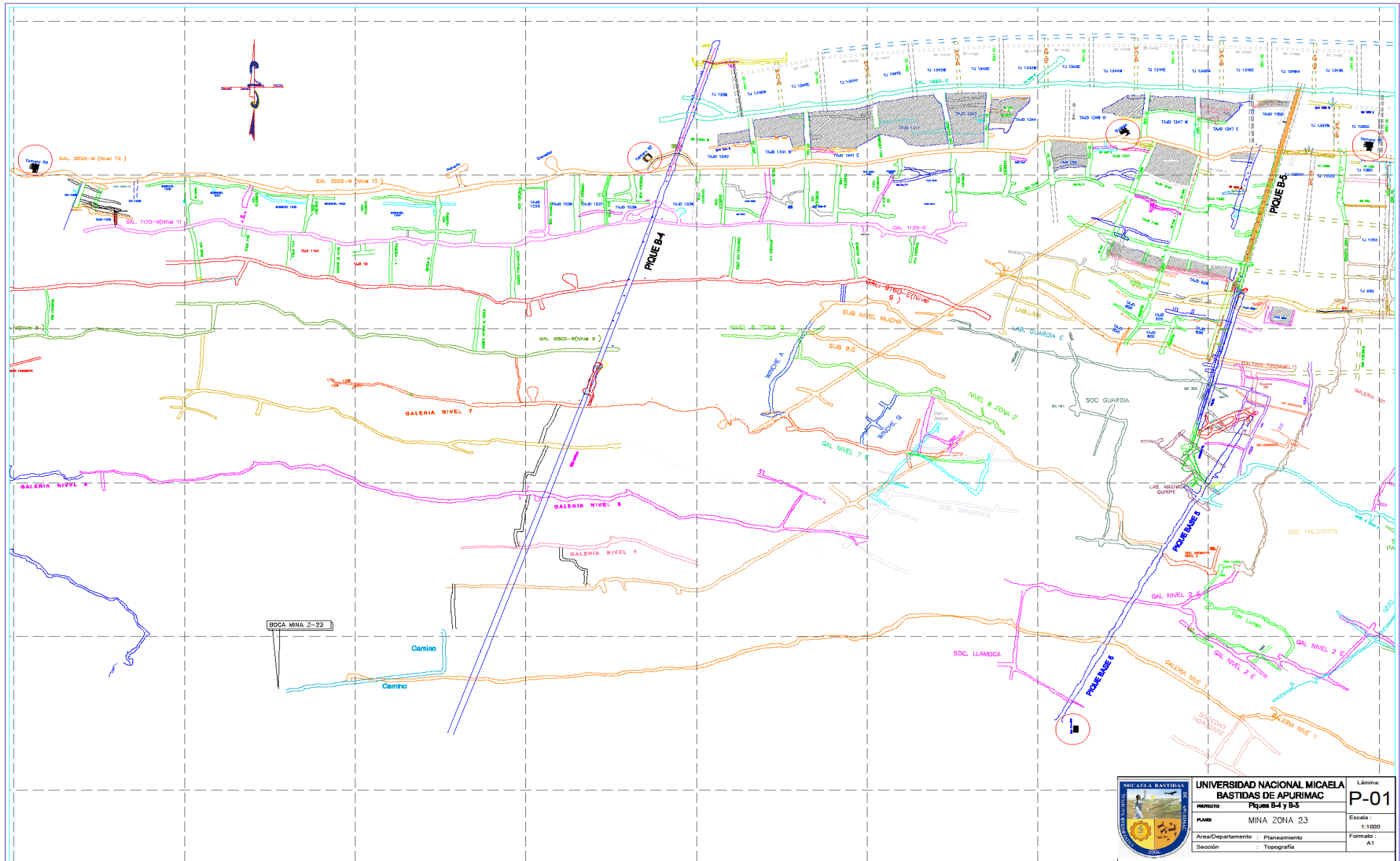


# LOCALIZACION



CUADRO DE COORDENADAS DE LA CONSEJON DATUM WGS 84					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
A	A-B	3000.00	90°0'0"	580778.210	8303629.752
B	B-C	3000.00	89°59'60"	580778.210	8303629.752
C	C-D	1000.00	90°0'0"	577778.210	8303629.752
D	D-E	2000.00	270°0'0"	577778.210	8301629.752
E	E-F	1000.00	90°0'0"	575778.210	8301629.752
F	F-G	3000.00	90°0'0"	575778.210	8302629.751
G	G-H	1000.00	270°0'0"	578778.210	8302629.751
H	H-A	2000.00	89°59'60"	578778.210	8303629.752

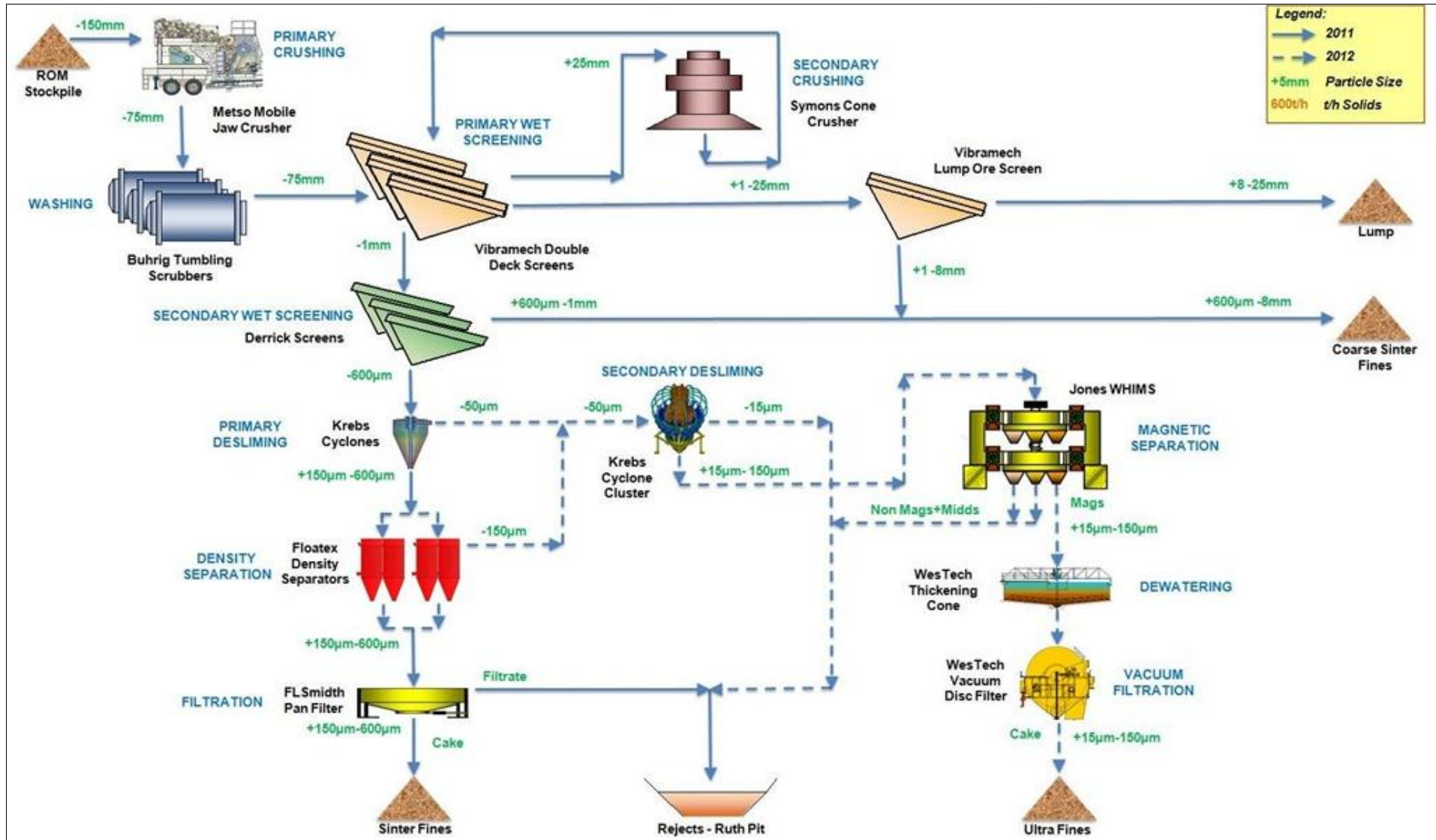
Area: 10000000.00 m<sup>2</sup>  
 Area: 1000.00000 ha  
 Perimetro: 16000.00 ml

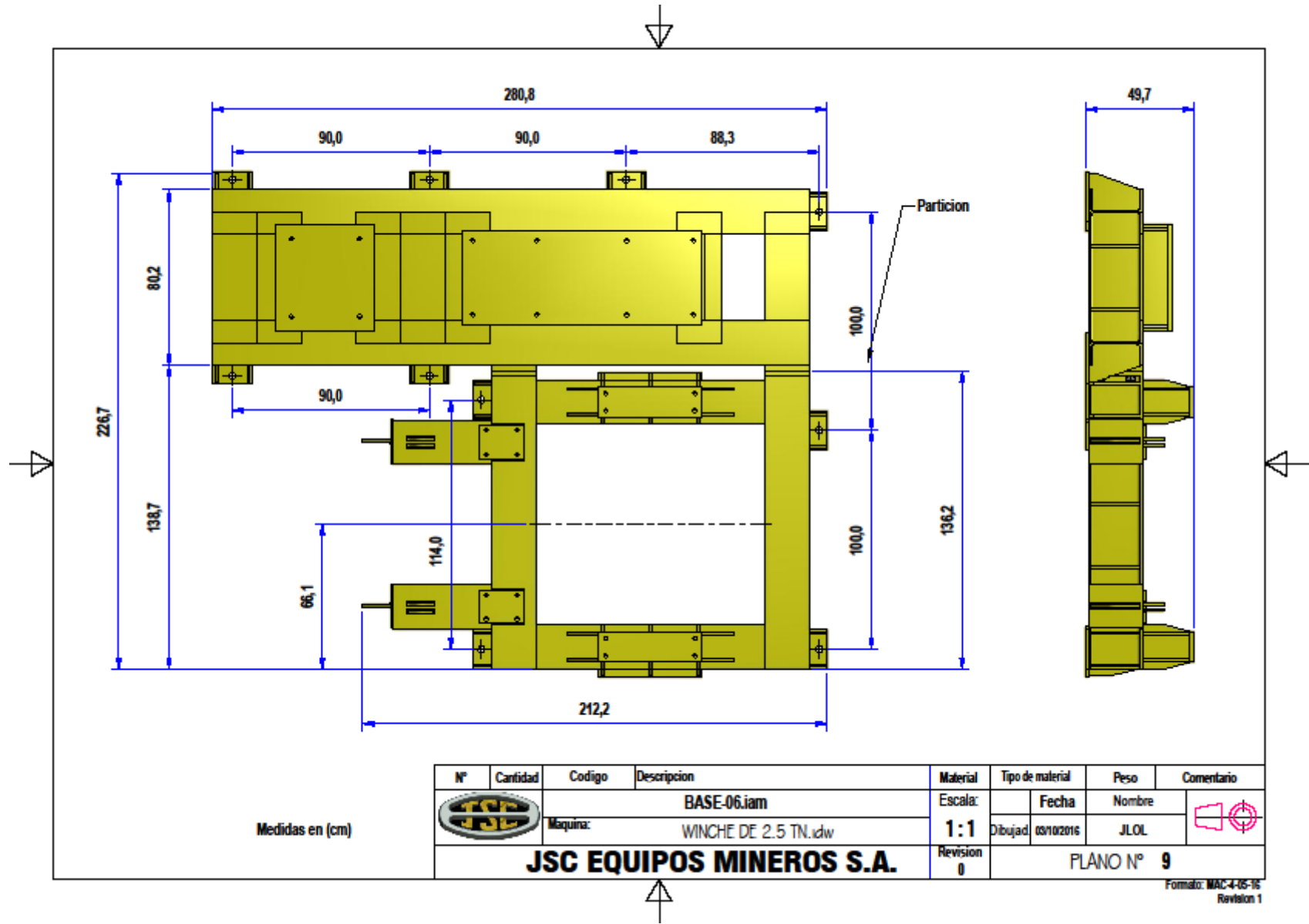


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC</b>		Lámina: <b>P-01</b>
	<b>Piques B-4 y B-5</b>		Escala: 1:1000
	Proyecto: MINA ZONA 23		Formato: A1
	Área/Departamento: Planeamiento Sección: Topografía		






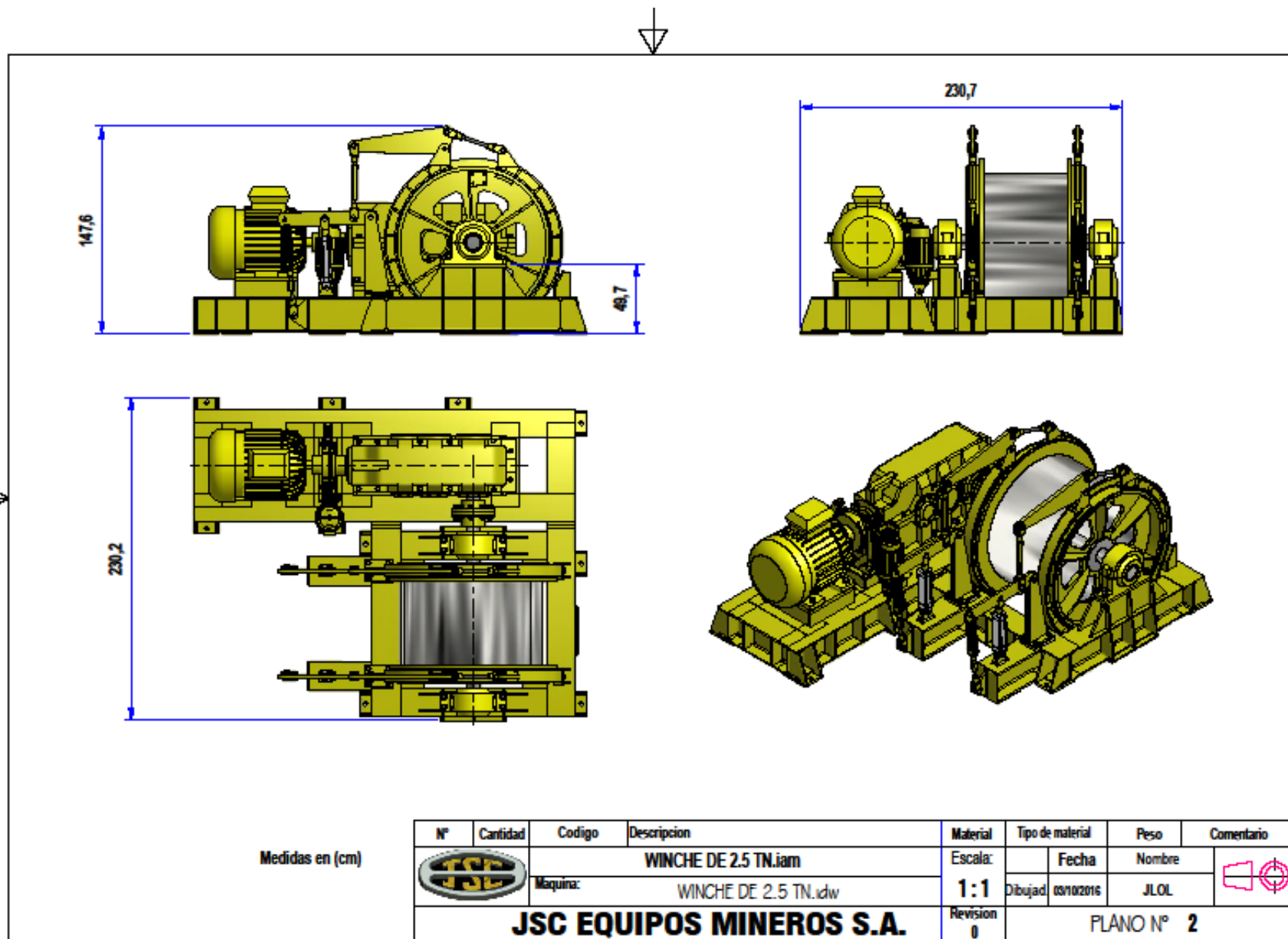






Medidas en (cm)

N°	Cantidad	Codigo	Descripcion	Material	Tipo de material	Peso	Comentario
			BASE-06.jam	Escala:	Fecha	Nombre	
			Maquina: WINCHE DE 2.5 TN.idw	1:1	03/10/2016	JLOL	
				Revision 0	PLANO N° 9		

Formato: MAC-4-05-16  
Revision 1



Medidas en (cm)

N°	Cantidad	Codigo	Descripcion	Material	Tipo de material	Peso	Comentario
 Máquina: WINCHE DE 2.5 TN.idw				Material	Fecha	Nombre	
				Escala: <b>1 : 1</b>	Dibujad 03/10/2016	JLOL	
<b>JSC EQUIPOS MINEROS S.A.</b>				Revision 0	PLANO N° 2		

**ANEXOS**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

## PIQUE BASE 4



Fotografía 01: Limpieza de mineral con balde de 50 kg de capacidad.



Fotografía 02: Pique B-4, Izaje de ingreso de tambora.



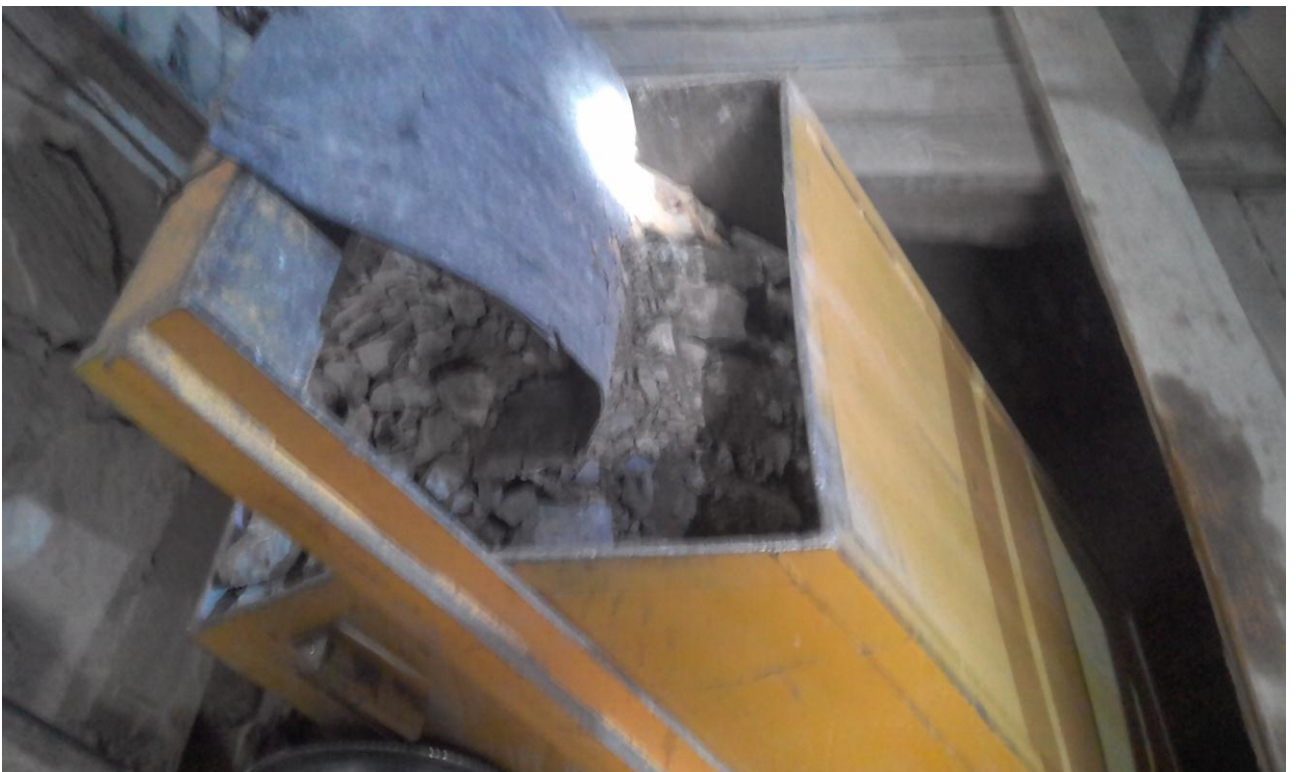
Fotografía 03: Pique B-4, Consola de mando de winche.



Fotografía 04: Pique B-4, Tambora de izaje y motor de winche de 75 HP



Fotografía 05: Pique B-4, Estación de pique nivel 6.



Fotografía 06: Pique B-4, carguío de mineral al skip nivel 7.



Fotografía 07: Estructura metálica construcción de base de winche nivel 7 de B-4



Fotografía 08: Construcción de base de winche nivel 7 de B-4



## PIQUE BASE 5



Fotografía 09: Pique B-5, Sistema de izaje – Superficie



Fotografía 10: Pique B-5, Tambora de izaje Winche 75 HP.



Fotografía 11: Pique B-5, Tolvas de mineral y desmante.



Fotografía 12: Pique B-5, Winche de izaje en interior mina.



Fotografía 13: Pique B-5, Construcción base de Winche nv 7.



Fotografía 14: Pique B-5, Construcción base de Winche nv 7.



Fotografía 15: Pique B-5, estructura metálica en la Construcción base de Winche nv 7.