



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGÍA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA**



**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL  
CONCENTRADOR JIGS PARA OPTIMIZAR LA RECUPERACIÓN  
DE ESTAÑO EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR  
S.A.  
TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LUCIO VILCA FLORES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL CONCENTRADOR JIGS PARA OPTIMIZAR LA RECUPERACIÓN DE ES**

AUTOR

**LUCIO VILCA FLORES**

RECuento DE PALABRAS

**17015 Words**

RECuento DE CARÁCTERES

**91045 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**97 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 14, 2024 4:52 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Oct 14, 2024 4:53 AM GMT-5**

### ● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

  
D<sup>o</sup> Esteban Ray Chávez Gutiérrez  
INGENIERO METALURGISTA  
CIP. 62286

ASESOR.



Resumen



## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios por permitirme y darme fuerzas para seguir mis estudios en todo momento superar mis dificultades a lo largo de la vida.

Dedico la presente tesis a mis queridos padres Concepción Vilca Hanco y Paulina Flores de Vilca, por su apoyo moral y comprensión en todo momento me enseñó a luchar por mis sueños para ser mejor en la vida.

También dedico a mi esposa: Erika Silvia Mamani Muñoz, por haberme apoyado y motivado en todo momento para cumplir mis metas de mi carrera profesional.

**LUCIO VILCA FLORES**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis queridos padres por haberme apoyado siempre en todo momento y motivándome cada día a ser un profesional cumpliendo mis sueños a ser una buena persona y útil a la sociedad.

También agradezco a mi querida esposa por haberme apoyado y motivado en todo momento para poder seguir adelante y a cumplir mis metas en mi carrera profesional.

**LUCIO VILCA FLORES**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
1.1.1 Problema general.....	17
1.1.2 Problemas específicos.....	17
<b>1.2 HIPOTESIS .....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Hipótesis general.....	17
1.2.2 Hipótesis específico .....	17
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
1.4.1 Objetivo general .....	18
1.4.2 Objetivos específicos .....	18
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>20</b>



<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
2.2.1	Empresa minera San Rafael – Minsur .....	24
<b>2.3</b>	<b>ESTAÑO EN EL PERU Y DEL MUNDO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>MINERALOGIA DE ESTAÑO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>OBTENCIÓN Y APLICACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.....</b>	<b>26</b>
<b>2.7</b>	<b>CONCENTRACION GRAVIMETRICA .....</b>	<b>26</b>
<b>2.8</b>	<b>METODOS POR GRAVIMETRICOS .....</b>	<b>28</b>
2.8.1	Técnicas de concentración en medios densos.....	28
2.8.2	Métodos de concentración en corrientes:.....	29
<b>2.9</b>	<b>EQUIPOS DEL CONCENTRADOR GRAVIMETRICO .....</b>	<b>30</b>
2.9.1	<i>Concentrador</i> de mesas vibratorias.....	30
2.9.2	Concentradores espirales .....	30
2.9.3	Concentrador centrifugo KNELSON .....	30
2.9.4	concentrador falcon.....	31
2.9.5	JIGS Mecanico .....	31
2.9.6	Concentrador JIGS .....	32
2.9.6.1	Parámetros .....	35
2.9.6.2	Ventajas .....	36
2.9.6.3	Desventajas.....	36
<b>2.10</b>	<b>TONELAJE: .....</b>	<b>40</b>
<b>2.11</b>	<b>% SOLIDOS .....</b>	<b>41</b>
2.11.1	Solidos Suspendidos.....	41
<b>2.12</b>	<b>GRANULOMÉTRICO D80 (µm) .....</b>	<b>41</b>
<b>2.13</b>	<b>PROCESOS PRINCIPALES DEL PLANTA CONCENTRADORA .....</b>	<b>42</b>



2.13.1	Cancha de mineral.....	43
2.13.2	Cargador frontal .....	43
2.13.3	Rompe Bancos Atlas Copco #1.....	43
2.13.4	Chancadora primaria.....	43
2.13.5	Chancadora secundaria .....	44
2.13.6	Chancadora terciaria .....	44
2.13.7	Concentración Jigs Bendelari.....	44
2.13.8	Molienda primaria.....	45
2.13.9	Espirales.....	45
2.13.10	Molienda secundaria .....	45
2.13.11	Molienda terciaria .....	46
2.13.12	Concentración en mesas espirales 1-2 .....	46
2.13.13	Molienda de concentrados .....	47
2.13.14	Flotación de sulfuros (inversa).....	47
2.13.15	La Limpieza del concentrado.....	47
2.13.16	Ultra fino.....	47
2.13.17	Filtrado de concentrado gravimétrica.....	48
2.13.18	Concentración por flotación .....	48
2.13.19	Deslame .....	49
2.13.20	Sulfuros casiterita.....	49
2.13.21	Flotación sulfuros casiterita.....	49
2.13.22	Limpieza por flotación .....	50
2.13.23	Limpieza MGS .....	50
2.13.24	Filtrado.....	50
2.13.25	Manejo de relaves.....	50



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1</b>	<b>LUGAR DE ESTUDIO .....</b>	<b>52</b>
	3.1.1 Ubicación.....	52
<b>3.2</b>	<b>POBLACION.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3</b>	<b>MUESTRA .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>53</b>
	3.4.1 El Nivel de investigación.....	54
	3.4.2 Tipos de investigación .....	54
<b>3.5</b>	<b>DETERMINACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>54</b>
<b>3.6</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION. ....</b>	<b>55</b>
	3.6.1 Identificar los puntos a muestrear .....	55
	3.6.2 Instalación de baldes de 4, 8 o 20 Litros en lugar de muestreo .....	55
	3.6.3 Uso del cortador manual adecuado para, realizar la toma de muestra... 55	
	3.6.4 El tiempo de muestreo .....	55
	3.6.5 Traslado de muestras a Laboratorio Metalúrgico.....	56
<b>3.7</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>57</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1</b>	<b>PRUEBAS EXPERIMENTALES EN CONCENTRADOR JIGS.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE MALLA VALORADA EN ALIMENTO DEL CONCENTRADOR JIGS .....</b>	<b>63</b>
<b>4.3</b>	<b>PRUEBAS REALIZADAS DURANTE LOS DÍAS DE EVALUACIÓN... 65</b>	
<b>4.4</b>	<b>DICEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>69</b>
<b>4.5</b>	<b>DISCUCIONES DE RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>





<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>82</b>

**Área** : Metalurgia Extractiva.

**Tema** : Concentración gravimétrica.

**Fecha de sustentación 31 octubre 2024**



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Diferentes tamaños de equipo de separación.....	28
<b>Tabla 2.</b> Medidas de pulsación y carreras del concentrador jigs.....	33
<b>Tabla 3.</b> Análisis granulométrico de la cama del concentrador jigs .....	36
<b>Tabla 4.</b> Los resultados del aforo .....	58
<b>Tabla 5.</b> Los resultados de las pruebas por leyes .....	60
<b>Tabla 6.</b> Análisis de los jigs por tonelada y ley alimentada del estaño.....	62
<b>Tabla 7.</b> Análisis granulométrico malla valorada.....	64
<b>Tabla 8.</b> Análisis de cuantitativo de minerales del alimento variación.....	66
<b>Tabla 9.</b> Análisis de ley mineral alimentada de estaño por su % Recuperación. ....	66
<b>Tabla 10.</b> Análisis de tonelaje de alimentación al concentrador jigs. ....	68
<b>Tabla 11.</b> Los factores.....	69
<b>Tabla 12.</b> Variables de estudios.....	70
<b>Tabla 13.</b> Resultados de las pruebas realizadas según el diseño experimental. ....	70
<b>Tabla 14.</b> Efectos de estimados para recuperación Sn en porcentajes (%). ....	71
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para recuperación de Sn – Diseño factorial 2 <sup>2</sup> .....	71
<b>Tabla 16.</b> Coeficiente de regresión para recuperación -. Diseño Factorial 2 <sup>2</sup> .....	71
<b>Tabla 17.</b> Análisis de residuos.....	72
<b>Tabla 18.</b> Camino de máximo ascenso para la recuperación de Sn. ....	72
<b>Tabla 19.</b> Optimizar respuesta de recuperación de Sn. ....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Características de los métodos de separación por corriente.....	29
<b>Figura 2.</b> Movimientos de las partículas. ....	33
<b>Figura 3.</b> Medidas del equipo concentrador jigs.....	35
<b>Figura 4.</b> Figura de la cama del concentrador jigs.....	37
<b>Figura 5.</b> Movimientos de las partículas. ....	38
<b>Figura 6.</b> Los mecanismos de concentración en el concentrador jigs. ....	38
<b>Figura 7.</b> Ubicación de San Rafael. ....	53
<b>Figura 8.</b> Diagrama de flujo del proceso de pruebas experimentales.....	60
<b>Figura 9.</b> Diferentes formas de cuarteo del mineral. ....	61
<b>Figura 10.</b> Cuarteo de mineral para análisis químico .....	61
<b>Figura 11.</b> Figura de distribución del estaño por alimentación vs recuperación. ....	62
<b>Figura 12.</b> Figura de distribución del estaño por alimentación vs concentración. ....	63
<b>Figura 13.</b> Alimento del concentrado jigs y su distribución de finos de estaño. ....	65
<b>Figura 14.</b> Figura de efecto en recuperación y calidad de estaño.....	67
<b>Figura 15.</b> Figura de efecto de determinación de los tonelajes del concentrador jigs...	68
<b>Figura 16.</b> Diagrama de Pareto para recuperación de Sn. ....	73
<b>Figura 17.</b> Gráfico de Efectos principales para recuperación Sn.....	74



## ACRÓNIMOS

**IPERC:** identificación de Peligro, Evaluación y control de riesgo

**(%):** porcentaje

**(Sn):** estaño

**( $\mu$ m):** micrones

**(°):** grados

**(m.s.n.m):** Metros sobre el nivel del mar.

**(Minsur S.A.):** Minsur sociedad Abierta

**(cm):** centímetros

**(mm):** milímetros

**(EPP):** equipo de protección personal.

**(g):** gramos

**(TMSH):** tonelaje métricas secas húmeda

**(TM):** tonelaje métricas

**( $\mu$ ):** micra



## RESUMEN

En la investigación “Evaluación de los parámetros de operación del concentrador jigs para optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.” Se realizó sobre la evaluación de los parámetros de operaciones unitarias de recuperación de estaño del concentrador jigs teniendo en cuenta las siguientes variables: parámetros de operación del concentrador jigs y recuperación de estaño, aplicando el método de concentración gravimétrico en operación de planta. El objetivo general fue evaluar los parámetros de operación del concentrador jigs, para optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera. La siguiente investigación se basó en las pruebas experimentales, se realizó durante los meses octubre, noviembre y diciembre del año 2023, mediante el aforo de pulpa se determinó el tonelaje de mineral alimentado por tiempo y se determina mediante el muestreo las leyes de mineral alimentado al concentrador jigs en operación planta concentradora, posteriormente fue preparado en un laboratorio metalúrgico, luego se envió al laboratorio químico para un análisis de leyes y con los resultados dados de laboratorio químico, se tomó una decisión para poder optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael, del distrito de Antauta. Donde obtuvo como resultados la recuperación de estaño en el concentrador jigs llegando a una recuperación 61% a su máximo en las pruebas experimentales en operación, donde es posible alcanzar a una recuperación buena de 52 a 61% en el concentrador jigs número 08, donde se realiza con tonelajes 10.3 a 17.9 TMSH del mineral alimentado y las leyes de 2.25 a .3.41% de Sn, realizado por blending al mineral alimentado del concentrador jigs, así poder brindar un resultado óptimo para su tonelaje de mineral alimentado por tiempo y ley de mineral alimentado en el concentrador jigs, donde es posible alcanzar a una recuperación 62.3 % Sn, con la ayuda software statgraphics es posible alcanzar en la operación de planta en la unidad minera.

**Palabras Clave** Casiterita, Concentración gravimétrica, Jigs, Metalurgia extractiva, Optimización.



## ABSTRACT

In the research “Evaluation of the operating parameters of the jigs concentrator to optimize the recovery of tin in the San Rafael mining unit – MINSUR S.A.” It was carried out on the evaluation of the unit operations parameters of tin recovery of the jigs concentrator taking into account the following variables: operating parameters of the jigs concentrator and tin recovery, applying the gravimetric concentration method in plant operation. The general objective was to evaluate the operating parameters of the jigs concentrator, to optimize the recovery of tin in the mining unit. The following investigation was based on experimental tests, it was carried out during the months of October, November and December of the year 2023, through the pulp gauging, the tonnage of ore fed by time was determined and the grades of ore fed to the sample were determined by sampling. concentrator jigs in operation concentrator plant, later it was prepared in a metallurgical laboratory, then it was sent to the chemical laboratory for a grade analysis and with the results given from the chemical laboratory, a decision was made to optimize the recovery of tin in the mining unit San Rafael, from the Antauta district. Where the results were the recovery of tin in the jigs concentrator reaching a recovery of 61% to its maximum in the experimental tests in operation, where it is possible to achieve a good recovery of 52 to 61% in the jigs concentrator number 08, where It is carried out with tonnages of 10.3 to 17.9TMSH of the fed ore and grades of 2.25 to .3.41% of Sn, carried out by blending the ore fed from the jigs concentrator, thus being able to provide an optimal result for its tonnage of ore fed by time and grade of ore. fed into the jigs concentrator, where it is possible to reach a recovery of 62.3% Sn, with the statgraphics software help is possible to achieve in plant operation in mining unit.

**Keywords:** Cassiterite, Gravimetric concentration, Jigs, Extractive metallurgy, Optimization.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación que se presenta a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, abordó el problema por falta de recuperación de estaño en el concentrador jigs, se realiza para optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A. Este problema no solo se puede observar en la unidad minera San Rafael, donde se realizó la investigación, la evaluación de los parámetros de operación del concentrador jigs es deficiente en la mayoría de las zonas mineras de las regiones del Perú. En esta investigación de pruebas experimentales se aplicó muestreos de mineral del concentrador jigs en la operación de planta en varias ocasiones, para ver la recuperación de estaño y así poder tomar una decisión para mejorar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael Minsur S.A.

Para obtener los resultados de recuperación del concentrado de estaño se utilizó mineral de la alimentación al concentrador jigs, proveniente de la cancha de depósito de mineral donde se alimenta a la planta concentradora (Camilo Zevallos) los datos son positivamente tal como se muestran los resultados en el cuarto capítulo de la presente investigación.

En la investigación realizada se destacó evaluar los parámetros de operación del concentrador Jigs la recuperación del concentrado de estaño en una unidad minera.

En el capítulo I se mencionó el planteamiento de la investigación. Aquí se mostró el problema de investigación en forma de preguntas, así como también se planteó los objetivos y se argumentan la justificación de la investigación realizada.

En el capítulo II se presentó el marco teórico del estudio. Con los antecedentes de



la investigación principal el resultado y es continuado por la revisión literaria, planteamiento de la hipótesis general, específico y termina con el sistema de variables.

En el capítulo III comprende la parte metodológica de la investigación, donde menciona con claridad el tipo y diseño, técnicas e instrumento, el proceso de recojo de datos de la investigación.

Y para finalizar, en el capítulo IV se dan a conocer los resultados y discusión de los datos más representativos de la investigación. En este capítulo se organiza el resultado de los datos de investigación de acuerdo al diseño ya que se trabaja con dos variables.

Primero se demuestra los resultados de la primera variable, parámetros de operación del concentrador jigs, luego se dan a conocer los resultados de la segunda variable y la recuperación del concentrado de estaño, obteniendo el resultado de las dos variables se desarrolla la prueba de hipótesis aplicándose el diseño estadístico correspondiente. En cada uno de estos componentes, se interpretan y se discuten los datos más representativos.

El informe de investigación termina con las conclusiones que se plantean en función a los objetivos, y recomendaciones que se plantean en función de las conclusiones, por último, se coloca la referencia bibliográfica y los anexos pertinentes.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En estos últimos años se ha podido observar en todas las plantas de beneficios minero, en especial de la empresa minera San Rafael, donde muestra uno de los problemas más reflejantes en la recuperación de estaño en concentración gravimétrica, ya que tiene la mayor cantidad de equipos en concentración gravimétrico donde más influye es el concentrador jigs. La optimización de los parámetros de operación en el proceso de





extracción y concentración de minerales que se trabaja diario, especialmente en tonelaje del mineral alimentado y las leyes de mineral alimentado al concentrador jigs en la etapa de concentración gravimétrica, por eso se realizó las pruebas experimentales para optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael.

### 1.1.1 Problema general

¿Evaluando los parámetros de operación del concentrador jigs, se optimizará la recuperación de estaño de la Unidad Minera San Rafael – MINSUR S.A.?

### 1.1.2 Problemas específicos

¿Determinando el tonelaje óptimo de mineral alimentado al concentrador jigs, se mejorará la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.?

¿Determinar la ley promedio del mineral alimentado al concentrador jigs, optimizará la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.?

## 1.2 HIPOTESIS

### 1.2.1 Hipótesis general

Evaluando los parámetros de operación del concentrador jigs, se optimiza la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.

### 1.2.2 Hipótesis específico

Determinando el tonelaje óptimo de mineral alimentado al concentrador



jigs, se optimiza la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSURS.A.

Determinado la ley promedio de mineral alimentado al concentrador jigs, se optimiza la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Se realizó esta investigación por que hay baja recuperación de estaño en el concentrador jigs, donde varían el tonelaje óptimo del mineral alimentado y la ley alimentada, estos son los parámetros de operación que tienen un mayor efecto en la recuperación, donde ambas variables favorecen directamente en el incremento de la recuperación de estaño en el concentrador jigs y se logra mejorar la economía en la unidad minera San Rafael, en el mercado mundial de cotización el precio de estaño está más alto y también ocupa a nivel mundial el tercer lugar de producción de estaño la unidad.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros de operación del concentrador jigs, para optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

Determinar el tonelaje óptimo de mineral alimentado al concentrador jigs, para mejorar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A.

Determinar la ley promedio de mineral alimentado al concentrador jigs, para



optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Rafael – MINSUR

S.A.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES

Según Méndez (2019) en su investigación cuyo título “Determinación de los parámetros operacionales para la centralización de oro en un espiral” de la Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. Llego a la conclusión que el “concentrador de espiral demuestra ventajas frente a otros dispositivos de concentración gravimétrica tal el jigs y la mesa vibratoria que operan bajo el semejante principio de recuperación, las semejantes que están determinadas por diferentes variables que pueden ser observadas para obtener mejores resultados, optimizando precio y tiempo”. Los resultados dados según el autor muestran “que cuando la fracción de sólidos es de 20% con un caudal de 75.31 l/min, la recuperación es de 0.71 (71%)”.

Calisaya (2021) en su tesis realizada cuyo título es “Ejecución de los espirales gravimétricos hacia la recuperación de relave de muy baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. Apurímac”, trabajó el propósito de facilitar de dar una nueva opción de extracción a los minerales de baja ley a una tecnología limpia y fuera de alterar el medio ambiente. El mineral tratado pertenece a los relaves de oro de la Minera Minka Ayahuay, con ley de cabeza 0,22 Oz/Tm. En conclusión, se ha obtenido “una evaluación económica de la implementación de equipo espiral, en el cual se obtuvo el valor actual neto (VAN 30%) = 6 049,70 U\$ y TIR= 216%, los cual nos demuestra la alta rentabilidad de la extracción de los relaves de oro de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac”.

Según Llampi (2013) en su trabajo de investigación “Estudio de prefactibilidad a



una fundación de una planta de beneficios para la concentración de oro aluvial en Tingo María”. Obtuvo tal resultado de su proyecto de 30 % de producción pequeña de 1000 m<sup>3</sup> por día, a una ley de cabeza 0.22 g oro/m<sup>3</sup> y 1130.00 US\$/onza, por debajo de estos parámetros el proyecto no es factible.

Según Trujillo y Trujillo (2020) En su investigación cuyo título es “optimización del proceso gravimétrico del concentrador falcón para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la mina san Rafael”, tuvo como propósito “optimizar el proceso gravimétrico falcón a nivel de la planta piloto para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la unidad minera San Rafael”.

Por otro lado, Ccari (2022) En su trabajo de investigación “Optimización en su liberación en concentración gravimétrica de oro de sus frontis Pomarani – Cruz de Oro Cori Puno S.A.C.”. Concluyó “su recuperación del oro se aumentó de 37 % a 42 %, optimizándose a un 5 %, el tonelaje productivo y por ende el beneficio económico”.

Según Vilcapoma y Chávez (2012) en su trabajo de investigación “prueba experimental a nivel de laboratorio de concentración gravimétrica y flotación de minerales de oro en la planta concentradora “Caselita” en Condorama – Cusco”. Concluye que la concentración gravimétrica y el concentrador Falcón presenta resultados positivos en la recuperación del mineral.

Por otro lado, Diaz (2015) en su trabajo de investigación, “Evaluación del tamaño de partícula en el proceso de flotación para la recuperación de Oro Grueso”, tesis de pregrado de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, concluye que las recuperaciones de oro y plata no siempre reflejan los niveles de recuperación logrados en sus pruebas metalúrgicas del estudio de factibilidad del proyecto.

Según Avila (2017) en su investigación cuyo título es “parámetros de operación



del separador JIGS para material tomado de un placer aurífero”, llegó a una conclusión que las variables que mencionan derivan directamente al proceso de tamizado hidráulico como en el tamaño de abertura del tamiz a material del lecho de intensidad pistoneada y la cantidad de agua.

Concha (2007) en su tesis “Estudio de la concentración gravimétrica de minerales auríferos en un JIG de laboratorio” tesis de pregrado, de la Universidad del Valle, llegó a la conclusión de que los resultados mostraron cambios positivos en los rasgos probados para el rendimiento de concentración y el porcentaje del pesado para la recuperación el diámetro de mallas, resultó positivo o favorable.

Gabriel y Lobo (2010) en su trabajo de investigación “Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo” llegaron a la conclusión de que un parámetro granulometría es una propiedad del suelo íntimamente ya que muestra su comportamiento de uno mismo, se tiene influencia sobre la aireación, retención y movimiento del agua.

Por otro lado, Ureña (2021) en su tesis “Caracterización del material rocoso mediante granulometría e índice de carga puntual” llegó a la conclusión de que para la realización de pruebas es necesario la recolección de muestras de roca, para esta tarea se procesaron 30 muestras con dimensiones de 5x10x5 cm, las cuales fueron desarrollados en un taller.

Según Quispe (2021) en su trabajo de investigación “Separación a los sólidos suspendidos a optimizar la eficacia de agua ligero en tramo de pampilla en cuenca de Azángaro, Ananea 2021” en este trabajo de investigación se ha manejado pruebas experimentales ya que se determinó el porcentaje de separación de sólidos paralizados generalmente mediante pruebas experimentales en laboratorio.

Según Salas (2016) en su investigación cuyo título es “Estudio de aumento del



tonelaje en planta de beneficios del chancado en dicha minera altos de punitaqui (MAP)” se investigó la posibilidad técnica de económica aumentar la capacidad de 3000 TPD a alcanzar un capacidad deseado 4200 a 4500 TPD, sin variar la construcción y con el mismo rendimiento metalúrgico.

Por otro lado, Escalante (2018) en su tesis “Proyecto de incremento de la producción de 1200tmd a 2000tmd mediante el método sub nivel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.” llegó a la conclusión de ampliar su producción de la Unidad Minera Contonga, de modo sistemático con la finalidad de optimizar sostenidamente la rentabilidad de las operaciones de la empresa cuya dirección debe estar dirigido a conseguir la competitividad dentro del mundominero.

Según Ospina (2014) en su trabajo de investigación de tesis “Modelamiento de la hidrodinámica en la separación gravimétrica de minerales en jigs” en esta investigación se observaron suspensiones de arena negras con concentraciones volumétricas de sólidos, modificando desde 1% hasta 4% con tamaños entre 125 $\mu$ m a 2000  $\mu$ m y con densidad relativa entre 3 y 4, además se estudió tamaño y densidad de las partículas sobre la fuerza de arrastre y empuje, debida al gradiente de presión, de masa virtual y la fuerza Basset respecto a la densidad.

Por otro lado, Choquehuayta (2022) en su tesis “Optimización de la granulometría del mineral en la etapa rougher para mejorar la concentración de estaño en la etapa cleaner en laboratorio metalúrgico de la unidad minera San Rafael – Minsur” llegó a la conclusión de que la optimización granulometría en las etapas de concentración gravimétrica en mesas vibratorias rougher es muy beneficioso para mayor recuperación de estaño en la etapa cleaner.

Según Vega (2019) en su investigación de tesis “Incremento de la productividad



en el tonelaje movido mediante la aplicación del mejor método en una empresa minera” se llegó a la conclusión de aumentar la mejora de métodos de una empresa minera para poder ampliar la producción.

Por otro lado, Carbajal y Chavez (2015) en su tesis “Estudio del concentrador gravimétrico helicodal hecho con fríba de vidrio y sus parámetros de funcionamiento” en conclusión este estudio se inicia a principios generales que mandan a la concentración gravimetría, en seguida se evalúa los materiales que se van utilizar en la construcción del concentrador.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Empresa minera San Rafael – Minsur

Somos una empresa minera peruana con más de 45 años de experiencia, perteneciente a BRECA. Explotamos estaño en la unidad minera San Rafael, y oro en Pucamarca. Controlamos el proceso y añadimos valor a nuestros productos, tratando los minerales en la Planta de Fundición y Refinería de Pisco, donde alcanzan un altísimo grado de pureza. Finalmente, nuestros metales se venden y cotizan en el mercado local y global.

Compartimos el uso de valiosos recursos naturales con las comunidades, por lo que el éxito de nuestras operaciones está íntimamente vinculado con el desarrollo integral de las personas.

Contribuimos con el Estado en su esfuerzo por mejorar las condiciones de vida de las comunidades y crear verdaderas oportunidades para cambiar una economía de subsistencia por desarrollo sostenible, que inserte a las generaciones futuras en la economía nacional.





Nuestro sistema integral de gestión promueve la mejora continua de estándares y procesos, contamos con las certificaciones ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001 es su compromiso y responsabilidad. Siempre cumpliendo sus estándares de seguridad, medio ambiente y calidad los vigentes que se tiene en la unidad.

### **2.3 ESTAÑO EN EL PERU Y DEL MUNDO**

Los más principales de los países productores de estaño en el Perú y del mundo son Perú, Brasil, China, Bolivia y Indonesia. Actualmente Perú prevé convertirse en el segundo productor los últimos años mundial de estaño, después de Indonesia, cuando Minsur aumente su producción en 25% a unas 50.000 toneladas refinadas.

Minsur es la única empresa productora de estaño en el Perú y primera de América segundo de Brasil y Bolivia, tercero del mundo después de China e Indonesia.

### **2.4 MINERALOGIA DE ESTAÑO**

El estaño tiene su origen etimológico en las lenguas derivado de latín stannum, se conoce que los hombres tienen la procedencia de la sustancia donde se aprecia que los hombres han comenzado a utilizar el estaño en sus comienzos de la edad de bronce en los años 3000 a.c. aproximadamente.

### **2.5 OBTENCIÓN Y APLICACIÓN**

En este caso el estaño se logra principalmente a partir de la casiterita de óxido de estaño también es principal mena de este mineral. En donde se presenta como óxido y también se encuentra en cobre.

Su aleación con otros metales tenemos como por ejemplo el plomo (estaño blando)



hacia fontanería y automóviles, con bronce ferroso, latón ligero, latón industrial, latón de alta resistencia, bronce de manganeso.

## 2.6 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- Nombre, símbolo, numero: Estaño (stannum), Sn, 50
- Grupo, periodo, bloque: 14, 5, p.
- Masa atómica: 118,7100
- Densidad: 7310 kg/m<sup>3</sup>
- Apariencia: Gris Plataedo bri llante metálico
- Configuración electrónica: [Kr] 4d<sup>10</sup>s<sup>2</sup>p<sup>2</sup>
- Radio atómica: 145 pm
- Estado ordinario: Solido
- Punto de fusión: 505,08 K
- Punto de ebullición: 2875 K

## 2.7 CONCENTRACION GRAVIMETRICA

Los métodos de concentración gravimétrica es la operación más limpia en el procesamiento de minerales que llega a una separación de dos a más minerales de diferente peso específico, debido al movimiento relativo en un medio acuoso o en el aire como respuesta de las densidades, utilizando la fuerza de gravedad, recientemente las tecnologías modernas que se está aprovechando hoy en día y las fuerzas centrífugas, para una separación limpia de los minerales.

Los procesos de una separación genera dos a más productos del concentrado por sus pesos específicos, se lleva a cabo de un origen de movimientos horizontales o movimientos verticales en donde llega la separando el material pesado involucrando las



suspensiones de las partículas con fluido de mucha agua se va seleccionando los minerales valiosos por su peso específicos en el proceso de minerales en la concentración gravimétrica es la más adecuado para la minería limpia porque no se llega a usar reactivos en ningún tipo de proceso gravimétrico, es más usado el agua fresca pero más es el agua de proceso donde se recircula el agua después de su clasificación es el proceso de minerales, se usan en los equipos de concentración gravimétricos como: mesas vibratorias, espirales, jigs, Hidrociclón y falcón, son concentradores limpios en la actualidad con consumo de aguas para su actividad en la minería del mundo es un proceso limpia.

Según Ávila Prada (2017) Concentración gravimétrica se realiza después de extraer el mineral valioso de mina, en un proceso de separación de dos a más especies en solido – liquido de sus diferentes pesos específicos que se presenta el dicho mineral es decir donde la concentración gravimétrica involucra la suspensión de las arenas en un fluido de agua y con la separación de las mismas alianza de su pesos específicos es a un base de movimientos horizontales o como también en verticales donde se separando el material pesado, en este proceso es muy excelente para la industria minera en nuestro país.

Carrión y Lupercio, (1994), La concentración por gravedad en la finalidad de la operación, son concentraciones o segregaciones de muchas partículas de una mineral en una fracción relativamente pequeña de la cantidad total de la mezcla tratada durante el proceso.

Según concha (2007) concentración gravimétrica es el apartamiento de dos a más géneros de minerales valiosos de diferente peso específico, de acuerdo al movimiento relativo con agua o también con el aire como respuesta de los sólidos a las fuerzas

gravitacionales en constantes arrastre y mediante los empujes.

**Tabla 1**

*Diferentes tamaños de equipo de separación.*

N°	EQUIPOS	TAMAÑO DE PARTICULAS
1	JIGS	0.08mm – 100mm
2	MESAS VIBRATORIAS	0.02mm – 2mm
3	JIGS NEUMATICO	0.1mm – 25mm
4	MESAS DE AIRE	0.25mm – 6mm
5	CENTRIFUGAS	0.01mm – 12mm
6	ESPIRALES	0.05mm – 2mm

*Fuente: Concha (2007). Por sus diferentes tamaños de equipos de separación por gravedad.*

Según Diego Armando & Jorge Alberto (2017) Este proceso es tal vez la más antigua son formas de concentración de minerales en el mundo, es decir donde se separa la porción útil en el concentrado de la porción inútil o llamado también ganga. Las concentraciones gravimétricas son basadas en las separaciones de arenas de diferente género, tamaño y por su peso específico a los medios de la potencia de gravedad.

Según Carrasco (2018) Concentración gravimétrica es la operación donde podemos separar minerales pesados de otros menos pesados donde nos ayuda sus gravedades específicas, con cantidad de agua teniendo en cuenta su presión y el flujo.

## 2.8 METODOS POR GRAVIMETRICOS

Tenemos técnicas de concentración gravimétrico que son clasificados en dos tipos:

### 2.8.1 Técnicas de concentración en medios densos

En este tipo las concentraciones gravimétricas en el cual se producen la separación con su propia densidad de intermedia al respecto a los pesos específicos de los minerales que se proyectan separar de uno a más minerales.

Tenemos dos tipos de separación de tipo método: por separación estática y por separación dinámica.

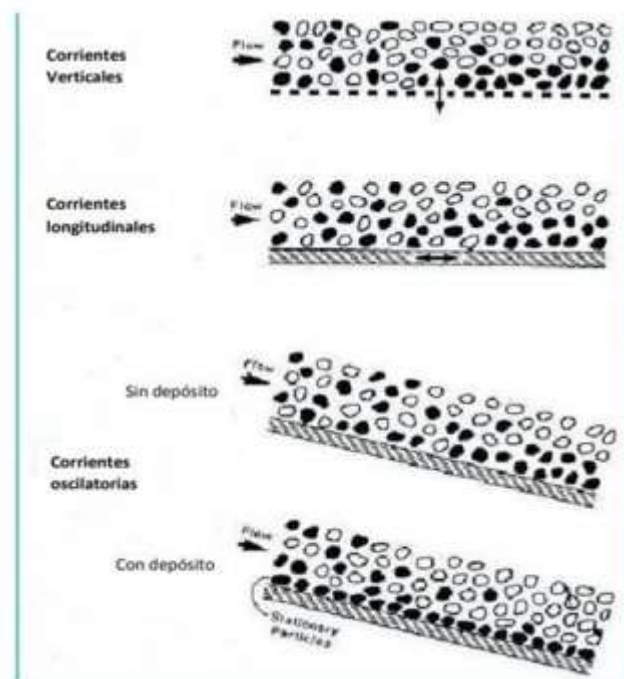
### 2.8.2 Métodos de concentración en corrientes:

En este tipo de concentración de gravimétrica se considera más las densidades demedios es inferior a aquellos de género que requieren apartar.

Están muchos tipos de apartamiento en corriente: corriente vertical, corrientes de longitudinales, corriente oscilatorias y corriente centrifuga. De concentración en corriente verticales otorga características propias a los efectos en el proceso donde el apartamiento más importante, y se utilizan al concentrador Jigs como principal equipo del concentrador gravimétrico en la recuperación de estaño.

#### Figura 1

*Características de los métodos de separación por corriente*



*Fuente: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2012)*

## 2.9 EQUIPOS DEL CONCENTRADOR GRAVIMETRICO

### 2.9.1 *Concentrador de mesas vibratorias*

El concentrador de mesa vibratoria se ha usado hace varios años. Es considerada de modo general es el equipo más eficiente para el proceso de minerales en granulometría fina, la mesa vibratoria es un equipo muy utilizado en limpieza de concentrado primario y secundario de menas de oro libre y también menas aluviales. (Rivera, 2017).

Las mesas vibratorias son equipos de concentración gravimétrico que actúan a través superficies con movimientos muy apresurados asimétricos en mezclado muchas veces con el principio de deslizamiento laminar. (Rivera, 2017).

### 2.9.2 **Concentradores espirales**

Según (Carvajal & Chávez, 2015) son los primeros tipo concentrador espirales Humphrey se introdujo durante el año 1945, desde el principio se a mantenido hasta la actualidad, pero con un avance muy importante en cuanto a susgrandiosos resultados en la concentración de minerales por su diseño y técnica de fabricación. Mientras sus materiales han avanzado a partir de madera y hierro fundido hasta el poliéster reforzado en fibra de vidrio.

### 2.9.3 **Concentrador centrífugo KNELSON**

Según (Trujillo & Trujillo 2020) El concentrador knelson en las décadas de 80 surgieron una serie de equipamiento para el beneficio de minerales que utilizan la fuerza centrífuga para verificar la separación de los minerales valiosa son más acreditado como concentrador Knelson en poco tiempo logro su



aceptación en la industria minera en el año 1998 había más 2500 concentradores Knelson maniobrando en recuperación del mineral valioso en el mundo.

#### 2.9.4 **concentrador falcon**

El concentrador falcón, es similar al concentrador Knelson es de raíz canadiense, estos equipos muestran diferencia en trato al Knelson especialmente en cuenta a la velocidad de vueltas. El concentrador falcón esta del bolo cilíndrico – cónico que da vuelta a una alta velocidad al interior de una camisa fija su función de colector los relaves. La pulpa es alimentada del fondo de cono es muy rápido y se va estratificando al orden que escala en el mecanismo. Las arenas serán sometidas a 200 gramos ò 300 gramos con el proceso de la concentración gravimétrica en bolo que se ejecutará de convenio de un procedimiento desigual, en la forma discontinua o continua. En el concentrador se maneja en la separación de gran número de materiales, de minerales de carbón, hierro, tantalio, hierro, plata, sulfuro, metales nativos como oro, níquel, cobre, zinc, estaño, etc.

#### 2.9.5 **JIGS Mecanico**

Según Fuentes Hanco (2018) En la actualidad existen muchos tipos de concentrador jigs mecánicos, en la planta concentradora de la unidad minera San Rafael se utiliza los concentradores jigs bendelari triplex que cuenta con tres cámaras. Celdas A, B y C. El mecanismo es una biela con chumaceras excéntricas que impulsan al diafragma es operado por un motor eléctrico con la sincronización de impulso es alternativa con una carrera variable dependiendo de la carga que se alimenta para lograr la calidad y la recuperación requerida en el proceso de minerales.

### 2.9.6 Concentrador JIGS

Es un equipo como un recipiente de rectangular abierto en la parte superior, que se alimenta con los minerales de mezcla de partículas de diferentes pesos específico, donde se forma un lecho sobre una malla el cual por medio de pulsos de agua o aire se expande y compacta cíclicamente, con el fin de que las partículas de mayor gravedad especifican viaje hasta el fondo del lecho, mientras las partículas de menor gravedad especifican, se salen en el tope por un drenaje también llamado al relave.

Por otro lado, Fuentes (2018) El concentrador Jigs es un equipo que permite lograr excelentes resultados cuando se tratan menas de un estrecho categoría granulométrico.

Este aparato se emplea a menas de granulometría entre 5 pulgadas y 1mm de minerales, logar rendimiento superior en las divisiones granulométricas con el proceso de desvío en el concentrador Jigs es posiblemente es el método más complejo en la concentración gravimétrica por origen de sus permanentes variaciones hidrodinámicas. En los procesos de desvío los minerales valiosos de densidades a diferentes son ejecutada en un lecho dilatada por sus pulsante de agua, originando la clasificación de los minerales.

Por lo tanto, se puede decir que, el concentrador Jigs es un equipo que sedimenta hasta el fondo del lecho entonces la otra parte mientras las partículas de menos gravedad específicos se arrastran al tope del drenaje.

Se presenta el esquema básico del concentrador jigs

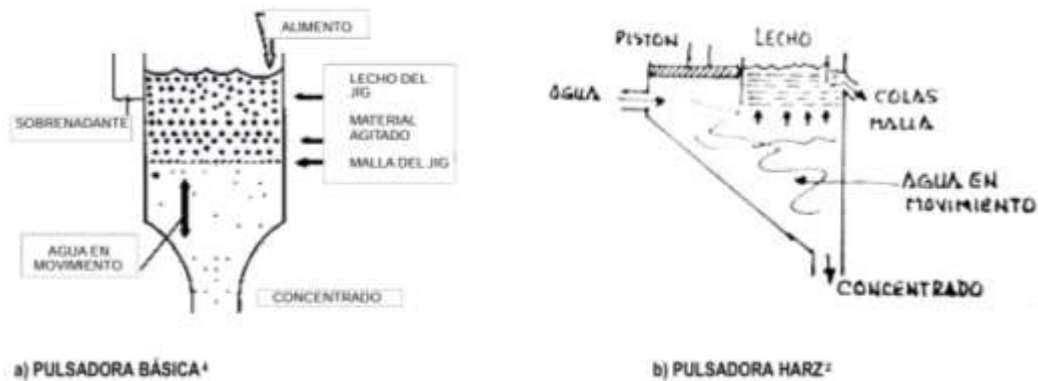
- Una malla para soporte del lecho artificial.



- Un tanque que contiene el líquido bajo la malla
- Un medio para crear movimiento entre el líquido y el lecho.
- Un sistema para la modulación del pulsado del jigs en forma de onda.
- Un sistema de regulación del flujo de agua.
- Un sistema de alimentación del mineral.
- Un sistema de remoción de productos, encima de la malla y el hutch.

**Figura 2**

*Movimientos de las partículas.*



*Fuente: La figura muestra en Santiago Cali en el año 2007.*

**Tabla 2**

*Medidas de pulsación y carreras del concentrador jigs.*

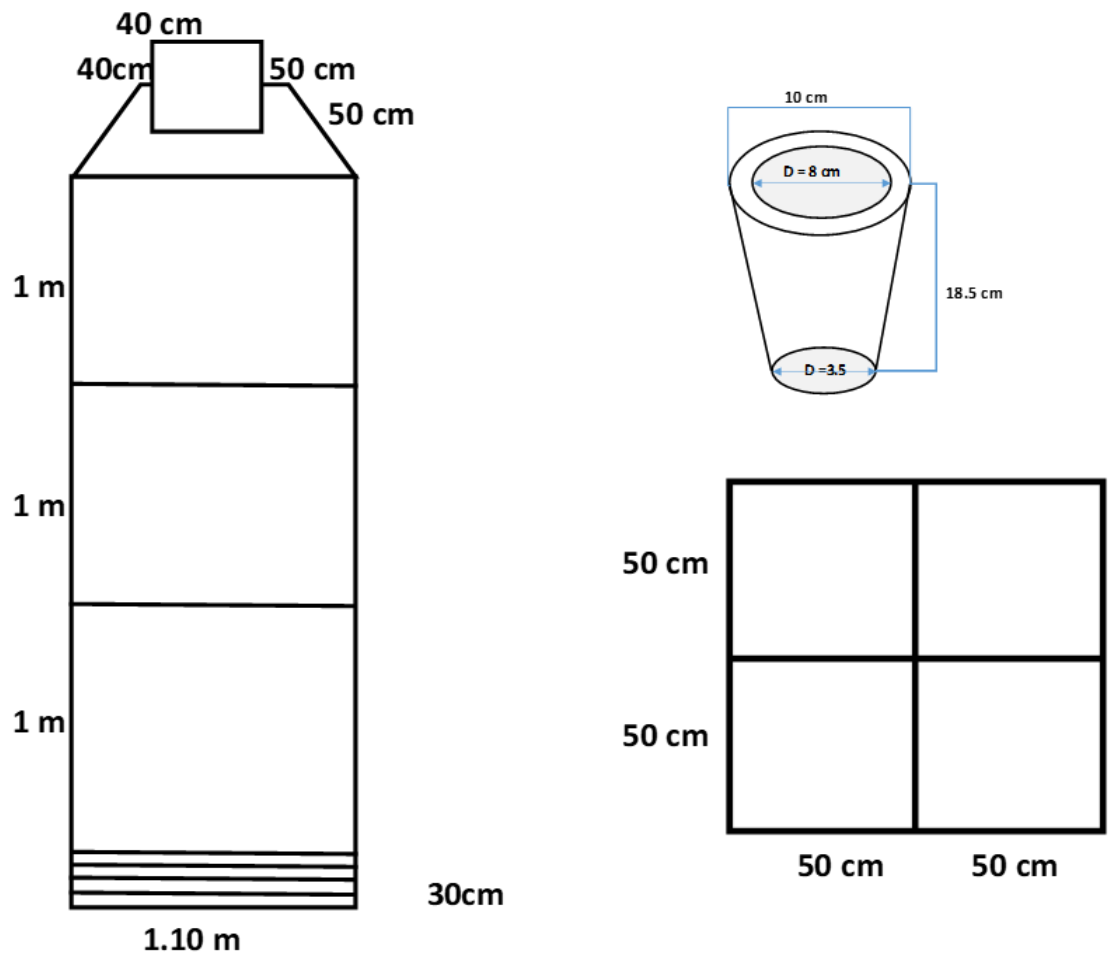
FECHA: 27 - 02 - 2023	N° Pulsos X min. /Rpn	CARRERA EN: mm			
		CELDA - ]	CELDA - ]	CELDA - C	
JIGS	6	182	11	12.5	10
	7	182	10	12.5	12
	8	162	10	11	11

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 3**

*Medidas del equipo concentrador jigs.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 2.9.6.1 Parámetros

- Densidad 1700 – 1850 g/l.
- Altura de cama y reticulado, 2” – 3”.
- Flujo de agua
- Granulometría del mineral 0.25 – 4 mm
- Carrera actual de trabajo (celda (A ½, B ½, y C3/8))



- Carrera de biela excéntrica que se puede regular  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{5}{8}$ .

### 2.9.6.2 Ventajas

- Alta recuperación
- Alta capacidad de tratamiento
- Permite obtener la ley de concentrado que se requiere.

### 2.9.6.3 Desventajas

- Gran consumo de agua.
- Consumo de energía.
- Alto costo de mantenimiento.

**Tabla 3**

*Análisis granulométrico de la cama del concentrador jigs*

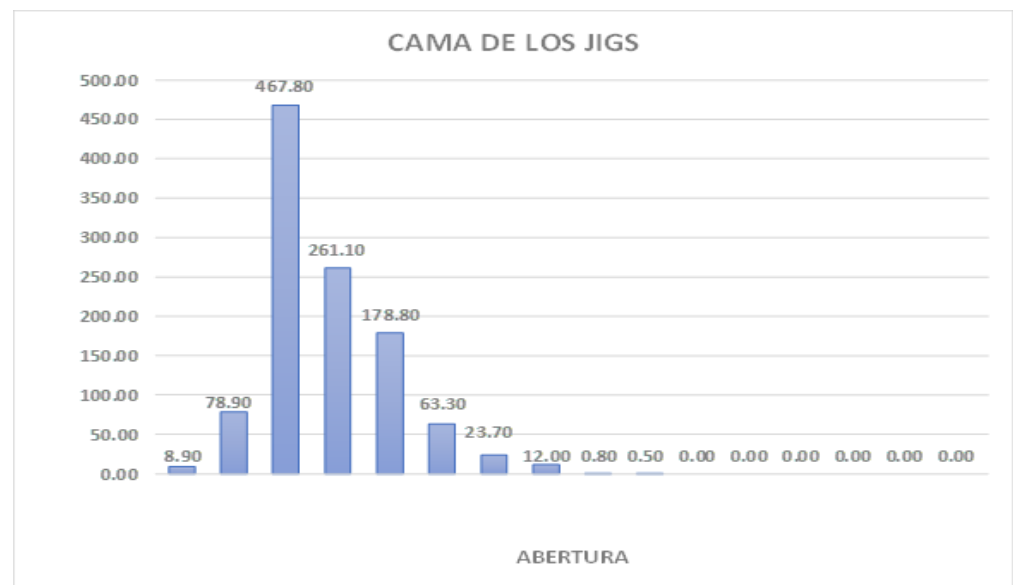
N.º Malla	Abertura ( $\mu$ )	Peso (g)	% Retenido Parcial	% Acumulado Pasante
1/2"	127000	8.90	0.81	99.19
3/8"	9525	78.90	7.20	91.99
1/4"	6350	467.80	42.67	49.32
4	4750	261.10	23.82	25.50
6	3350	178.80	16.31	9.19
8	2360	63.30	5.77	3.42
12	1700	23.70	2.16	1.26
18	1000	12.00	1.09	0.16
20	850	0.80	0.07	0.09
30	600	0.50	0.05	0.05
40	425	0.20	0.02	0.03
50	300	0.10	0.01	0.02
70	212	0.10	0.01	0.01
100	150	0.10	0.01	0.00
140	106	0.00	0.00	0.00
200	75	0.00	0.00	0.00
270	53	0.00	0.00	0.00
325	44	0.00	0.00	0.00

N.º Malla	Abertura ( $\mu$ )	Peso (g)	% Retenido Parcial	% Acumulado Pasante
400	38	0.00	0.00	0.00
-400	<38	0.00	0.00	0.00
		<b>1096.3</b>	<b>100.00</b>	

Fuente: Elaboración propia.

#### Figura 4

Figura de la cama del concentrador jigs.

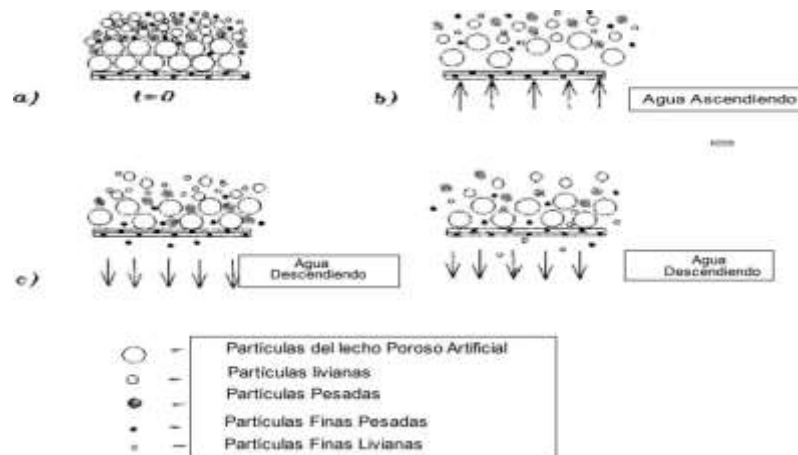


Fuente: Elaboración propia de la distribución de granulométrico de la cama del concentrador jigs.

Principios de separación: **Se genera desde que el material ingresa al concentrador jigs como una mezcla de granos livianos y pesados, donde las partículas entran formando capas, donde el pulso de agua sube, el fluido realiza un trabajo para elevar la leche y difundirlo y después el agua baja, donde origina las succiones del lecho, luego las arenas descienden y también la lecho se compacta.**

**Figura 5**

*Movimientos de las partículas.*

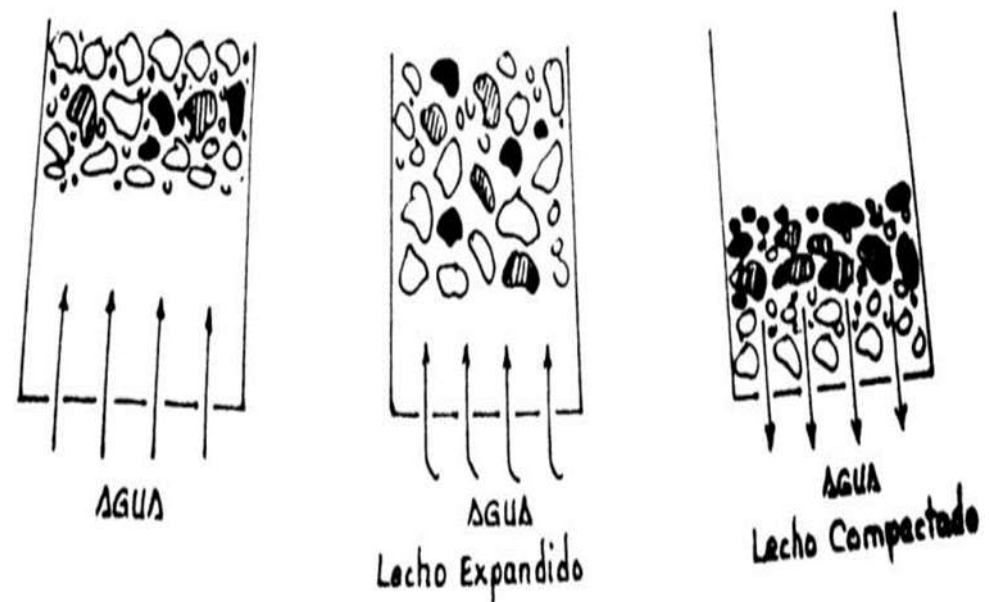


*Fuente: La figura muestra en Santiago Cali en el año 2007. fuente: Concha 2007, a) Movimiento inicial; b) Máxima expansión del lecho; c) El viejo concepto del proceso del jigs; d) El nuevo concepto del proceso de JIGS.*

Los mecanismos de concentración en concentrador JIGS.

**Figura 6.**

*Los mecanismos de concentración en el concentrador jigs.*



*Fuente: La figura muestra en Santiago Cali en el año 2007. fuente: Concha 2007.*



## **Variables importantes del concentrador jigs:**

### **1. Ciclo de jigs.**

El ciclo está compuesto por un pulso de subida y bajada; también llamados etapas de expansión y de la succión del lecho, las cuales se caracterizan por una amplitud o desplazamiento máximo que se desarrolla en un movimiento del lecho y una frecuencia o número de veces que se efectúa un ciclo completo por unidad de tiempo.

El ciclo como mínimo debe durar 0.2 segundos.

### **2. Amplitud del presión y frecuencia del pulso.**

Son dos parámetros que están interrelacionados. Para distribuciones granulométricos estrechas y relativamente gruesas y con una alta proporción de pesados de amplitud debe ser grande (de 40mm a 60 mm) y para distribuciones amplias y relativamente finas (de 100 $\mu$ m a 500 $\mu$ m) la amplitud requerida es pequeña (de 3mm a 02mm) con ciclos cortos (alta frecuencia, aproximadamente de 150rpm a 400rpm).

### **3. Lecho artificial del poroso.**

Se usa para mejorar las condiciones de separación, según sea el tipo del concentrador jigs, algunos no necesitan lecho. La densidad de las partículas se forman el lecho debe ser intermedia a los sólidos que se desea separar los minerales.

### **4. Características de los sólidos.**

Se debe tener en cuenta la distribución de tamaño en el alimento y



el flujo de sólidos en el alimento.

### **5. Dilución de la pulpa de alimento.**

Generalmente esta entre un 30% a 70% de sólidos en peso, es decir 30kg a 70 kg. De mineral por 70 L a 30 L de agua.

### **6. Agua de caja (hutch).**

Debe ser lo más clara posible con un nivel máximo de sólidos en suspensión de 5 gramos por litro de agua. Un valor promedio oscila alrededor de 5.6 L de agua/kg. De mena, se usa para mantener el lecho dilatado por un tiempo más largo y evitar una obstrucción muy alta a partículas gruesas de mineral denso. Se puede presentar pérdidas de finos densos, ya que la energía del pulso de ascenso aumenta y se reduce la etapa de escurrimiento intersticial.

## **2.10 TONELAJE:**

Según Salas (2016) Se investigó posibilidad técnica de la economía de aumentar el tonelaje desde 3000 TMD llegar hasta el tonelaje 4200 – 4500 TMD sin modificar la infraestructura con la misma producción metalúrgica. También se realizó método de acción para solucionar las dificultades y lograr el tonelaje deseado.

Según Escalante (2018) La investigación es mejor la producción de la mina aumentando el tonelaje de producción de mineral diaria de 1200 TMD a 2000 TMD, para lo cual se está considerando la migración del método de explotación tajo y relleno al método sub Level Open Stopping y Bench & Fill, que es un método de explotación masivo y de bajo costo.





Según Vegas (2019) la investigación durante el desarrollo de esta investigación se buscó emplear la mejora de método en una empresa minera para dominio de incrementar la producción.

## 2.11 % SÓLIDOS

### 2.11.1 Sólidos Suspendidos

Según Vargas (2004), citado por Quispe (2021), definen los sólidos suspendidos se localizan presente de cualquier muestra de las aguas residuales, por lo tanto, se supone a las arenas donde se localizan paralizadas con un diámetro grande a un micrómetro de iguales son retenidos a un uso de la tela de filtración.

**Característica de sólido:** Donde se debe poseer a cuenta de la distribución de los tamaños en la alimentación de minerales, el flujo de sólidos en el alimento se logra agitar entre 17.0 y 25 ton-m<sup>2</sup>/h. Según Concha (2007).

## 2.12 GRANULOMÉTRICO D80 (µm)

Según Gabriel y Lobos (2010) mencionan que la D80 es una de posición de los suelos que están relacionadas con su reacción, donde posee buena atribución en la ventilación, conservación y los movimientos del agua.

Por otro lado, Choquehuayta (2022) y Carbotencia (2021) dan su punto de vista:

La distribución de tamaño de las partículas de mineral ya sean como arenas, gravas, carbón activado, antracita, zeolita y una extensa gama de otros medios granulares.



## 2.13 PROCESOS PRINCIPALES DEL PLANTA CONCENTRADORA

– **Chancado:**

- Primario
- Secundario
- Terciario

– **Molienda:**

- Primaria
- Secundaria
- Terciaria
- Pre – concentrados

– **Concentración Gravimétrica:**

- Jigs Gekkos
- Jigs bendelari
- Espirales
- Mesas
- Filtrado de Concentrado Gravimétrico

– **Concentración por flotación:**

- Deslame
- Flotación a sulfuros
- Flotación Rougher-Scavenger
- Limpieza MGS por flotación
- A Flotación ultra fina
- Filtrado a concentrado por flotación



– **Manejo de relaves y Tratamientos de aguas**

- Maniobra de relaves

**2.13.1 Cancha de mineral**

Cancha N° 01 es el lugar donde se deposita el mineral de los puntos de interior mina y la planta pre - concentradora ore sorting para poder alimentar a la planta concentradora y procesar, tiene un área aproximada de 1000 m<sup>2</sup> con las leyes de alta, media y baja luego alimentarlo a la planta concentradora con un cargador frontal.

**2.13.2 Cargador frontal**

Es un equipo que alimenta adecuadamente el mineral a la tolva de gruesos mediante el operador del cargador frontal, bajo los parámetros establecidos de ley de cabeza del mineral.

**2.13.3 Rompe Bancos Atlas Copco #1**

El rompe bancos Atlas Copco # 1, es para realizar un óptimo trabajo en fragmentación de bancos o también se le llama reducción de tamaño del mineral.

**2.13.4 Chancadora primaria**

Es el área que está encargada de la reducción primaria del mineral proveniente de la cancha N°1 (pre concentrado y mina), para luego ser alimentado a una tolva de gruesos de 150 TM aproximado, utilizando chancadora de quijadas de 24" x 36" A/B reduciendo el mineral de 18" a 4½". Para las rocas grandes dimensiones >18" se cuenta con un rompe bancos Este proceso de chancado se realiza en dos líneas independientes cuyo producto es transportado por medio de



fajas, su principal función de esta etapa de chancado primario es reducir el tamaño del mineral.

El producto obtenido de esta etapa es almacenado a un grupo de tolvas intermedios que tiene una capacidad de 2 500 TMH

#### **2.13.5 Chancadora secundaria**

Es el área donde se encarga de reducción secundario del tamaño de mineral. Después del chancado primario, luego el mineral es transportado por una faja hacia una zaranda “5’x14’ Allis Chalmer”. El mineral retenido de la zaranda es alimentado a una Chancadora Cónica “Sandvick CH-440” y donde los finos conjuntamente con el producto de chancado terciario es almacenado en las tolvas del mineral fino con una capacidad de 2500TMH aproximadamente.

#### **2.13.6 Chancadora terciaria**

Es el área que se encarga de la reducción terciaria en el tamaño del mineral. Luego del Chancado Secundario, el mineral es transportado mediante fajas desde la tolva de paso hacia dos zarandas: “7’x18” Simplicity” y “5’x14” Allis Chalmer”, el material grueso es alimentado a una Chancadora Cónica “HP- 500”y el fino conjuntamente con el fino de chancado secundario es transportado a la tolva de finos.

El producto fino de la etapa de chancado se encuentra en el orden de 94 % de -3/8”.

#### **2.13.7 Concentración Jigs Bendelari**

Del producto obtenido de sección chancado, es transportado por medio de



3 fajas transportadoras hacia tres Jigs finos, el pre concentrado de los Jigs es clasificado en una zaranda de 3' x 9', el grueso de las zarandas over size de estas alimenta al molino de barras 9.5' x 13' (molienda primaria), luego es alimentado a cuatro Jigs gruesos.

#### **2.13.8 Molienda primaria**

Es la etapa del proceso de los minerales gruesos (relave) proveniente de la zaranda vibratoria del circuito Jigs Gekko donde es alimentado al Molino de barras 9 1/2' x 13', realizando a una disminución de tamaño a menor de -3/8 pulgadas para lograr unproducto de malla -200 entre (15 -18) %

Luego la descarga del molino es bombeada a un sistema de clasificación de los tamaños (Helicoidal), en donde el mineral fino es enviado al siguiente proceso de Concentración en los Espirales. Los gruesos son enviados a la etapa de concentración jigs Bendelari de gruesos, luego se obtiene pre concentrado,el relave es enviado a los dos molinos de bolas A y B para su molienda.

#### **2.13.9 Espirales**

Son clasificados en los hidrociclones de Cavex 400 y clasificadores de helicoidales, y los gruesos de clasificadores que alimentan al molino de barras 9.1/2' x 13', luego los finos pasan por una etapa de concentración de espirales MG 2, obteniéndose los pre concentrado.

#### **2.13.10 Molienda secundaria**

El producto de los molinos 8 X 8 A/B, donde alimentarán a las zarandas Stack Sizerde alta frecuencia luego generándose una carga circulante en etapa.



Los productos de esta primera clasificación de las moliendas secundaria (-0.43 mm.), a una previa clasificación en los hidrociclones de 15", se alimenta a un grupo de 10 espirales MG2, con el objeto de lograr un pre concentrado. De los relaves y mixtos, conjuntamente del producto de la carga circulante, son alimentados nuevamente a las etapas de clasificación en hidrociclones de 15" y 10".

#### **2.13.11 Molienda terciaria**

Las arenas gruesas de hidrociclones 5" y 10", alimentan a los molinos de bolas 7'x 12', 7'x 8', 5'x 10' y vertical. Donde las descargas de los molinos 7' x 12' y 7'x 8', donde alimentan a 40 espirales MG-2, luego la descarga del molino 5'x 10', también alimenta a 06 espirales MG-2 y la descarga del molino vertical es alimentado a las 20 espirales MG-2; de todo los espirales, se logra pre concentrados y son limpiados en nueva batería de 14 espirales MG-2 y un grupo de mesas vibratorias.

En este proceso no se utilizan los reactivos, el elemento principal es el agua para la concentración, donde es el consumo relativamente alto de agua, en el proceso de concentración gravimétrica.

#### **2.13.12 Concentración en mesas espirales 1-2**

El Under Sizer de la zaranda Stack Sizer con 0.5mm, es transportado hacia la etapa de concentración en espirales donde se obtiene un pre concentrado, los intermedios son transportados hacia la zaranda multideck, el mineral pasante es transportado al circuito de las mesas concentradoras y los relaves son transportados a a la etapa de molienda terciaria. La concentración de mesas, espirales 2 son 16 mesas Hollman terciarias, 36 mesas deister terciarias, 20 espirales MGS Rougher



“D”, 10 espirales mg2 limpieza “D” y 40 espirales MG- 2.

### **2.13.13 Molienda de concentrados**

Los minerales de pre concentrado Jigs, espirales, mesas terciarias y también espirales terciarias son enviado mediante el bombeo a clasificación (Helicoidal). Luego es almacenado a la tolva de concentrados luego es alimentado al molino 5' x 6', la descarga del molino es enviado a un sistema de clasificación (zaranda Stack Sizer) con una granulometría de 85% (-0.43 mm), luego el mineral grueso es transportado a la tolva de concentrados.

### **2.13.14 Flotación de sulfuros (inversa)**

Luego el mineral pasante de la zaranda Stack Sizer (-0.43mm), donde es enviado a la etapa de Limpieza de Sulfuros, a 05 celdas OK-5 donde se realizara la flotación inversa, con el objeto de eliminar los sulfuros contaminantes, utilizándose Xantato Z-11, Dowfroth 250 y ácido sulfúrico, como reactivos principales.

### **2.13.15 La Limpieza del concentrado**

La limpieza de concentrados después de ser flotados inversamente, son llevados al circuito nuevamente a re-limpieza a un concentrador Jig dúplex, a dos espirales MG-2, alimenta al Molino 4'x4', a las Mesas concentradoras y Zaranda Stack Sizer. Elevando a una calidad del concentrado a las leyes superiores 57.00 % Sn.

### **2.13.16 Ultra fino**

En donde la descarga del espesador 70' es alimentado a la etapa de



Rougher “RCS” (circuito de ultrafinos). Los concentrados de las celdas “RCS” es alimentado a la etapa de cleaner “son Celdas Columna” para promover un concentrado de estaño. Los aire son inyectados de la parte inferior de celdas columna para producir unas burbujas finas. El “colchón” denso de la espuma se forma en la parte superior de las celdas columna y luego un lavado con agua ayuda a eliminar las gangas remanentes, obteniendo un concentrado en la etapa de Ultrafinos, a una ley de aproximada 30 % de estaño.

Luego los relaves de celdas RCS son enviados a una etapa Scavenger realizada en 3 bancos de celdas SP–18 A, B, C. para recuperar y enriquecer de los minerales de remanentes valiosos

Los relaves de etapa Scavenger son recirculado a un circuito de flotación.

#### **2.13.17 Filtrado de concentrado gravimétrica**

Los concentrados gravimétricos el rebose es enviado al Espesador Denver 40’ Ø y el grueso es enviado a un filtro Delkor, el concentrado es filtrado con una humedad Aprox. 5.0% luego es transportado por fajas hacia la tolva de despacho. Luego es almacenado en sacos de Big bag de 1200 - 1500 kg.

#### **2.13.18 Concentración por flotación**

En Flotación de Casiterita se empieza desde el Espesador 120’ en el cual las partículas ingresan el Espesador es para precipitar a los sólidos, aumenta la densidad la pulpa y se recupera el agua del circuito de concentración de gravimetría.

La descarga del Espesador 120’ donde se controla los parámetros:

Donde los relaves clasificados del contorno gravimétrico en su dimensión





aproximado de 85% -74 micrones, han sido alimentados a un Espesador de 120' Ø. Toda esta pasa una la etapa de deslame, mediante los hidrociclones de 4", 60mm., y 134" Ø. La carga de U/F de ciclones pasa al proceso de la flotación y el O/F de ciclones 1 34" Ø de los ciclones es enviado 40 % al relave y un 70% al Espesador 80' Ø.

#### **2.13.19 Deslame**

A partir de los relaves clasificados del contorno gravimétrico en su dimensión de 70%-80% - 74 micrones, ha sido alimentados a un espesador de 120', para luego ser deslamado en hidrociclones de 4", 60 mm Ø y 1 3/4".

#### **2.13.20 Sulfuros casiterita**

Desde Underflow de los hidrociclones, se alimentan al acondicionador de 06 celdas Dr-300, y también 06 celdas Dr-180, con el propósito de flotar el sulfuro; donde se utiliza los reactivos son Xantato Z- 11, MIBC, ácido sulfúrico; luego la espuma es alimentada al Espesador de 80' es relave final.

#### **2.13.21 Flotación sulfuros casiterita**

El producto no flotado, es el material que contiene la casiterita ( $\text{SnO}_2$ ), el cual se flota en circuito: de Rougher celda OK-30, los Scavenger son 15 celdas Dr-500, reactivos para la flotación de la Casiterita son: AP-845 son colectores de espumante y ácido sulfúrico regulador de pH.

La flotación Casiterita en una flotación directa donde consta de las siguientes etapas:



### 2.13.22 Limpieza por flotación

Las espumas de las celdas Rougher son llevadas a las celdas. Cleaner que se conforma de 15 celdas Dr-300; las espumas de Cleaner son enviados a un nido de hidrociclones de 1 3/4" donde el underflow alimenta a los concentradores MGS.

### 2.13.23 Limpieza MGS

Los concentrados de esta celda de flotación en la segunda limpieza son bombeados a concentración MGS. También los MGS son equipos de concentración multigravimétricos, al unirse a la pulpa de mineral son sometida a amplias fuerzas centrifugas, aprovechando a su mayor diferencia de su peso específico se logrará su separación del mineral valioso del relave, se obtiene concentrado final de flotación con una ley de aproximada 38% estaño.

### 2.13.24 Filtrado

Los filtrados son procesos de separar solido de líquido, utilizando los medios de filtrante que lo suspende el sólido, pero deja pasar los líquidos. Para una separación sea posible que exista una diferencia de presión entre la cara anterior del medio filtrante, donde se alimenta la pulpa, y la cara posterior, lo que se consigue aplicando vacío o presión.

### 2.13.25 Manejo de relaves

Los relaves derivados, representan el 95%, representa el peso total de la alimentación de planta concentradora, y son almacenados con mucha seguridad en todo tiempo en el futuro. El relave inicialmente espesado en un espesador 80' de diámetro, de gran capacidad para recuperar aproximadamente el 45% del agua contenida para ser enviada al almacenamiento de relaves (Bofedal IV). Los sólidos



espesados remanentes con una densidad del 50-55%, Una parte es bombeada a la Planta de relleno en pasta (PRELL), la fracción restante es enviada a las instalaciones de almacenamiento de relaves (Bofedal IV)

Es transportada en una canaleta o tubería, esta canaleta está dispuesta con un ligado pendiente y fluye por gravedad a presión atmosférica.

La fracción de arena más gruesa es separada y enviada al muro. La pulpa fina es alimentada a la zona intermedia de la relavará, donde ellas forman una “playa” con aproximadamente 0.5% de pendiente. Así mismo también es enviado al relave los relaves de la planta concentradora B-2.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE ESTUDIO

##### 3.1.1 Ubicación

La unidad mina San Rafael es propiedad de la Empresa minera MINSUR S.A. Se encuentra ubicado en el Departamento de Puno, Provincia de Melgar, distrito de Antauta a una altitud entre los 4500 y 5200 m.s.n.m.

Siendo las coordenadas:

- Longitud  $70^{\circ} 19'$ .
- Latitud  $14^{\circ} 13'$ , y donde las coordenadas geográficas UTM 357, 730 E y  $8^{\circ} 426570$  N.

**La accesibilidad:** La unidad mina San Rafael es de dos maneras para llegar vía terrestre desde la ciudad Juliaca y vía aérea desde la ciudad de Lima - Perú.

**Vía terrestre:** la ruta que parte de Juliaca es la siguiente:

- Juliaca – Azángaro – San Antón – Antauta – San Rafael.
- Juliaca – Pucara – Asillo – San Antón – Antauta – San Rafael.

**Vía aérea:** Lo importante para esta vía la empresa minera San Rafael cuenta con un campo de aterrizaje de avioneta propia.

- Lima – Antauta – San Rafael.
- Juliaca – Antauta – San Rafael.

## Figura 7

*Ubicación de San Rafael.*



### 3.2 POBLACION

La población está conformada por 3000 TMSD de mineral de estaño juntamente con los equipos de concentrador jigs en la operación planta concentradora en la unidad minera San- Rafael.

### 3.3 MUESTRA

Es una fracción de una cantidad de mineral obtenida para que sea representativo y proporcione un resultado optimo en las actividades del concentrador jigs de la unidad minera San Rafael.

### 3.4 METODOLOGIA

El presente estudio se realizó por el método de pruebas experimentales en la unidad minera San Rafael, durante los meses octubre, noviembre y diciembre del año 2023 en la operación planta concentradora unidad minera San Rafael.



### 3.4.1 El Nivel de investigación

Los niveles de investigación son muy aplicativos, el propósito es aplicar el resultado de las pruebas experimentales en tonelaje alimentada del mineral y las leyes de mineral alimentada, óptima para aumentar la recuperación del estaño en los concentradores jigs, este tipo de equipos es muy importante en la concentración gravimétrica.

### 3.4.2 Tipos de investigación

En el presente estudio de investigación es a tipo experimental por que se realizó pruebas experimentales variando la alimentación del tonelaje y las leyes de cabeza por el método mecánico de la alimentación al concentrador jigs.

**Experimentación:** En donde se logra a realizar pruebas experimentales variando el tonelaje alimentado del mineral y la ley de cabeza del mineral antes de alimentar al concentrador jigs.

**Aplicada:** Con los resultados obtenidos de esta investigación se utilizaron para dar una solución a los problemas y aplicando en el concentrador jigs en operación plantaconcentradora de la dicha unidad minera San Rafael.

**Bibliográfico:** Por estos medios nos permites muchas cosas a examinar en los medios físicos como los textos, revistas también en sitios de web donde se busca toda tipo de investigación que permite lograr los objetivos planeados del investigador.

## 3.5 DETERMINACION DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

En la investigación se optimiza los parámetros importantes en el concentrador jigs



del tonelaje de mineral alimentado al concentrador jigs que se realiza por método de aforo para ello se realiza varios aforos en pruebas experimentales con diferentes alimentaciones al concentrador jigs de igual manera se muestrea las muestras para determinar las leyes del mineral alimentada al concentrador jigs durante el días y barrios días así determinando las leyes de cada día en laboratorio metalúrgico se prepara las muestras luego de ser preparado se envía a laboratorio químico para determinar las leyes del estaño en la unidad minera San Rafael – Minsur S.A.

### **3.6 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION.**

#### **3.6.1 Identificar los puntos a muestrear**

Se identificaron los lugares de muestreo del circuito concentrador jigs para tomar muestras del mineral alimentado al concentrador jigs.

#### **3.6.2 Instalación de baldes de 4, 8 o 20 Litros en lugar de muestreo**

Así como trasladar los baldes de 4, 8 o 20 litros, con todo sus rotulo, tapas, cortadores y ubicarlos en sus lugares de muestreo donde se sacará las muestras del mineral alimentado al concentrador jigs.

#### **3.6.3 Uso del cortador manual adecuado para, realizar la toma de muestra**

Donde se tomó la muestra del mineral con el cortador selecto de acuerdo a la granulometría de los minerales, así como fino o grueso y flujo.

#### **3.6.4 El tiempo de muestreo**

El tiempo de muestreo del mineral es durante el día a cada una hora se muestrea el mineral compósito, luego se deposita en cada balde con su rótulo



correspondiente para evitar posible cruce o confusión de muestras.

### 3.6.5 Traslado de muestras a Laboratorio Metalúrgico

Trasladar todos los baldes que están con muestra de mineral al Laboratorio Metalúrgico y los ubicarán en la sala de preparación mecánica de muestras.

**Secado de Muestra:** trasvasado de muestras a una bandeja con su respectivo rotulo para secarlo en el Horno Grieve a una temperatura de 300°F del mineral, esta fue secado, pesado y enviada al laboratorio a químico para su análisis de la unidad San Rafael.

**Nota:** Verificado de muestras se encuentran relativamente secas introduciendo una espátula de metal y observando que no se adhieren partículas a la misma, esto indica que se puede proceder con el siguiente paso.

**Disgregado y homogenización de muestras:** disgregado de muestras en una manta con un rodillo, una vez disgregado se comienza el homogenizado, roleado de extremos opuestos hasta obtener una muestra homogénea.

**Cuarteo de muestra:** Se realizo el cuarteo de muestras usando el cuarteador de rifles, hasta obtener una muestra con un peso aproximado de 100 a 150 g o también podrá cuartear por el método cónico; homogenizando y dividir la muestra, recogiendo los extremos opuestos, se repetirá el mismo método hasta llegar al peso de 100 a 150 g.

**Pulverizado de Muestra:** Se realiza una limpieza general a la pulverizadora, la olla de pulverizar se limpiado con cuarzo antes y después de cada muestra, la muestra pulverizada será 98 % -m140 Ty luego se cuarteo la muestra pulverizada hasta obtener un peso aproximado entre 25 y 50 g y vaciar en





un sobre manila para muestras, con su rótulo correspondiente.

**Nota:** Como referencia pulverizada 100 a 150 g durante 2 a 4 minutos.

Usar unas gotas de alcohol en las muestras arcillosas y a las muestras que de análisis químico.

### 3.7 MATERIALES

- Computadora.
- Muestreador y/o cortador de muestras.
- Baldes de plástico de 4 litros.
- Cuarteador y/o manta.
- Balanza.
- Sobres de papel.
- Lapiceros.
- Cuarzo.
- Alcohol etanol
- Pulverizadora en laboratorio.
- Papel de seda
- Brocha de 3 pulgadas
- Cuarteador pequeño.

#### **Primero: Preparación mecánica**

#### **Formula de aforo**

$$TMSH = \frac{P}{T} \quad 3.6$$

Donde:



TMSH = Tonelaje métricas secas por hora del mineral.

P = pese seco del mineral.

3.6 = Factor de conversión kilogramos segundos a toneladas hora

La fórmula suma de tonelajes y promedio final.

$$Tp = \frac{TMSH + TMSH}{2}$$

**Tabla 4**

*Los resultados del aforo*

Nº	DESCRIPCION	AFOROS	Peso seco (kg)	Tiempo (seg)	TMSH	TMSH Promedio
1	Alimento jigs 8	1	4.9214	1.85	9.6	10.32
		2	3.4104	1.11	11.1	
2	Alimento jigs 8	1	5.8535	1.17	18.0	17.93
		2	5.9987	1.21	17.8	

FUENTE: Elaboración propia del análisis de datos como se observa lo siguiente dos aforos, peso seco, tiempo, tonelaje y tonelaje promediado de las dos muestras, donde se muestra el parámetro de tonelaje a un mínimo 10.32 a máximo 17.93 sale el promedio final de las pruebas realizadas durante la evaluación en la operación del concentrador jigs.

### **Segundo: Optimización**

Lugar de almacenamiento del mineral se encuentra ubicado en la parte alta cancha uno, que se alimenta constantemente por volquetes con capacidad de 30 Ton. Donde se realiza Blending del mineral esa zona se divide en 3 secciones lo siguiente:

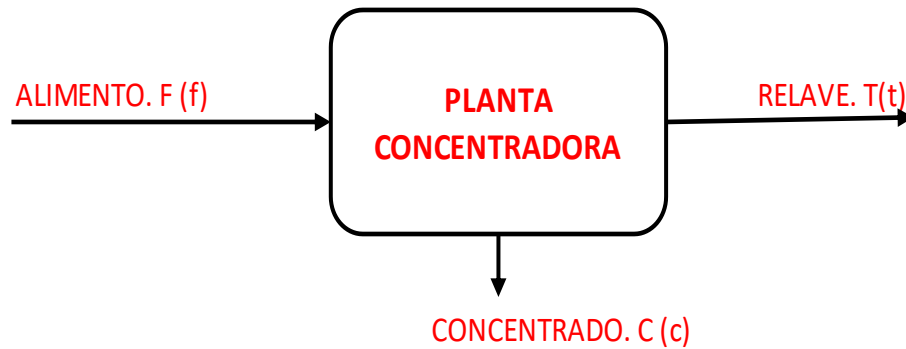
A = mineral de alta ley.



B = mineral de media ley.

C = mineral de baja ley.

Formula de balance mediante leyes.



Donde:

R = Recuperación

F = alimento del mineral.

T = relave del mineral.

C = concentrado del mineral.

$$R = \frac{c(f - t)}{f(c - t)} * 100$$

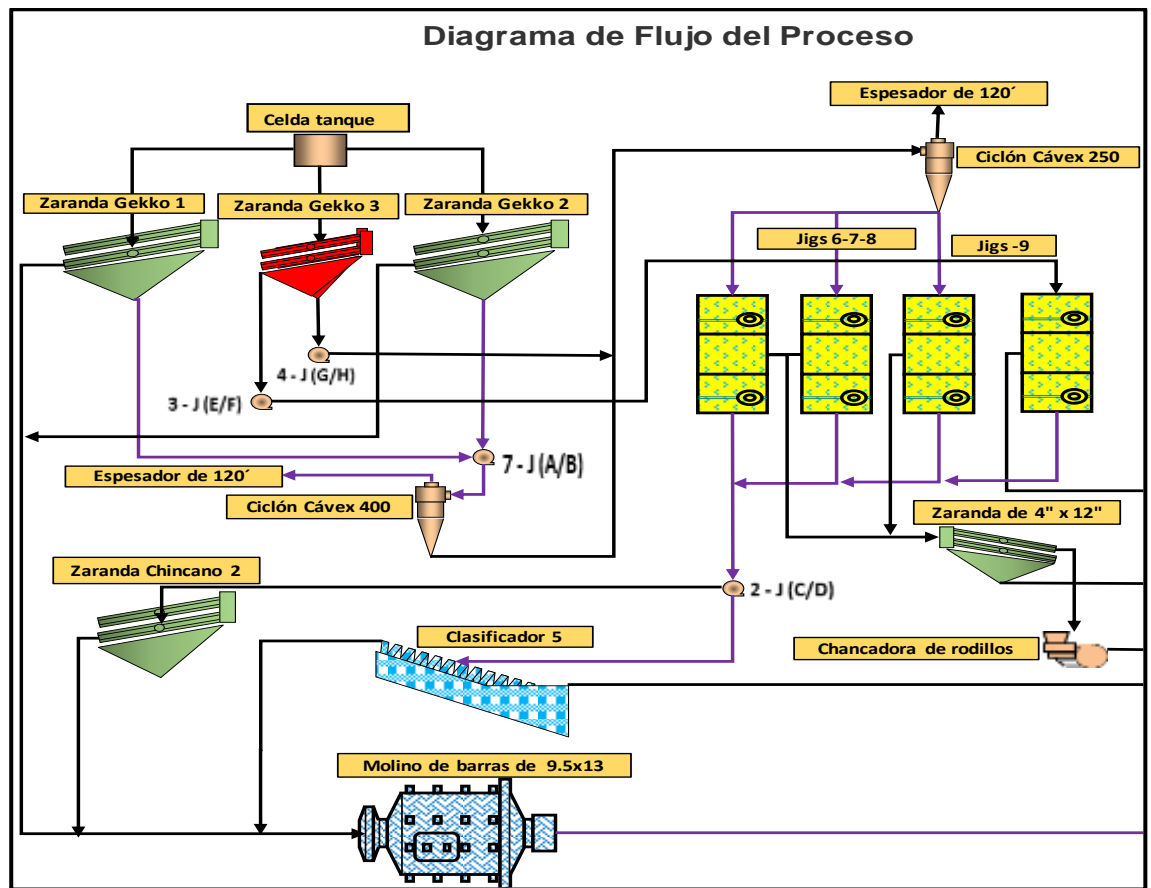
**Tabla 5**

*Los resultados de las pruebas por leyes*

Nº PRUEBA	LEY Sn %	ALIMENTACION TMS/h
1	2.25	10.3
2	3.41	10.3
3	2.25	17.9
4	3.41	17.9

**Figura 8**

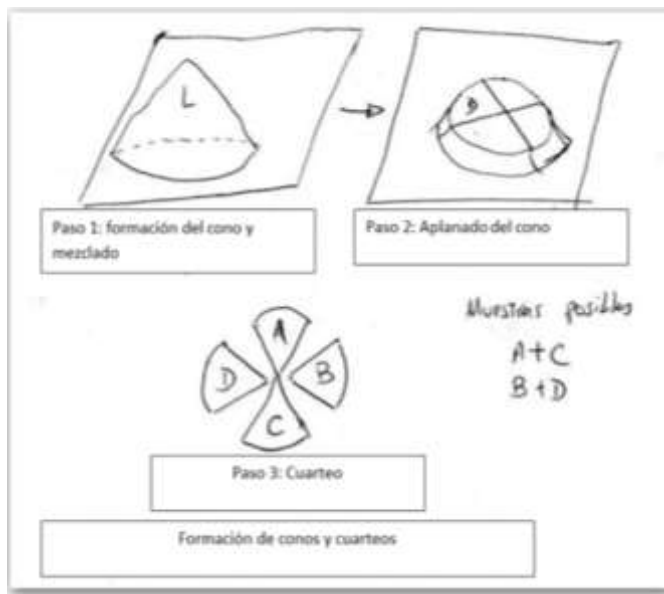
*Diagrama de flujo del proceso de pruebas experimentales.*



**Fuente.** Elaboración propia

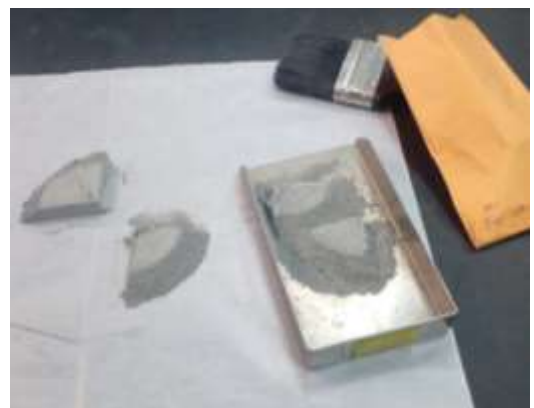
**Figura 9.**

*Diferentes formas de cuarteo del mineral.*



**Figura 10.**

*Cuarteo de mineral para análisis químico*



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES EN CONCENTRADOR JIGS

Las pruebas metalúrgicas se realizaron en la operación planta con el equipo concentrador jigs, es un equipo de concentrador gravimétrico de estaño que nos facilitó para determinar el tonelaje del mineral alimentado y leyes del mineral alimentado, tomando en cuenta las muestras del concentrador jigs y se llega a procesar y donde realizar las curvas de recuperación del estaño en la operación planta.

**Tabla 6**

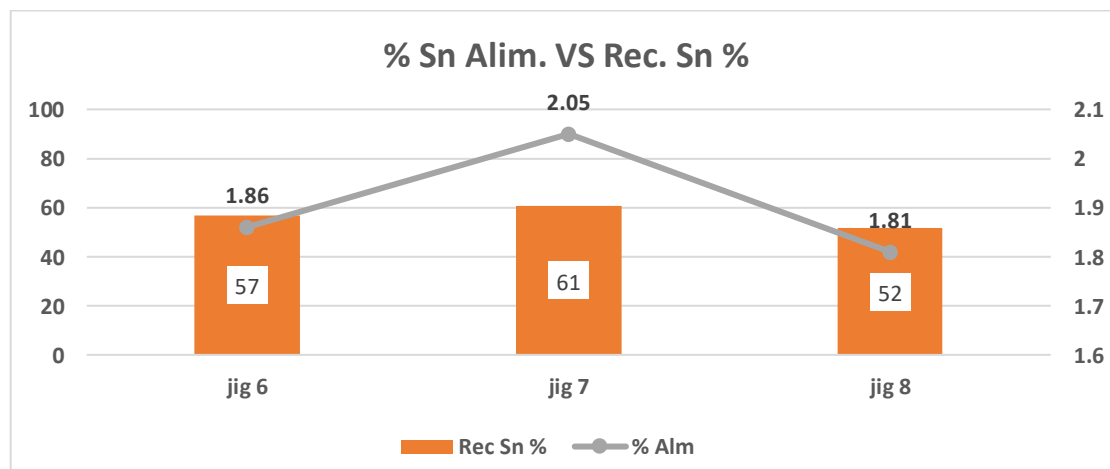
*Análisis de los jigs por tonelada y ley alimentada del estaño*

Jigs	Alimento		Ley Sn %		Rec Sn	
	TMSH	%Sólido	% Alm	% Conc	Rlv	%
<b>jig 6</b>	10	65	1.86	16.2	0.86	57
<b>jig 7</b>	10	50	2.05	24.4	0.85	61
<b>jig 8</b>	12	51	1.81	19.4	0.92	52

*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 11**

*Figura de distribución del estaño por alimentación vs recuperación.*

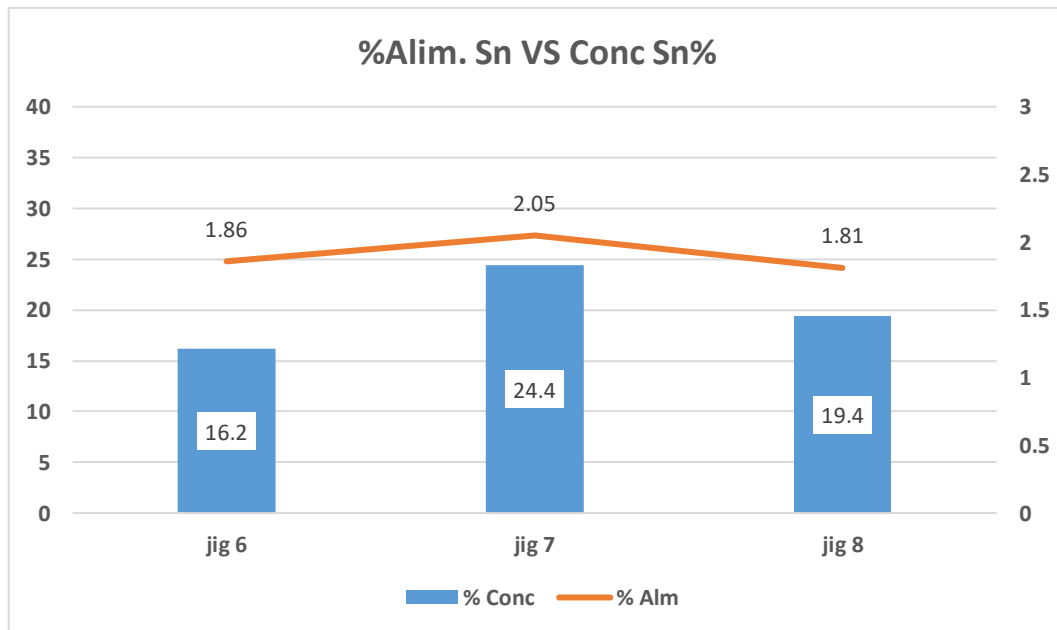


Fuente: Elaboración propia por porcentaje de alimento de estaño vs el porcentaje de recuperación del estaño.

Como se muestra en la figura 10, el porcentaje de alimento y recuperación de estaño se muestra más alto en los jigs 7 con ley alimentada 2.05 y la recuperación es de 61 % según el grafico demostrado en el cálculo.

### Figura 12

*Figura de distribución del estaño por alimentación vs concentración.*



Fuente: Elaboración propia por porcentaje de alimentación de estaño logró optimizar aun porcentaje de concentrado de estaño.

Los resultados de las pruebas se presentan según en la figura 11, la ley alimentada y el concentrado de estaño logro optimizar en el jigs 7 con alta recuperación del concentrado de estaño.

## 4.2 DISTRIBUCIÓN DE MALLA VALORADA EN ALIMENTO DEL CONCENTRADOR JIGS

Tenemos en la tabla el análisis de muestra alimento al concentrador jigs con un peso 638.5 gramos de muestra se realiza el análisis granulométrico por el método más conocido como malla valorada a su distribución donde se encuentra las recuperaciones

de estaño en cada malla.

**Tabla 7**

*Análisis granulométrico malla valorada.*

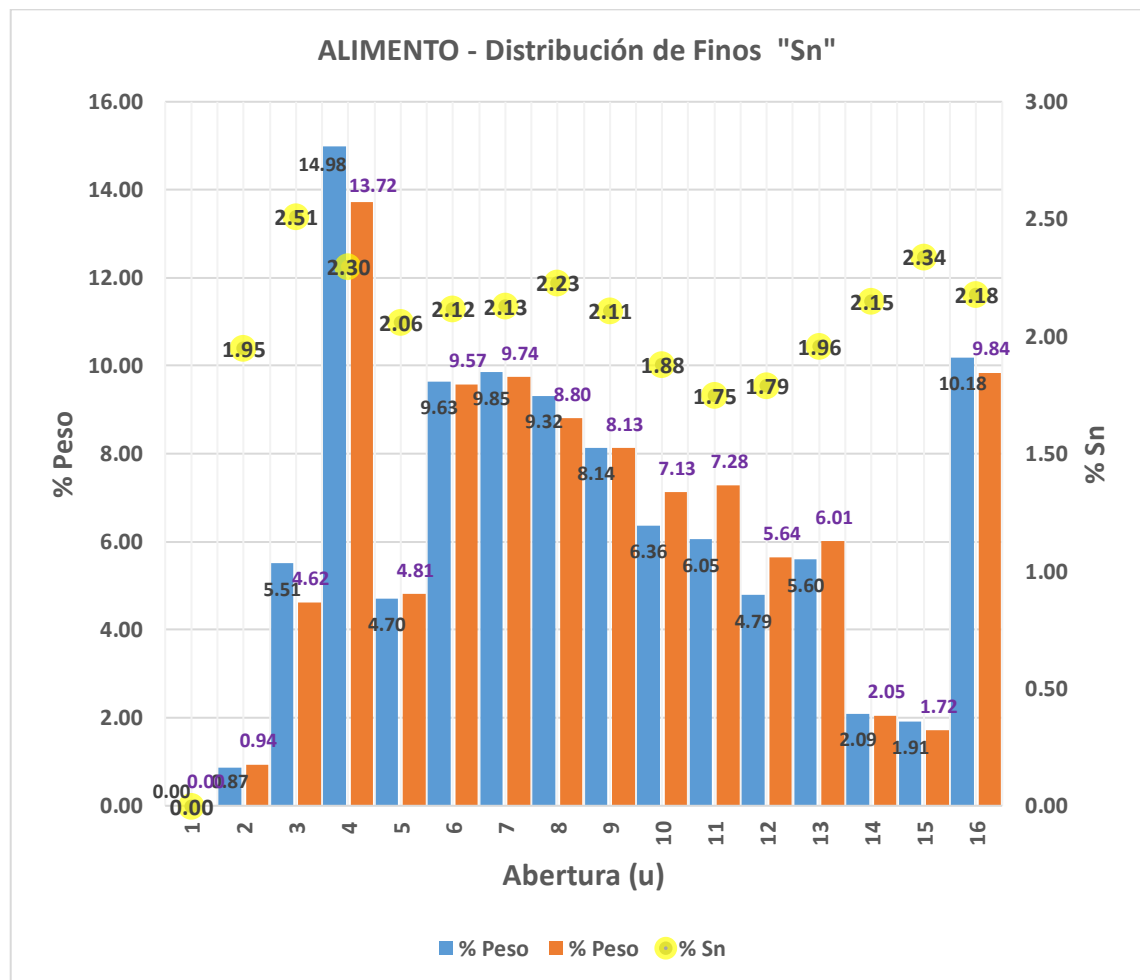
Malla	Abertura a ( $\mu$ )	ALIMENTO						
		Distribución de Peso			Distribución de Finos "Sn"			
		Gr	% Peso	% Pass	%	Finos (g)	% Peso	% Pass
<b>6</b>	3350	<b>0.00</b>	0.00	100.0 0	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.0 0
<b>8</b>	2360	<b>6.00</b>	0.94	99.06	<b>1.95</b>	0.12	0.87	99.13
<b>12</b>	1700	<b>29.50</b>	4.62	94.44	<b>2.51</b>	0.74	5.51	93.62
<b>18</b>	1000	<b>87.60</b>	13.72	80.72	<b>2.30</b>	2.01	14.98	78.64
<b>20</b>	850	<b>30.70</b>	4.81	75.91	<b>2.06</b>	0.63	4.70	73.94
<b>30</b>	600	<b>61.10</b>	9.57	66.34	<b>2.12</b>	1.30	9.63	64.31
<b>40</b>	425	<b>62.20</b>	9.74	56.60	<b>2.13</b>	1.32	9.85	54.45
<b>50</b>	300	<b>56.20</b>	8.80	47.80	<b>2.23</b>	1.25	9.32	45.13
<b>70</b>	212	<b>51.90</b>	8.13	39.67	<b>2.11</b>	1.10	8.14	36.99
<b>100</b>	150	<b>45.50</b>	7.13	32.55	<b>1.88</b>	0.86	6.36	30.63
<b>140</b>	106	<b>46.50</b>	7.28	25.26	<b>1.75</b>	0.81	6.05	24.58
<b>200</b>	75	<b>36.00</b>	5.64	19.62	<b>1.79</b>	0.64	4.79	19.79
<b>270</b>	53	<b>38.40</b>	6.01	13.61	<b>1.96</b>	0.75	5.60	14.19
<b>325</b>	45	<b>13.10</b>	2.05	11.56	<b>2.15</b>	0.28	2.09	12.09
<b>400</b>	38	<b>11.00</b>	1.72	9.84	<b>2.34</b>	0.26	1.91	10.18
	<38	<b>62.80</b>	9.84	0.00	<b>2.18</b>	1.37	10.18	0.00
<b>Total</b>		<b>638.5</b>	<b>100.0</b>	<b>0</b>		<b>13.45</b>	<b>100</b>	

*Fuente: Datos elaboración propia.*



**Figura 13**

*Alimento del concentrado jigs y su distribución de finos de estaño.*



*Fuente: Elaboración propia de distribución de tamaño de partículas acumulativa del Alimento.*

#### 4.3 PRUEBAS REALIZADAS DURANTE LOS DÍAS DE EVALUACIÓN

Tenemos los datos de operación planta del concentrador jigs número 8 donde se hace una evaluación de análisis de tonelajes y leyes del mineral alimentado al concentrador jigs, la ley es de 2.25% mínimo y 3.41% máximo, tonelajes de 10.3TMSH un mínimo y 17.9TMSH un máximo, el %solido 65%, D80 1365, la densidad de pulpa 1760gr/l. y alcanzando una recuperación ce 61%.

**Tabla 8**

*Análisis de cuantitativo de minerales del alimento variación.*

Jigs	Ley Sn (%)	ALIMENTO			Concentrado	
		TMS H	% Solidos	D80	Recuperación de Sn (%)	Calidad Sn (%)
8	2.25	10.3			44	23
	2.25	17.9			61	27
	3.41	10.3	65	136	57	25
	3.41	17.9		1	60	29

*Fuente: Elaboración propia. Tenemos los análisis de cuantitativo de minerales del alimento variación de leyes y tonelajes del concentrador jigs.*

**Tabla 9**

*Análisis de ley mineral alimentada de estaño por su % Recuperación.*

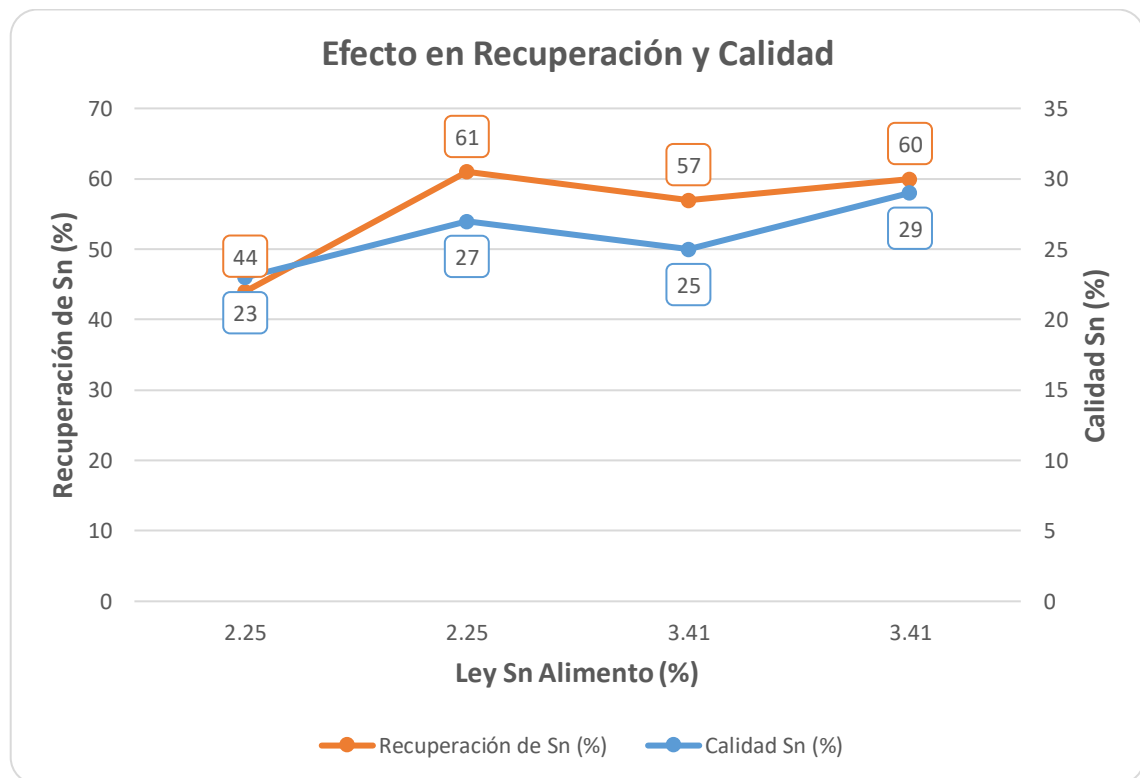
Ley Sn Alimento (%)	Recuperación de Sn (%)	Calidad Sn (%)
<b>2.25</b>	44	23
<b>2.25</b>	61	27
<b>3.41</b>	57	25
<b>3.41</b>	60	29

Fuente: Elaboracion propia.

Tenemos en la tabla 8 donde el ley del mineral alimentado de estaño se muestra que el dato 2.25 % tiene una recuperacion mas alto de Sn en la tabla por eso lado se opta trabajar con los datos.

**Figura 14**

*Figura de efecto en recuperación y calidad de estaño.*



Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la figura 10 con una ley 2.25 de Sn, hay una recuperación alta de 61 % de Sn y su calidad es de 27 % de Sn. Se demuestra en el gráfico es mucho mejor es la recuperación de todas las demás pruebas por eso se considera como buen parámetro para la operación que se reflejó durante las pruebas realizadas, mientras otros tienen menor recuperación de Sn.

Según Ccari (2022) En su investigación cuyo título es “Optimización de la recuperación en concentración gravimétrica de oro de los frentes Pomarani – Cruz de Oro Cori Puno S.A.C.”. Concluyo “que la recuperación del oro se incrementó de 37 % a 42 %, optimizándose en un 5 %, la capacidad productiva y por ende el beneficio económico”. Donde también según Calisaya (2021) en su tesis realizada cuyo título es “Ejecución de espiral gravimétrico para la recuperación de relave de baja ley in situ en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. Apurímac”, lo

trabajo el propósito de facilitar una nueva opción de extracción de los minerales de baja ley con una tecnología limpia y sin afectar el medio ambiente. El mineral tratado corresponde a los relaves de oro de la Minera Minka Ayahuay, con ley de cabeza 0,22 Oz/Tm. En conclusión, se ha obtenido “una evaluación económica de la implementación de equipo espiral, en el cual se obtuvo el valor actual neto (VAN 30%) = 6 049,70 U\$ y TIR= 216%, los cual nos demuestra la alta rentabilidad de la extracción de los relaves de oro de baja ley en la Minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac”.

**Tabla 10**

*Análisis de tonelaje de alimentación al concentrador jigs.*

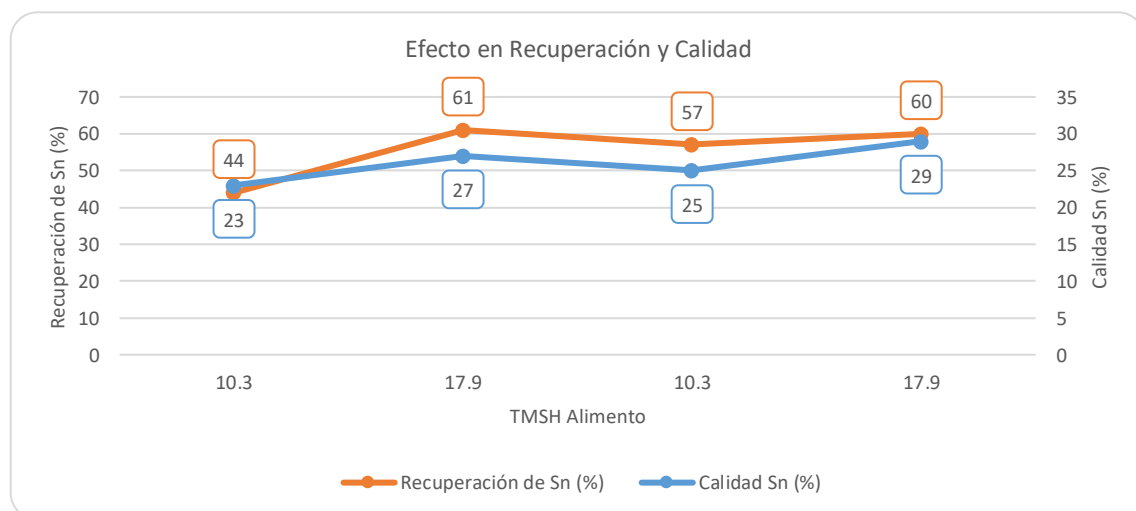
TMSH Alimento	Recuperación de Sn (%)	Calidad Sn (%)
10.3	44	23
17.9	61	27
10.3	57	25
17.9	60	29

Fuete: Elaboración propia.

En la tabla 10 se demuestra los datos que se encuentra, donde se opta que el mayor tonelaje tiene como 17.9 para trabajar en la operación de planta.

**Figura 15**

*Figura de efecto de determinación de los tonelajes del concentrador jigs.*



Fuente: Elaboración propia.



Se observa aproximadamente 17.9 % de tonelaje se alimenta al concentrador jigs con una recuperación 61 % y una calidad de 27 % de estaño se demuestra en el gráfico mientras las demás pruebas son llegan a mayor recuperación del concentrado de estaño.

Por otro lado, Escalante (2018) en su tesis “Proyecto de incremento la producción de 1200tmd a 2000tmd mediante el método subnivel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.” en conclusión a determinado a ampliar su producción de la Unidad Minera Contonga, modo sistemático con la finalidadde optimizar sostenidamente la rentabilidad de las operaciones de la empresa cuya dirección debe estar dirigido a conseguir la competitividad dentro del mundo minero. Se demuestra también según Vega (2019) en su investigación de tesis “Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejor de métodos en una empresa minera” se llegó en conclusión transcurso del proceso en el trabajo de investigación donde investigó aumentar mejorar el método de la empresa minera para poder ampliar la producción.

#### 4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

En este diseño experimental fue realizado mediante el uso de un software, se realizó un diseño factorial de  $2^2$  donde se considera los puntos y los variables independientes considerados los siguientes son: El tonelaje del alimento y ley alimentada del Sn, a su variable dependiente al % de la recuperación.

**Tabla 11**

*Los factores.*

VARIABLES	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO	Unidades	Continuo
Alimentación	10.3	17.9	TMS/h	Si
Ley Sn	2.25	3.41	%	Si

Fuente: elaboración propia.

Nota: En la tabla de factores son los puntos altos y bajos de los dos factores de experimentación se muestra los parámetros de mínimo y máximo que nos permite con la evaluación al concentrador jigs.

**Tabla 12**

*Variables de estudios*

<b>N.º PRUEBA</b>	<b>LEY Sn</b>	<b>ALIMENTACION</b>	<b>RECUPERACION</b>
	%	TMS/h	%
<b>1</b>	-	-	
<b>2</b>	+	-	
<b>3</b>	-	+	
<b>4</b>	+	+	

La tabla 12 es diseñado con la ayuda del software statgraphics, con la combinación con los parámetros altos y bajos de cada uno de ellos como el tonelaje y ley de alimentación del Sn en el concentrador jigs de operación planta.

**Tabla 13**

*Resultados de las pruebas realizadas según el diseño experimental.*

<b>N.º PRUEBA</b>	<b>LEY Sn</b>	<b>ALIMENTACION</b>	<b>RECUPERACION</b>
	%	TMS/h	%
<b>1</b>	-	-	44
<b>2</b>	+	-	61
<b>3</b>	-	+	57
<b>4</b>	+	+	60

Nota: Elaboración propio.

Se muestra en la tabla las pruebas realizadas con niveles altos y bajos según su diseño de exponencial  $2^2$  con su respectiva del tonelaje y leyes del alimento y su recuperación%.

- **Análisis del Experimento – Recuperación**

**Tabla 14**

*Efectos de estimados para recuperación Sn en porcentajes (%).*

<b>EFEECTO</b>	<b>ESTIMADO</b>	<b>Error Estd.</b>
<b>Promedio</b>	55.5	Bi
<b>A: TMS/h</b>	10	5
<b>B: Ley Sn</b>	6	3
<b>AB</b>	-7	0

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 14 se muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones de recuperación del estaño según el tonelaje de alimento y ley alimentación al concentrador jigs.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para recuperación de Sn – Diseño factorial 2<sup>2</sup>*

<b>FUENTE</b>	<b>SUMA DE CUADRADO</b>	<b>GL</b>	<b>CUADRADO MEDIO</b>	<b>Fo</b>	<b>VALPR - P</b>
<b>A: T/h</b>	100	1	100	2.04	0.3888
<b>B: LEY Sn</b>	36	1	36	0.73	0.5489
<b>Error total</b>	49	1	49		
<b>Total (corr.)</b>	185	3			

R- cuadrada = 73,5135 porciento.

**Tabla 16**

*Coefficiente de regresión para recuperación -. Diseño Factorial 2<sup>2</sup>.*

<b>Coefficiente</b>	<b>Estimado</b>
<b>Constante</b>	22.309
<b>A: TMS/h</b>	1.3158
<b>B: Ley Sn</b>	5.1724

Nota: se muestra en la tabla el coeficiente de la regresión para la recuperación de estaño en la ventana despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos de la tabla.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{RECUPERACION Sn:} = 22.3094 + 1.31579 * \text{TMS/h} + 5.17241 * \text{Ley Sn}$$

En la ecuación de recuperación de Sn se observa que el primer valor es constante del coeficiente de regresión y el segundo es el factor de las leyes de Sn.

**Tabla 17**

*Análisis de residuos.*

	<b>Observados</b>	<b>Ajustados</b>	<b>Residuo</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Fila</b>	Valores	Valores	Valores	Valores
<b>1</b>	44	47.5	-3.5	12.25
<b>2</b>	61	57.5	3.5	12.25
<b>3</b>	57	53.5	3.5	12.25
<b>4</b>	60	63.5	-3.5	12.25

$$\Sigma R^2 = 49$$

$$SCMR = \frac{R^2}{N - TM}$$

$$SCMR = \frac{49}{4 - 3} = 49$$

$$F_0 = \frac{SCMR}{MS_{ERROR}} = \frac{49}{49} = 1$$

$$F_{TABLA} = F(0.05, 1, 1) = 161.45$$

$$F_0 < F_{TABLA}$$

$$1 < 161.45 \text{ (El modelo es aceptable)}$$

**Tabla 18**

*Camino de máximo ascenso para la recuperación de Sn.*

<b>TMS/h</b>	<b>Ley Sn</b>	<b>Predicción para Recuperación Sn</b>
(TMS/h)	%	%
<b>14.1</b>	2.83	55.5
<b>14.86</b>	2.8996	56.86
<b>15.62</b>	2.9692	58.22
<b>16.38</b>	3.0388	59.58
<b>17.14</b>	3.1084	60.94
<b>17.9</b>	3.178	62.3

Nota: en esta tabla se muestra despliegue de trayecto de máximo ascenso o descenso



- **Optimizar la respuesta**

Objetivo: Mejorar la recuperación de Sn.

Recuperación optima = 62.3 %

**Tabla 19**

*Optimizar respuesta de recuperación de Sn.*

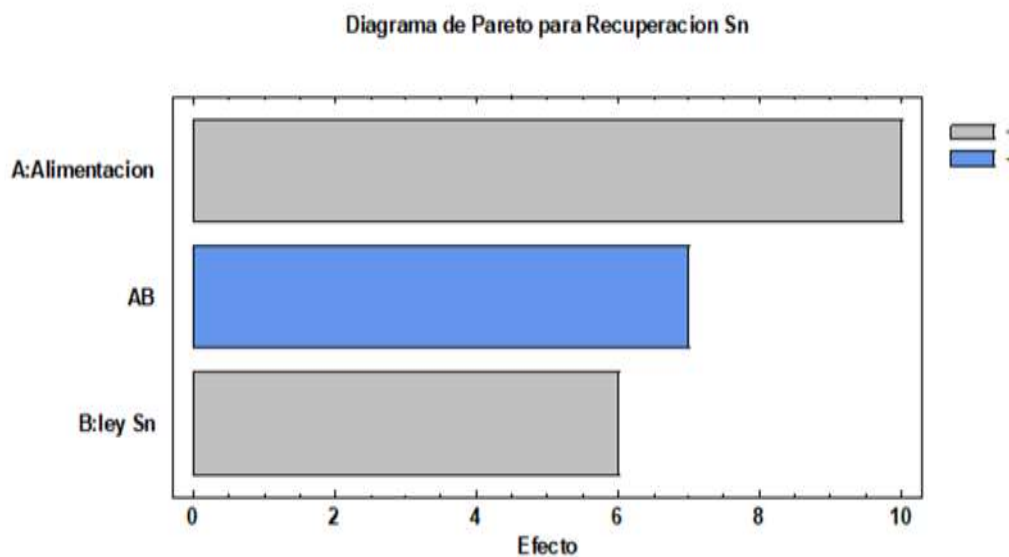
<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Optimizar</b>
<b>TMS/h</b>	10.3	17.9	14.1
<b>LEY Sn</b>	2.25	3.41	2.83

Nota: Elaboración propio.

Se muestra en la tabla las variables optimas desarrollados por el software.

**Figura 16**

*Diagrama de Pareto para recuperación de Sn.*

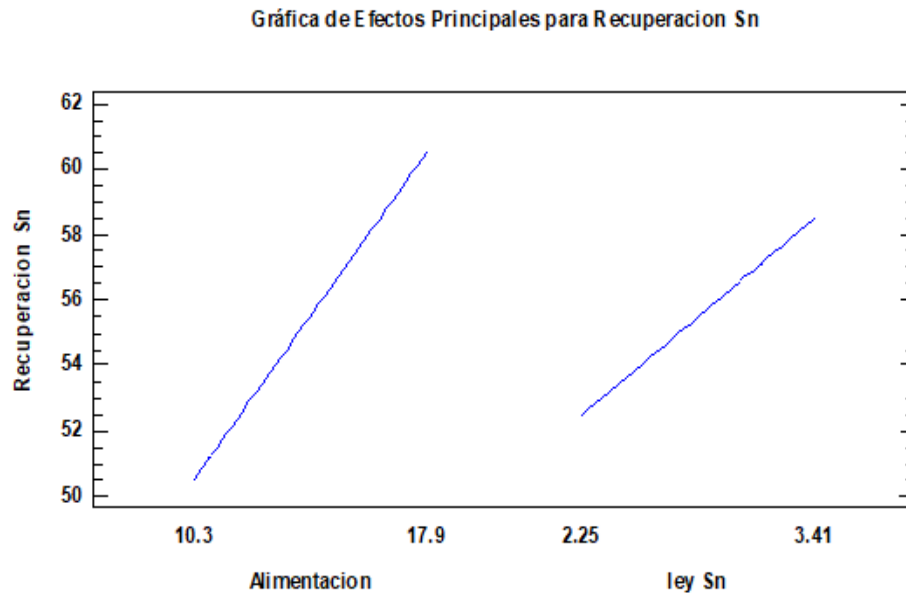


Nota: Elaboración propia.

En la figura 14 se muestra el diagrama de Pareto con sus interacciones. Se presenta un gráfico de barras con esta grafica podemos tener un mejor control de la operación de concentrador jigs en la recuperación y optimizar en concentración gravimétrico.

**Figura 17**

*Gráfico de Efectos principales para recuperación Sn.*



#### 4.5 DISCUSIONES DE RESULTADOS

De a partir de estos logros, es un buen resultado se acepta los objetivos que si es muy beneficioso a la optimización de minerales de estaño en el concentrador jigs donde ha mejorado la recuperación de estaño en operación planta en la unidad minera San Rafael. Con determinación de las características de minerales, se determina parámetros óptimos operación del concentrador jigs, los resultados arrojaron positivas en la recuperación gravimétrico.

De la misma manera el autor Concha (2007) Es un aparato deposito rectangular abierta en la parte superior, donde se forma un lecho sobre una malla en cual por intermedio de pulsos de agua o también con aire se expande y compacta cíclicamente con la finalidad que las partículas con mayor gravedad especifican. Por otro lado, Fuentes (2018) El concentrador Jigs es un equipo que permite lograr excelentes resultados cuando se tratan menas de un estrecho categoría granulométrico.



De la misma forma en la tesis de Salas (2016) Se investigo posibilidad técnica de la economía de aumentarel tonelaje desde 3000 TMD llegar hasta el tonelaje 4200 – 4500 TMD sin modificar la infraestructura con la misma producción metalúrgico. También se realizó método de acción para solucionar las dificultades y lograr el tonelaje deseado.

También en la tesis de grado de Escalante (2018), donde la investigación es mejor la producción según la extracción aumentando el tonelaje de obtención del mineral diaria de 1200 toneladas métricas por día a 2000 toneladas métricas por día, para lo cual se está considerando el traslado del método de explotación tajo y relleno al meto sub Level Open Stoping y Bench & Fill, con técnica de explotación macizo y de bajo costo.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se determino las pruebas metalúrgicas a nivel operación planta donde se alcanzó a una recuperación máxima de estaño en el proceso de concentración gravimétrico en el concentrador jigs desde 52% concentración, resaltando un incremento de 9% de recuperación a un tonelaje 12TMSH. dando una comparación en la recuperación a un nivel de diseño experimental la pendiente ascendiente es a 61% con un tonelaje de 17.9TMSH en concentrador jigs en la unidad minera San Rafael Minsur S.A.

**SEGUNDA:** Donde la final de las pruebas experimentales a su nivel de operación planta se alcanzó para optimizo la recuperación de estaño del concentrador jigs número 08 se inicia con leyes 1.81% el incremento 0.44% las leyes alcanzando a una ascendiente 2.25% de leyes del mineral alimentado al concentrador jigs en la operación planta en la unidad mineral San Rafael.

Donde también se realiza un blending de leyes para la recuperación optima, entonces se realizó cuatro pruebas metalúrgicas en operación con una ley de 2.25% y tonelaje 10.3TMSH, 2.25% y 17.9TMSH, 3.41% y 10.3TMSH, 3.41% y 17.9TMSH donde se refleja los resultados de las pruebas. Se tiene con una ley 2.25% y a un 17.9TMSH un resultado óptimo de las pruebas realizadas operación planta.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda siempre estar en constante evaluación del concentrador jigs de todos sus parámetros de operación para mejorar la recuperación y calidad del estaño.

Se recomienda instalar un equipo de sensores neumáticos para controlar sus parámetros de estabilizar como las leyes, densidad, D80 del mineral, % solido del estaño constante alimentación del mineral al concentrador jigs durante la operación.

Implementar flujómetros de agua para cada concentrador jigs para controlar el caudal de agua durante el proceso de operación.

También se recomienda estar en constantes de cambio de cama o limpieza de cama de los equipos para tener una buena recuperación de estaño con una recuperación y calidad optima en operación.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. 6ta edición. Editorial Episteme; C.A. Caracas- República Bolivariana de Venezuela.
- Avila, J. (2017). *Parámetros de operación del separador JIG para material tomado de un placer aurífero*. (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7450>
- Carrasco J. & Alayo, A. (2018). *Influencia de la presión de agua y la fuerza de gravedad centrifuga en la recuperación de oro mediante concentración gravimétrica centrifuga para un mineral tipo antracita procedente de la Provincia de Cajabamba*. (tesis de pregrado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/gravi%20D80.pdf>
- Concha, H. (2007). *Estudio de la concentración gravimétrica de minerales auríferos en un JIG de laboratorio*. (tesis de pregrado). Recuperada de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/9875>
- Coila, J. (2016). *Evaluación económica y financiera para determinar la rentabilidad de la explotación aurífera de la Minera Cuatro de Enero S.A. - Arequipa*. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.
- Carbajal & Chavez (2015). *Estudio del concentrador gravimétrico helicodal hecho con fibra de vidrio y sus parametros de funcionamiento. – Arequipa*. (tesis de pregrado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/carbaja%20y%20chavez%202015.pdf>
- Calisaya, G. (2021). *Implementación de espiral gravimétrico para la recuperación de relave de baja ley in situ en la minera Minka Ayahuay S.A.C. – Apurímac*. (tesis pregrado). Recuperada de



<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNP/15168>

Ccari, E. (2022). Optimización de la recuperación en concentración gravimétrica de oro de los frentes Pomarani – Cruz de Oro Cori Puno S.A.C. (Tesis de pregrado)

Recuperada de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17839>

Choquehuayta, (2022). *Optimización de la granulometría del mineral en la etapa rougher para mejorar la concentración del estaño en la etapa cleaner en laboratorio metalurgico de la unidad mineral San Rafael – Minsur.* - Puno( tesis de pregrado).

Recuerda de

[file:///F:/ULTIMO/Choquehuayta\\_Nina\\_Wilson\\_Elmer.pdf](file:///F:/ULTIMO/Choquehuayta_Nina_Wilson_Elmer.pdf)

Diaz, J. (2015). *Evaluación del tamaño de partícula en el proceso de flotación para la recuperación de Oro Grueso.* (tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperada de Repositorio UNSA- Institucional.

Escalante, J. (2018). *Proyecto de incremento de la producción de 1200tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.- Cerro de Pasco.* (tesis de pregrado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/tonelaje%20cerro%20de%20pasco.pdf>

Gabriels, D., y Lobos, D. (2010). *Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo.* Universidad de Gante, Bélgica; Universidad Central de

Venezuela, Facultad de Agronomía. Recuperado de

[donald.gabriels@ugent.be](mailto:donald.gabriels@ugent.be). [lobod@agr.ucv.ve](mailto:lobod@agr.ucv.ve)

Llampi, S. (2013). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta gravimétrica de concentración de oro aluvial en Tingo María.* (tesis pregrado).

Recuperada de

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2722>



- Méndez, J. (2019). *Determinación de los parámetros operacionales para la concentración de oro en un espiral*. (tesis graduación). Recuperada de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8956>
- Ospina, M. (2014). Modelamiento de la hidrodinámica de la separación gravimétrica de minerales en jigs. Colombia. (tesis de doctorado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/JIGSSSS.pdf>
- Quispe, E. (2021). *Remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021*. (tesis de pregrado). recuperada de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11356/1/V\\_FIN\\_107\\_TE\\_Quispe\\_Quispe\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11356/1/V_FIN_107_TE_Quispe_Quispe_2021.pdf)
- Salas, D. (2015). *Estudio de aumento del tonelaje en planta de chancado – minera altos de punitaqui MAP*. Chile. (tesis de pregrado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/tonrlaje%20chile.pdf>
- Trujillo. L, y Trujillo, D, (2020). *Optimización del proceso gravimétrico del concentrador falcon para la recuperación de estaño fino a partir de relaves en la minasan Rafael*. (tesis pregrado). Recuperada de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14863>
- Ureña, A. (2021). *Caracterización del material rocoso mediante granulometría e índice de carga puntual*. Ecuador. (tesis de pregrado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/gravi%20D80.pdf>
- Vega, J. (2019). *Incremento de la productividad en el tonelaje movido mediante la aplicación de la mejora de métodos en una empresa minera*. (tesis de pregrado). Recuperada de <file:///F:/ULTIMO/tonelaje.pdf>





Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano - plantas de filtración rápida: Tomo I Capítulo 6 Floculación* . Lima - Peru : OPS-CEPIS.

Vilcapoma, J. y Chavez, Z. (2012). *prueba experimental a nivel de laboratorio de concentración gravimétrica y flotación de minerales de oro en la planta concentradora "Caselita" en Condoroma – Cusco*. (tesis pregrado). Recuperada de

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/566/TIM\\_M\\_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/566/TIM_M_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

### ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DEL CONCENTRADOR JIGS.





**ANEXO 2: EQUIPO PULVERIZADOR DE MUESTRAS**

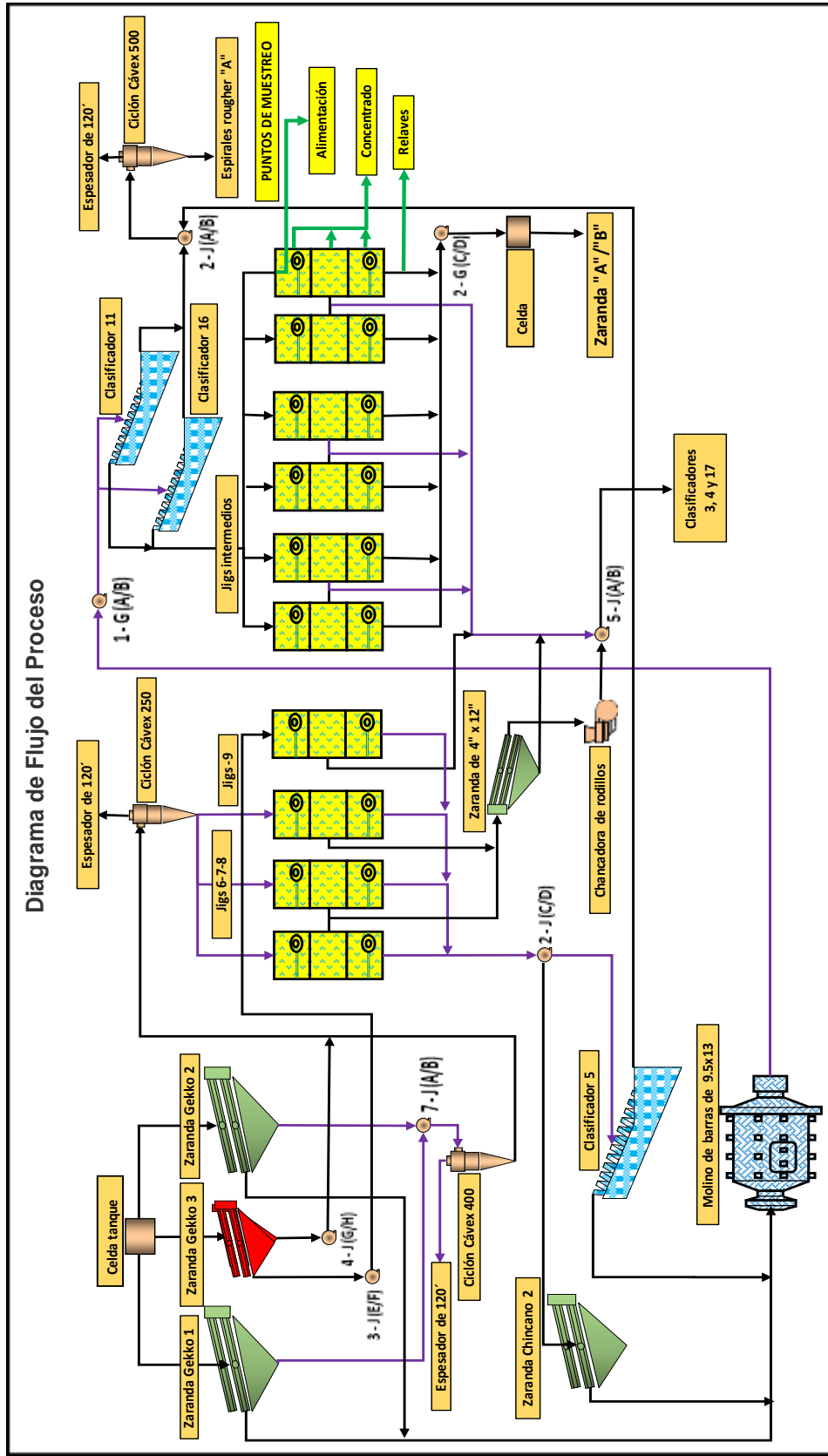




### ANEXO 3: MINERAL DE ALMACENADO



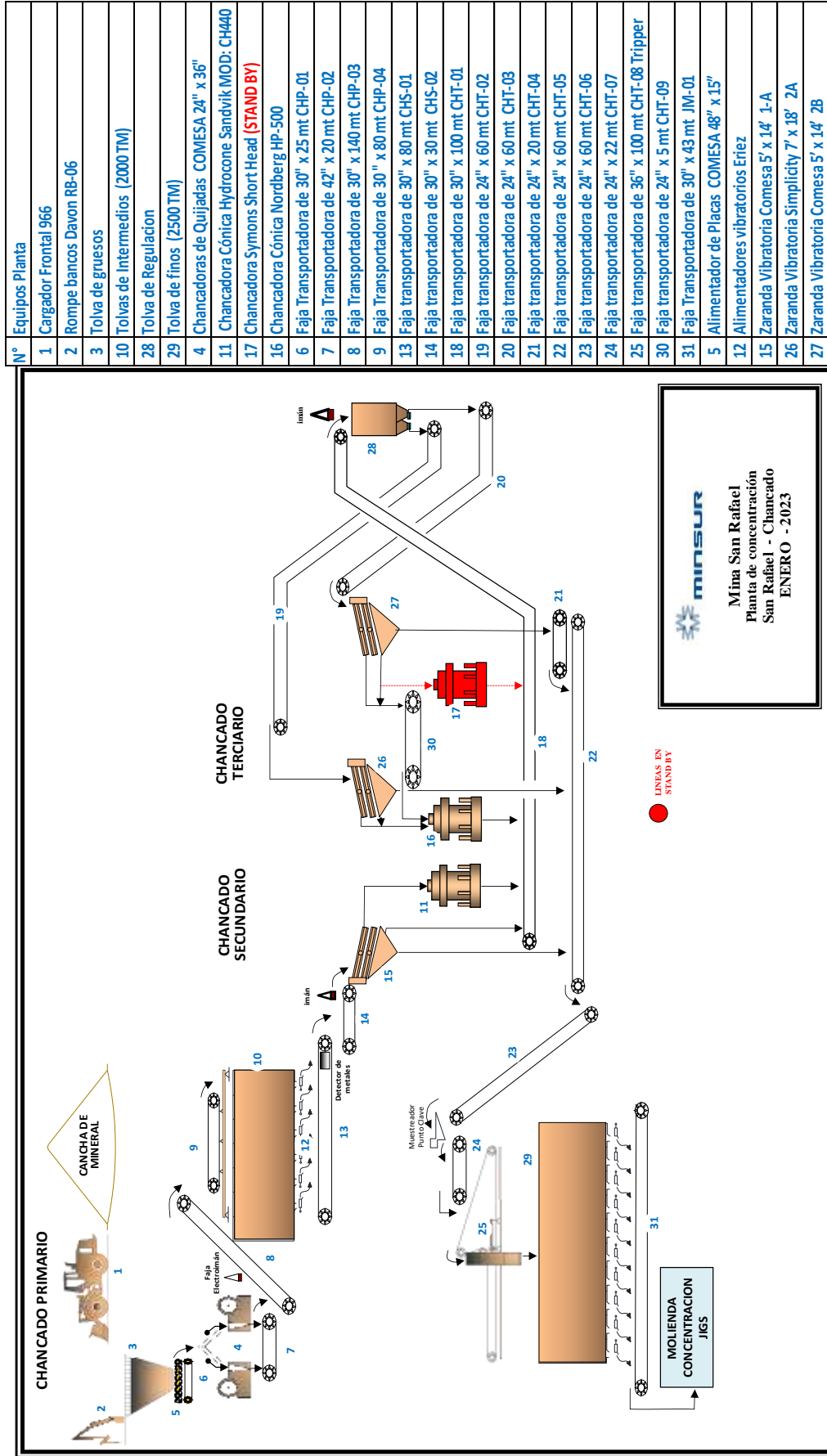
ANEXO 4: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MUESTREO



**ANEXO 5. EL CRONOGRAMA DE LIMPIEZA DE LA CAMA DE LOS JIGS MESUALES.**

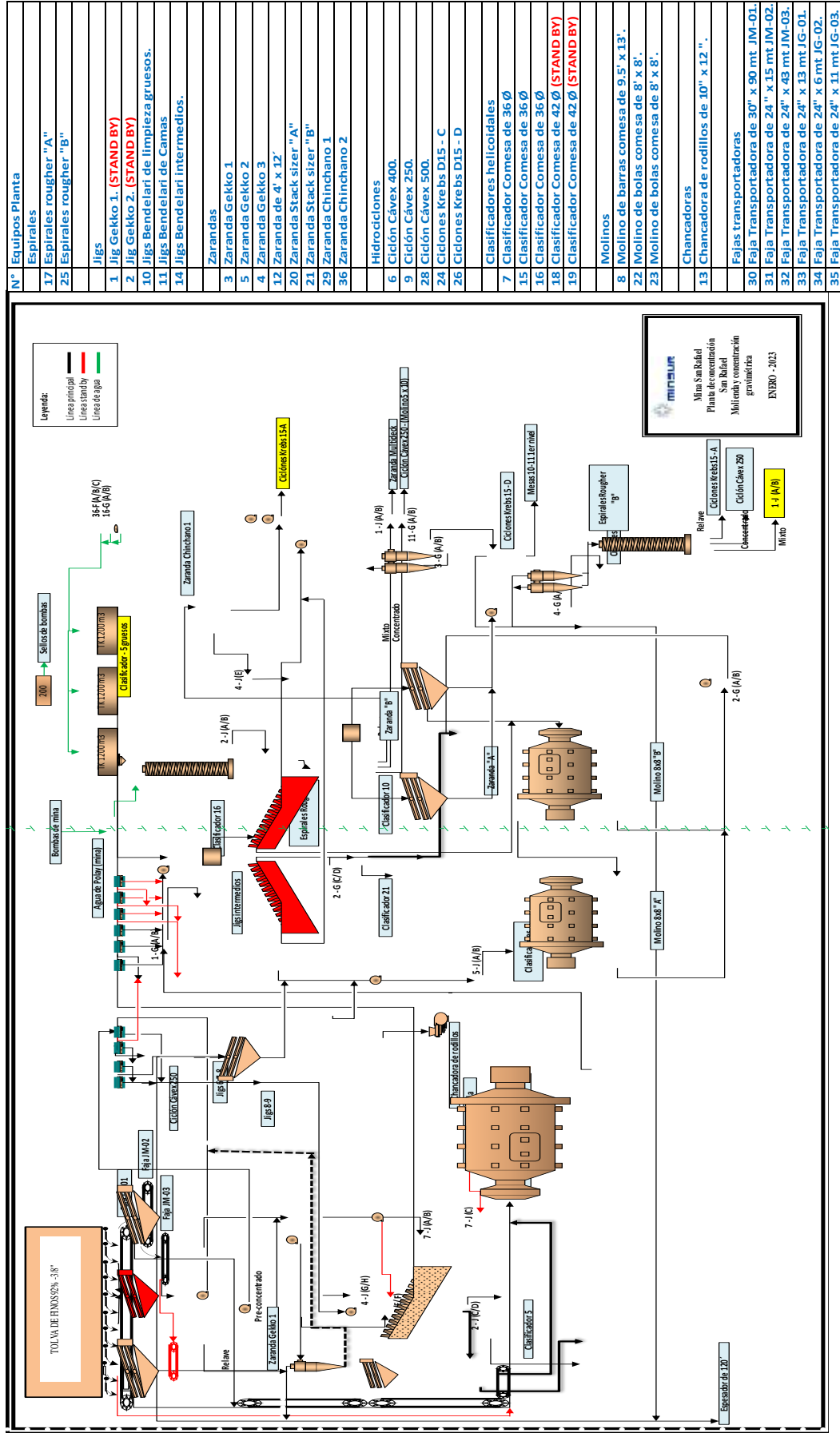
Ene-23																														
SEMANA - 01					SEMANA - 02					SEMANA - 03					SEMANA - 04					SEMANA - 05					SEMANA - 06					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Jigs 6	X				X					X					X					X									X	
Jigs 7	X					X					X				X						X									
Jigs 8			X									X					X													

**ANEXO 6. SECCION DE CHANCADO Y SECUNDARIO.**



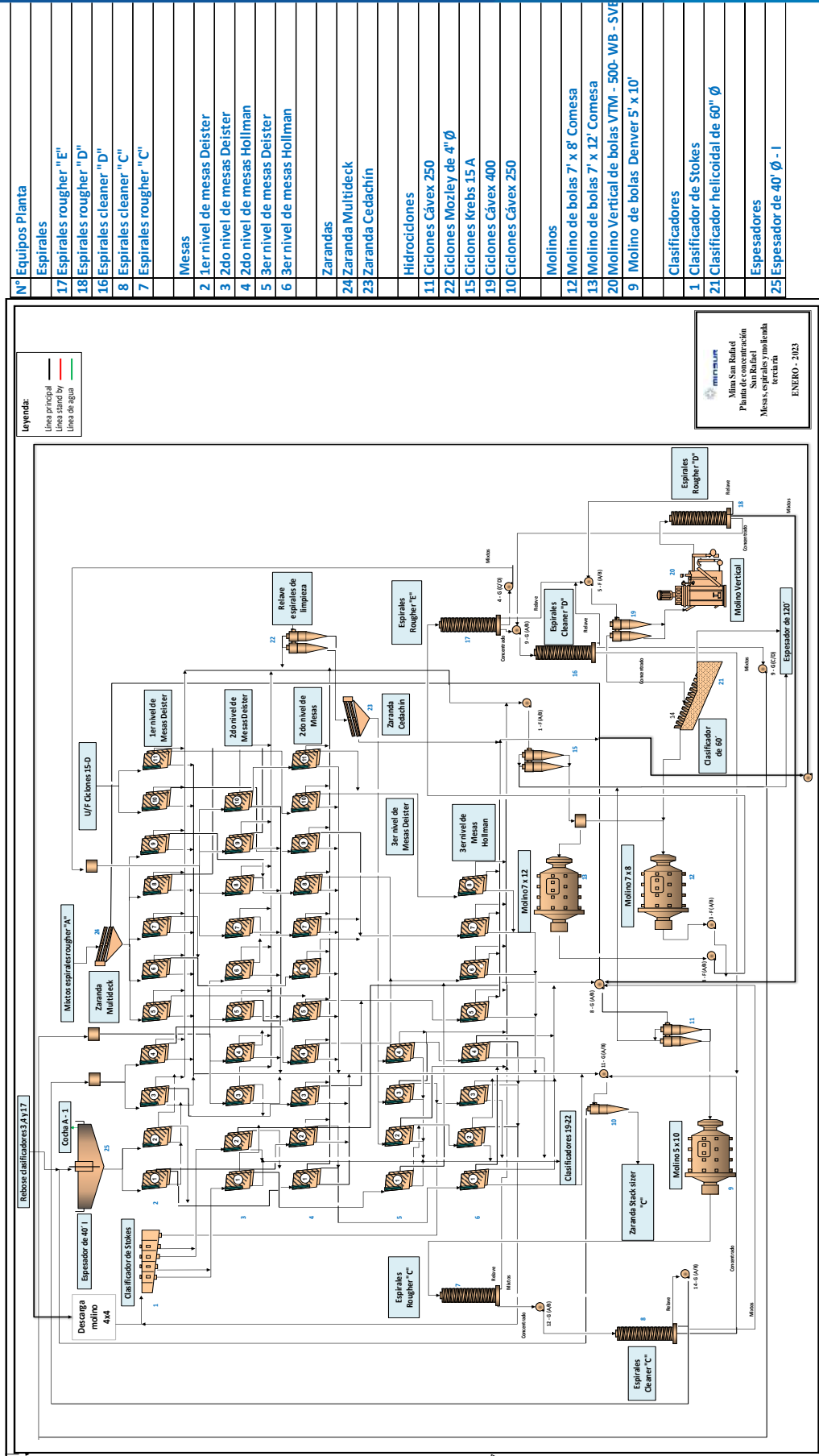
N°	Equipos Planta
1	Cargador Frontal 966
2	Rompe bancos Davon RB-06
3	Tolva de gruesos
10	Tolvas de Intermedios (2000 TM)
28	Tolva de Regulación
29	Tolva de finos (2500 TM)
4	Chancadoras de Quijadas COMESA 24" x 36"
11	Chancadora Cónica Hydrocone Sandvik MOD: CH440
17	Chancadora Symons Short Head (STAND BY)
16	Chancadora Cónica Nordberg HP-500
6	Faja Transportadora de 30" x 25 mt CHP-01
7	Faja Transportadora de 42" x 20 mt CHP-02
8	Faja Transportadora de 30" x 140 mt CHP-03
9	Faja Transportadora de 30" x 80 mt CHP-04
13	Faja transportadora de 30" x 80 mt CHS-01
14	Faja transportadora de 30" x 30 mt CHS-02
18	Faja transportadora de 30" x 100 mt CHT-01
19	Faja transportadora de 24" x 60 mt CHT-02
20	Faja transportadora de 24" x 60 mt CHT-03
21	Faja transportadora de 24" x 20 mt CHT-04
22	Faja transportadora de 24" x 60 mt CHT-05
23	Faja transportadora de 24" x 60 mt CHT-06
24	Faja transportadora de 24" x 22 mt CHT-07
25	Faja transportadora de 36" x 100 mt CHT-08 Tripper
30	Faja transportadora de 24" x 5 mt CHT-09
31	Faja Transportadora de 30" x 43 mt JM-01
5	Alimentador de Placas COMESA 48" x 15"
12	Alimentadores vibratorios Eriez
15	Zaranda Vibratoria Comesa 5' x 14' 1-A
26	Zaranda Vibratoria Simplicity 7' x 18' 2A
27	Zaranda Vibratoria Comesa 5' x 14' 2B

## ANEXO 7. SECCION DE MOLIENDA Y CONCENTRACION GRAVIMETRICA.

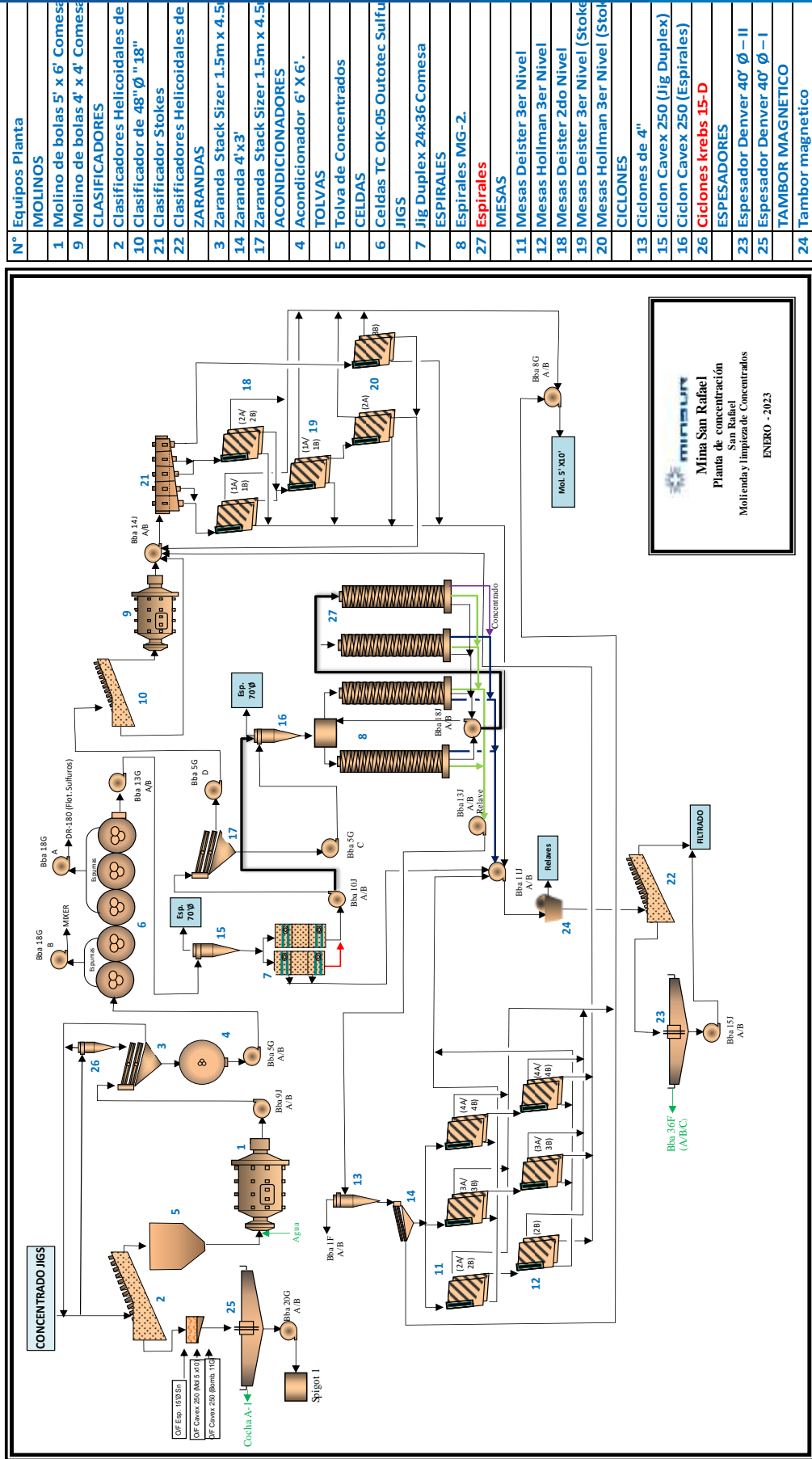




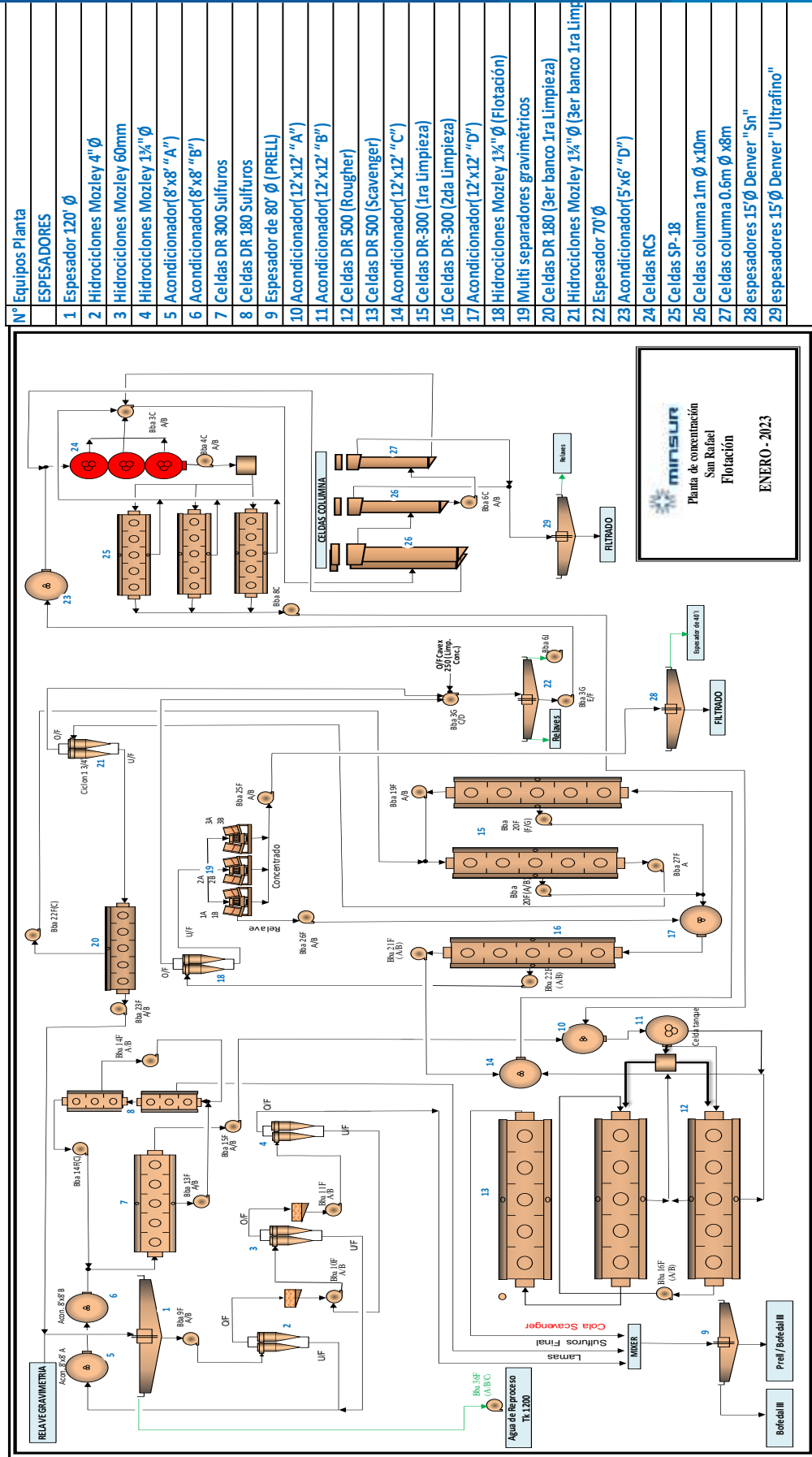
**ANEXO 8. SECCION DE MESAS, ESPIRALES Y MOLIENDA TERCERIA.**



ANEXO 9. SECCION DE MOLIENDA DE LIMPIEZA DE CONCENTRADO.



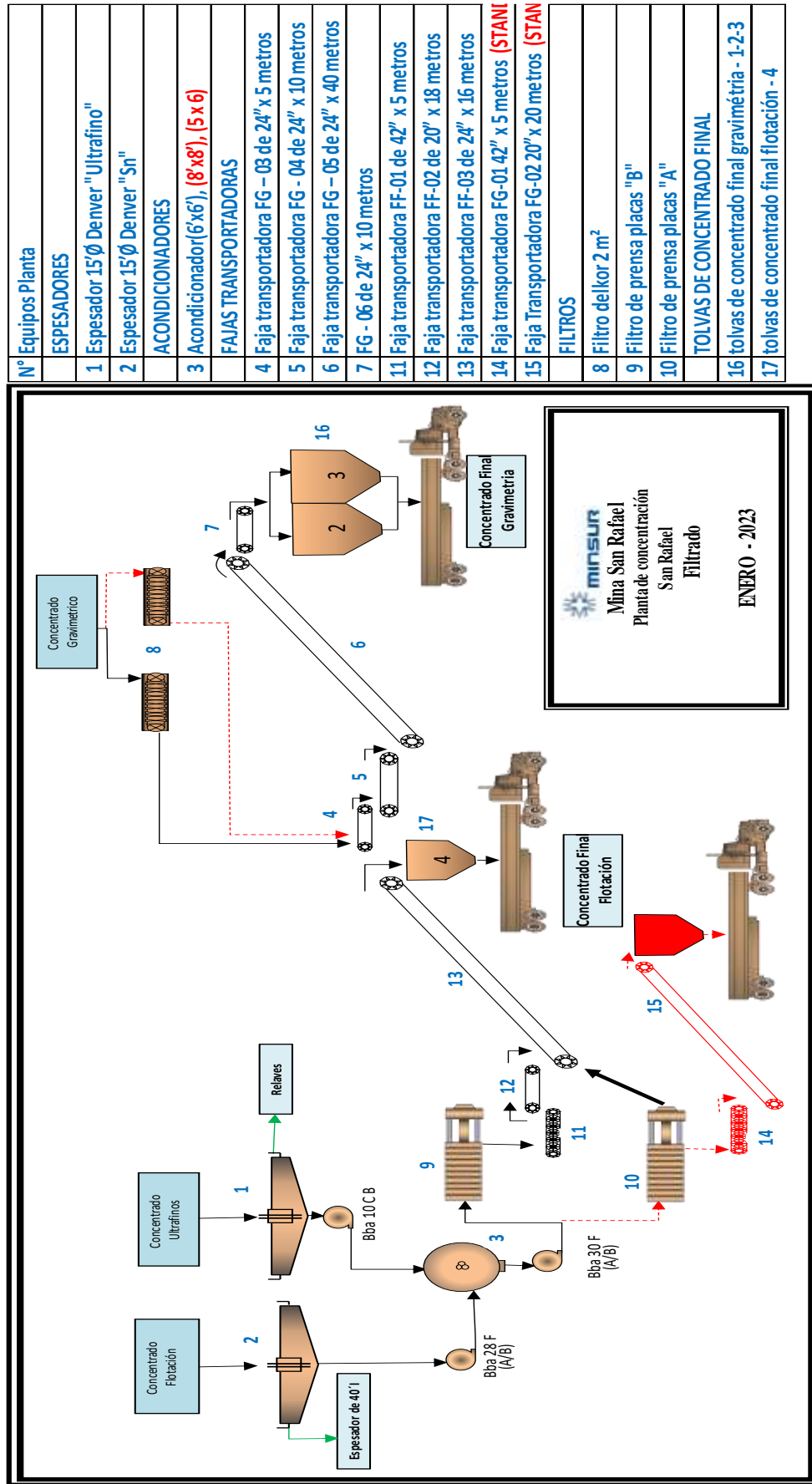
ANEXO 10. SECCION DE FLOTACION.



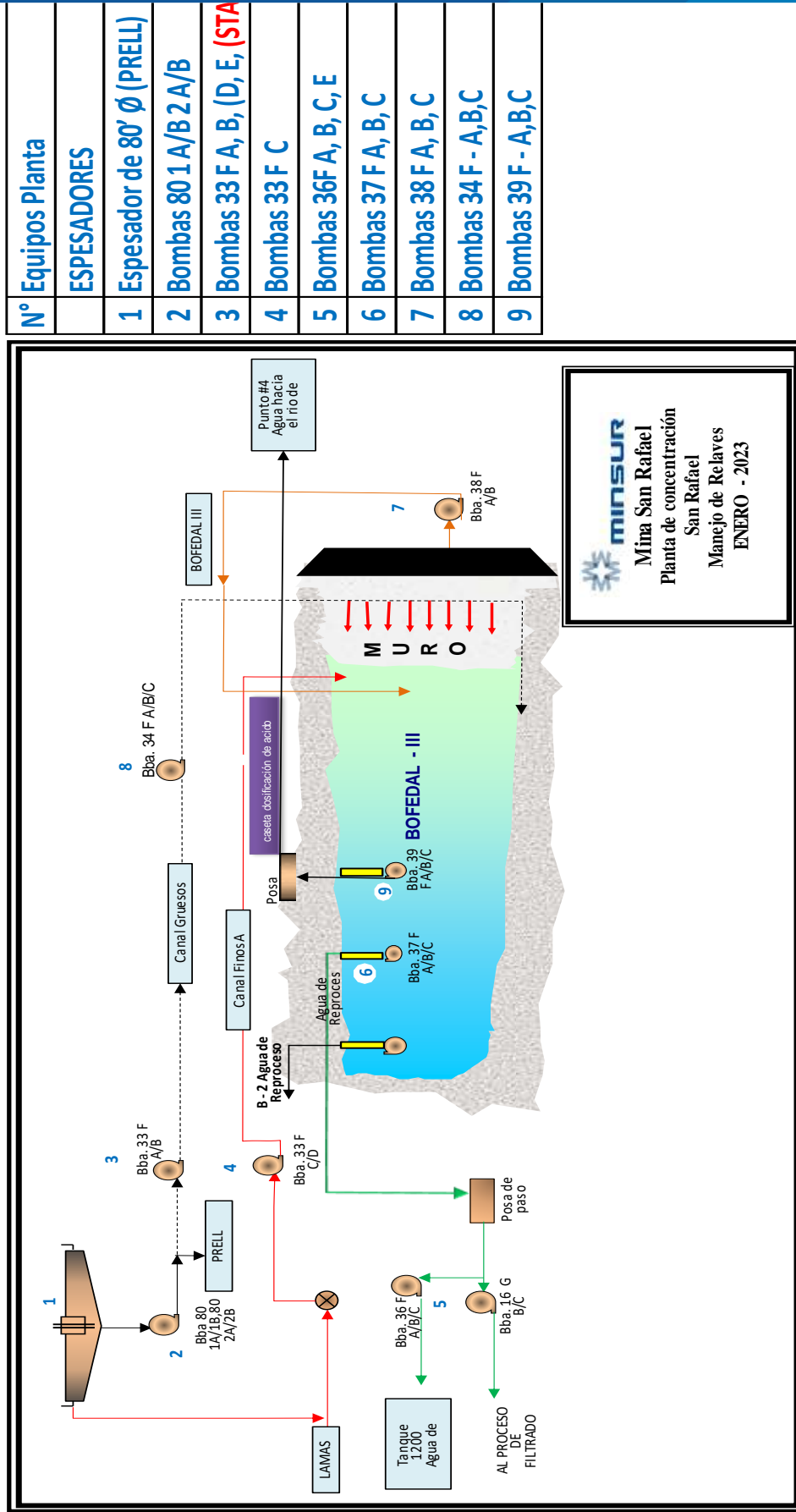
N° Equipos Planta	ESPASADORES
1	Espesador 120" Ø
2	Hidrociclones Mozley 4" Ø
3	Hidrociclones Mozley 60mm
4	Hidrociclones Mozley 1 1/2" Ø
5	Acondicionador 8'x8" "A"
6	Acondicionador 8'x8" "B"
7	Celdas DR-300 Sulfuros
8	Celdas DR-180 Sulfuros
9	Espesador de 80" Ø (PREL)
10	Acondicionador (12'x12" "A")
11	Acondicionador (12'x12" "B")
12	Celdas DR-500 (Rougher)
13	Celdas DR-500 (Scavenger)
14	Acondicionador (12'x12" "C")
15	Celdas DR-300 (1ra Limpieza)
16	Celdas DR-300 (2da Limpieza)
17	Acondicionador (12'x12" "D")
18	Hidrociclones Mozley 1 1/2" Ø (Flotación)
19	Multi-separadores gravimétricos
20	Celdas DR-180 (3er banco 1ra Limpieza)
21	Hidrociclones Mozley 1 1/2" Ø (3er banco 1ra Limpieza)
22	Espesador 70" Ø
23	Acondicionador (5'x6" "D")
24	Celdas RCS
25	Celdas SP-18
26	Celdas columna 1m Ø x10m
27	Celdas columna 0.6m Ø x8m
28	espesadores 15" Ø Denver "Sn"
29	espesadores 15" Ø Denver "Ultrafino"



**ANEXO 11. SECCION DE FILTRADO.**



**ANEXO 12. SECCION DE RELA VERA.**



N°	Equipos Planta
	<b>ESPESADORES</b>
1	<b>Espesador de 80' Ø (PRELL)</b>
2	<b>Bombas 80 1 A/B 2 A/B</b>
3	<b>Bombas 33 F A, B, (D, E, (STA</b>
4	<b>Bombas 33 F C</b>
5	<b>Bombas 36 F A, B, C, E</b>
6	<b>Bombas 37 F A, B, C</b>
7	<b>Bombas 38 F A, B, C</b>
8	<b>Bombas 34 F - A,B,C</b>
9	<b>Bombas 39 F - A,B,C</b>



## Informe de Ensayo SREM240519

Página: 1 de 1

A SOLICITUD DE	MINSUR S.A.
	Jr. Bemini 149, Of. 501-A, San Borja, Lima 41, Peru
POR CUENTA DE	MINSUR S.A.
	Jr. Bemini 149, Of. 501-A, San Borja, Lima 41, Peru
ASUNTO	Análisis Químico
PRODUCTO DESCRITO COMO	PRODUCTOS METALURGICOS
CANTIDAD DE MUESTRAS	06
LUGAR Y FECHA DE RECEPCION	Bureauveritas -Recepcion UM San Rafael, 2023-06-29 07:53:00
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES	En Sobres de Papel con Lacre Peso contenido de 300 gr Aprox. Peso menor a 2 kg., Secas.
REFERENCIA DEL CLIENTE	SR-23-305
FECHA DE REALIZADO EL ENSAYO	Del 2023-06-29 08:53:00 Al 2023-06-30 08:42:57

### METODO DE ENSAYO

GQ_ISP611A	NB 1101004-2007 Validado (Modificado) 2023. Estaño. Determinación de Estaño en menas, concentrados, productos y subproductos
GQ_ISP614A	metalúrgico de determinación de azufre en muestras de geoquímica metalúrgicas y planta

Elemento	Si	S
Método de Ensayo	GQ_ISP611A	GQ_ISP614A
Límite Cuantificación	0.16	0.01
Unidades	%	%
SR-23-6138	1.99	1.03
SR-23-6139	2.17	0.93
SR-23-6140	2.30	1.04
SR-23-6141	2.42	1.08
SR-23-6142	2.25	1.28
SR-23-6143	3.41	2.08

Las muestras de Pechazos gruesos deberán ser retiradas por el área de Geología dentro de las 48 horas de ingresadas al Lab. Inspectorate - , Caso Contrario se

Analizado y Emitido en Car. Desvío C. Juliaca - Macusani km. 102 Asiento Minero San Rafael Antauta, Melgar, Puno-Perú el: 2023-06-30 08:42:57

Ing. Victor Hugo Vigo Montoya  
CIP N° 177257  
INGENIERO RESIDENTE  
BUREAUVERITAS S.A.

Los Ensayos han sido realizados por el Laboratorio Inspectorate Servicios Perú S.A.C Unidad Minera San Rafael, Car. Desvío C. Juliaca -Macusani km. 102 Asiento Minero San Rafael Antauta, Melgar, Puno. Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Servicios Perú S.A.C. Se declara que los resultados son relacionados directamente con los ítems sometidos a ensayo y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad o normas de producto o una certificación de Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. El laboratorio no se responsabiliza del origen o fuente de donde se hayan tomado las muestras. La información del Producto, Tipo de muestra y las fuentes de muestra han sido proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.





## Informe de Ensayo SREM230150

Página: 1 de 1

A SOLICITUD DE	MINSUR S.A. Jr. Bemini 149, Of. 501-A, San Borja, Lima 41, Peru
POR CUENTA DE	MINSUR S.A. Jr. Bemini 149, Of. 501-A, San Borja, Lima 41, Peru
ASUNTO	Análisis Químico
PRODUCTO DESCRITO COMO	PRODUCTOS METALURGICOS
CANTIDAD DE MUESTRAS	16
LUGAR Y FECHA DE RECEPCION	Bureauveritas -Recepcion UM San Rafael, 2023-01-20 07:30:00
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES	En Sobres de Papel con Lacre Peso contenido de 300 gr Aprox. Peso menor a 2 kg., Secas.
REFERENCIA DEL CLIENTE	SR-23-100
FECHA DE REALIZADO EL ENSAYO	Del 2023-01-20 08:53:00 Al 2023-01-30 08:42:57

### METODO DE ENSAYO

GQ_ISP638A	NB 1101000:2007 Validado (Modificado) 2023. Estaño. Determinación de Estaño en menas, concentrados, productos y subproductos
GQ_ISP653A	metálgico de determinación de azufre en muestras de geoquímica metalúrgica y planta

Elemento	Sn	S
Método de Ensayo	GQ_ISP611A	GQ_ISP614A
Límite Cuantificación	0.18	0.01
Unidades	%	%
SR-23-3138	<b>1.68</b>	<b>0.97</b>
SR-23-3139	1.95	0.16
SR-23-3140	2.51	0.01
SR-23-3141	2.30	0.33
SR-23-3142	2.08	0.32
SR-23-3143	2.12	0.36
SR-23-3144	2.13	0.34
SR-23-3145	2.23	0.30
SR-23-3146	2.11	0.30
SR-23-3147	1.88	0.40
SR-23-3148	1.75	0.14
SR-23-3149	1.79	0.46
SR-23-3150	1.96	0.49
SR-23-3151	2.15	0.44
SR-23-3152	2.34	0.45
SR-23-3153	2.18	0.33

Las muestras de Rechazos gruesos deberán ser retiradas por el área de Geología dentro de las 48 horas de ingresadas al Lab. Inspectorate - Caso Contrario se

Análisis y Emisión en Car. Devito C. Juliaca - Macusani km. 102 Asiento MInero San Rafael Antauta, Melgar, Puno-Perú el : 2023-01-30 08:42:57

Ing. Victor Hugo Vigo Montoya  
CIP N° 177257  
INGENIERO RESIDENTE  
BUREAUVERITAS S.A.

Los Ensayos han sido realizados por el Laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C. Unidad Minera San Rafael, Car. Devito C. Juliaca - Macusani km. 102 Asiento MInero San Rafael Antauta, Melgar, Puno. Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Se declara que los resultados ser elaborados únicamente con los ítemes sometidos a ensayo y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o una certificación de Sistema de Calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio no se responsabiliza del origen o fuente de donde se hayan tomado las muestras.

La información del Producto, Tipo de muestra y las fuentes de muestra han sido proporcionadas por el cliente. El laboratorio no se hace responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Lucio Vilca Flores  
identificado con DNI 46279685 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Metalúrgica

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"Evaluación de los parámetros de operación del concentrador Jigs

Para optimizar la recuperación de cobre en la unidad minera San Rafael-Trujillo S.A.

"Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 28 de octubre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella





### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Lucio Vilca Flores  
, identificado con DNI 46279685 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Metalúrgica

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  Título Profesional denominado:

"Evaluación de los parámetros de operación del concentrador Jig para optimizar la recuperación de estaño en la unidad minera San Gabriel - Miraflores S.A."

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 28 de octubre del 2024

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA (obligatoria)



Huella