# UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

**T E S I S**

# Flotación de limpieza bulk para mejorar la calidad del concentrado a nivel de laboratorio de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. – Pasco 2023

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero metalurgista**


**Autor:**

**Bach. Luis Gustavo CARHUAZ HINOSTROZA**

**Asesor:**

**Dr. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO**


**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

**T E S I S**

# Flotación de limpieza bulk para mejorar la calidad del concentrado a nivel de laboratorio de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. – Pasco 2023

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

| | |
|---|---|
| Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA<br>**PRESIDENTE** | Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO<br>**MIEMBRO** |

Dr. Ramiro SIUCE BONIFACIO
**MIEMBRO**

**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**
**Facultad de Ingeniería**
**Unidad de Investigación**

# INFORME DE ORIGINALIDAD N°174-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:
**CARHUAZ HINOSTROZA, Luis Gustavo**

Escuela de Formación Profesional
**Ingeniería Metalúrgica**

Tipo de trabajo:
**Tesis**

**"Flotación de limpieza bulk para mejorar la calidad del concentrado a nivel de laboratorio de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. – Pasco 2023"**

Asesor:
**Dr. SURICHAQUI HIDALGO, Marco Antonio**

Índice de Similitud: **14%**

**APROBADO**

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 28 de agosto del 2024

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [AVANZADA]
Firmado digitalmente por MEJIA CACERES Reynaldo FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 28.08.2024 15:48:49 -05:00

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis con profundo cariño y respeto a mi madre, quien con gran sacrificio hizo todo lo posible para culminar mi trabajo de investigación y a mi familia por todo el apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por que nunca me desamparo en momentos difíciles de mi carrera profesional, a mi madre, mi hermana y mis tíos por sus buenos consejos, ánimos y su ayuda incondicional para concretar cada meta trazada.

Agradezco a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, con buenos docentes me ayudo a formarme con un profesional ético en la carrera de ingeniería metalúrgica.

A todas las empresas mineras del centro del Perú, que me abrieron las puertas para completar mi carrera profesional como ingeniero metalurgista y mediante muchas experiencias desarrollar el presente trabajo.

## RESUMEN

El estudio tiene como objetivo realizar pruebas de flotación de limpieza bulk para mejorar la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. para lo cual se realiza pruebas de flotación a nivel de laboratorio con los reactivos depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$ y $ZnSO_4$.

El tipo de investigación que se aplica la experimental, y el nivel del estudio es exploratorio del tipo descriptivo. La muestra lo constituye los 20 L provenientes de las celdas FM100 + OK-30 + OK–50. La recolección de datos se obtuvo de los reportes de laboratorio y el balance metalúrgico de cada prueba batch, tanto con la dosificación con dos reactivos y tres reactivos.

Los resultados nos muestran una ley de cabeza de 2,83 Oz Ag, 1,70% Pb, 4,31% Zn, 0,23% Cu y 8,75% Fe. El análisis granulométrico del underzise alimento al circuito de plomo tiene un $D_{80}$ 286 micras y un $D_{50}$ 166 micras, siendo la Ge del concentrado bulk 5,85. La cabeza ensaya muestra de concentrados provenientes de FM100+OK-30+OK-50 para la prueba tiene 35,03 Oz/t, 15,22% Pb, 9,10% Zn, 4,34% Cu y 15,95% Fe. Las pruebas se trabajaron con peso de muestra de 1000 gramos, a 66% sólidos, en la que se dosificó NaCN en 10 g/t y $Na_2S_2O_5$ de 50 g/t a 100 g/t, donde se obtuvo un concentrado bulk con una calidad de 51,65% de plomo. La otra prueba consistió en dosificar NaCN, $ZnSO_4$ y $Na_2S_2O_5$, donde el cianuro de sodio se mantuvo en 10 g/t, el sulfato de zinc vario de 50g/t a 100 g/t y el metabisulfito de sodio se varió de 50 g/t a 100 g/t, las revoluciones del impulsor se mantuvo en 1000 rpm, para un tiempo de flotación de 11 minutos y el pH se controló entre 8,80 a 9,80. El resultado es que se obtuvo una calidad de concentrado bulk de 55,02% Pb.



***Palabras clave:*** Flotación, limpieza y concentrado bulk

## ABSTRACT

The objective of the study is to carry out bulk cleaning flotation tests to improve the quality of the concentrate of the El Porvenir Mining Unit - Nexa Resources Perú S.A.A. for which flotation tests are carried out at the laboratory level with the depressant reagents NaCN and $Na_2S_2O_5$ and $ZnSO_4$.

The type of research that is applied is experimental, and the level of the study is exploratory of the correlational type. The sample is made up of 20 L from cells FM100 + OK-30 + OK - 50. Data collection was obtained from laboratory reports and the metallurgical balance of each batch test, both with the dosage with two reagents and three reagents.

The results show us a head grade of 2.83 Oz Ag, 1.70% Pb, 4.31% Zn, 0.23% Cu and 8.75% Fe. The granulometric analysis of the feed underzise to the lead circuit has a D80 286 microns and a D50 166 microns, with the Ge of the bulk concentrate being 5.85. The head tests a sample of concentrates from FM100+OK-30+OK-50 for the test has 35.03 Oz/t, 15.22% Pb, 9.10% Zn, 4.34% Cu and 15.95% Fe. The tests were carried out with a sample weight of 1000 grams, at 66% solids, in which NaCN was dosed at 10 g/t and $Na_2S_2O_5$ from 50 g/t to 100 g/t, where a bulk concentrate was obtained with a quality of 51.65% lead. The other test consisted of dosing NaCN, $ZnSO_4$ and $Na_2S_2O_5$, where sodium cyanide was maintained at 10 g/t, zinc sulfate varied from 50 g/t to 100 g/t and sodium metabisulfite was varied from 50 g/t to 100 g/t, the impeller revolutions were maintained at 1000 rpm, for a float time of 11 minutes and the pH was controlled between 8.80 and 9.80. The result is that a bulk concentrate quality of 55.02% Pb was obtained.


**Keyword:** Flotation, cleaning and bulk concéntrate

# INTRODUCCIÓN

La flotación de minerales sulfurados en nuestro país es muy importante, gracia a ello la gran minería viene realizando la recuperación de metales como el cobre, plomo, zinc, plata, oro, etc., en forma de concentrado, para posteriormente exportarlos al viejo continente.

La flotación de minerales sulfurados presenta comportamientos diferentes, los que se comportan muy dóciles a la flotación y otros minerales que tienen un comportamiento complejo a la flotación. De igual manera es posible realizar la separación de estos minerales mediante la adición de reactivos depresores, como de los concentrados bulk.

El trabajo de investigación tiene la finalidad de mejorar la calidad del concentrado bulk proveniente de las celdas (FM100 + OK-50 + OK-30) mediante la flotación de limpieza a nivel de laboratorio de la Unidad el porvenir de la Empresa Nexa Resources S.A.A. Se realizaron pruebas de flotación utilizando celdas para 2 litros de pulpa, en la que se adiciono reactivos como el cianuro de sodio, sulfato de zinc y el metabisulfito de sodio.

Se variaron la dosificación de los reactivos en la que el sulfato de zinc se adiciono en el rango de 50 g/T a 100 g/t, el cianuro de sodio se mantuvo en 10 g/t y el metabisulfito se adiciono entre 50 g/t a 100 g/t, las revoluciones de la celda se trabajó en 1000 rpm, el potencial de hidrogeno se mantuvo entre 8,80 a 9,80, para un tiempo de flotación de 11 minutos.

Se realizaron pruebas con dosificaciones NaCN – $Na_2S_2O_5$ y NaCN – $ZnSO_4$ - $Na_2S_2O_5$, teniendo mejores resultados con la dosificación de los tres reactivos que logro obtener un concentrado de 55,02% de concentrado de plomo, 125,71 Oz/t, 7,74% de cobre con un contenido de fierro de 8,08%.

El desarrollo de las tesis se estructuro de acuerdo al protocolo de la universidad que es de la siguiente manera:

En capítulo I, presento el planteamiento del problema general, problemas específicos, objetivo general, objetivos específicos, justificación del estudio y las limitaciones en la elaboración de la limpieza del concentrado bulk.

En Capítulo II, Contiene los antecedentes de estudio, el marco teórico que se elaboró en base a las variables en estudio, definición de términos y la operacionalización de variables en relación con la flotación de limpieza bulk en el mejoramiento de la calidad del concentrado a nivel de laboratorio de la Empresa Nexa Resources.

En Capítulo III, metodología, en este ítem se desarrolla el tipo de investigación, metodología que se aplica en el estudio. De igual manera, se toma en cuenta la población y la muestra que se utiliza para las pruebas metalúrgicas, además, se menciona la utilización de la técnica de recolección de información y su respectivo procesamiento de los datos.

En Capítulo IV, discusión de resultados, se presentan datos de campo obtenidos de la planta concentradora como: ley de cabeza, gravedad especifica del mineral, análisis granulométrico del undersize. También se presenta las pruebas metalúrgicas realizadas con los reactivos utilizados en la flotación de limpieza del concentrado bulk.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

**CAPÍTULO I**

**PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema ..... 1

1.2. Delimitación de la investigación ..... 2

1.3. Formulación del problema ..... 2

1.3.1. Problema general ..... 2

1.3.2. Problemas específicos ..... 2

1.4. Formulación de objetivos ..... 3

1.4.1. Objetivo general ..... 3

1.4.2. Objetivos específicos ..... 3

1.5. Justificación de la investigación ..... 3

1.5.1. Justificación práctica ..... 3

1.5.2. Justificación metodológica ..... 4

1.6. Limitaciones de la investigación ..... 4

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes del estudio ..... 5

2.2. Bases Teóricas – Científicas ..... 8

2.2.1. ¿Qué es un concentrado de mineral? ..... 8
2.2.2. Procesos de flotación. ..... 9
2.2.3. Flotación colectiva bulk ..... 9
2.2.4. Flotación de minerales ..... 10
2.2.5. La importancia del proceso de flotación de minerales ..... 10
2.2.6. Factores que intervienen en la flotación ..... 11
2.2.7. Variables de flotación ..... 13
2.2.8. Pruebas de laboratorio ..... 14
2.2.9. La Celda de Flotación de Laboratorio ..... 15
2.2.10. Reactivos de flotación ..... 16
2.3. Definición de términos básicos ..... 19
2.4. Formulación de Hipótesis ..... 20
2.4.1. Hipótesis general ..... 20
2.4.2. Hipótesis especificas ..... 20
2.5. Identificación de variables ..... 20
2.5.1. Variable independiente ..... 20
2.5.2. Variable dependiente ..... 21
2.5.3. Variable interviniente ..... 21
2.6. Definición operacional de variables e indicadores ..... 21

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación ..... 22
3.2. Nivel de investigación ..... 22
3.3. Métodos de investigación ..... 23
3.4. Diseño de investigación ..... 23

3.5. Población y muestra.....26

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos.....28

3.7. Selección, validación y confiabilidad de instrumentos de investigación .....29

3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos .....29

3.9. Tratamiento estadístico.....30

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica.....30

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....31

4.1.1. Análisis granulométrico del underzise del ZAF alimento al circuito de flotación bulk.....32

4.1.2. Determinación de la gravedad especifica del concentrado bulk .....33

4.1.3. Ensaye de la ley de cabeza .....34

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....35

4.2.1. Resultados de las pruebas de flotación de limpieza a nivel de laboratorio con los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$.....35

4.2.2. Resultados de las Pruebas de flotación de limpieza a nivel de laboratorio con los depresores NaCN, $ZnSO_4$, $Na_2S_2O_5$.....40

4.2.3. Comparación de las recuperaciones y calidad del concentrado bulk ...44

4.3. Prueba de hipótesis .....45

4.3.1. Hipótesis de Investigación.....45

4.3.2. Prueba de Hipótesis .....45

4.4. Discusión de resultados .....47

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables e Indicadores de Operación.....21

Tabla 2: Ensaye de ley de cabeza .....32

Tabla 3: Análisis granulométrico de la ZAF (Zarandas de alta Frecuencia).....32

Tabla 4: Gravedad especifica del concentrado bulk .....33

Tabla 5: Reporte de ensaye químico de guardia.....34

Tabla 6: Balance metalúrgico de la prueba .....36

Tabla 7: Balance metalúrgico de la prueba .....37

Tabla 8: Balance metalúrgico de la prueba .....38

Tabla 9: Balance metalúrgico de la prueba .....39

Tabla 10: Balance metalúrgico de la prueba.....41

Tabla 11: Balance metalúrgico de la prueba.....42

Tabla 12: Balance metalúrgico de la prueba.....43

Tabla 13: Balance metalúrgico de la prueba.....44

Tabla 14: Comparación de combinación de reactivos y calidad de conc. bulk.....44

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico1: Mineral de plomo-cobre (Bulk).....10

Gráfico 2: Reactivos de flotación .....13

Gráfico 3: Celda de flotación.....16

Gráfico 4: Metabisulfito de sodio .....18

Gráfico 5: Sulfato de zinc .....18

Gráfico 6: Cianuro de sodio.....19

Gráfico 7: Diseño planificado de las pruebas estándar.....24

Gráfico 8: Distribución de tamaño de partícula.....33

Gráfico 9: Concentrado bulk .....34

Gráfico 10: Diagrama de flujo de circuito de plomo-Bulk .....35

Gráfico 12: Condiciones de flotación .....37

Gráfico 13: Condiciones de flotación .....38

Gráfico 14: Condiciones de flotación .....39

Gráfico 15: Condiciones de flotación .....40

Gráfico 16: Condiciones de flotación .....41

Gráfico 17: Condiciones de flotación .....42

Gráfico 18: Condiciones de flotación .....43

Gráfico 19: Distribución .....46

# CAPÍTULO I

# PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Identificación y determinación del problema

La unidad minera El Porvenir - NEXA Resources Perú S.A.A., viene beneficiando minerales de zinc, plomo, cobre y con contenidos de oro y plata en la Planta de la unidad minera en la ciudad Cerro de Pasco, siendo la región Pasco rico en minerales polimetálicos, que contienen sus yacimientos elementos metálicos como cobre, plomo (plata y oro), zinc. Siendo uno de los productores polimetálicos de bajos costos.

El problema que tenemos es el circuito de flotación bulk es la calidad de concentrado bulk que tiene baja calidad para su comercialización que oscila 45,97% Plomo y 9,89% de Cobre, siendo un concentrado complejo con oscilaciones en la recuperación y el grado de la calidad. Lo que se pretende con este estudio es mejorar la calidad del concentrado bulk, para ello se realizara pruebas metalúrgicas combinando reactivos como NaCN, $ZnSO_4$ y $Na_2S_2O_5$ (metabisulfito de sodio).

Por tal motivo se van a realizar pruebas con el reactivo depresor como el NaCN, el metabisulfito de sodio y el sulfato de zinc a nivel de laboratorio, que se llevara a cabo en las instalaciones del laboratorio metalúrgico de la empresa minera.

## 1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se llevará a cabo en el laboratorio metalúrgico de la Empresa Minera Nexa Resources Perú S.A.A., en la Unida Minera el porvenir que se encuentra ubicado en el distrito Yanacancha, provincia de Pasco, región de Pasco.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cómo realizar las pruebas de flotación de limpieza bulk para mejorar la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2023?

### 1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es la calidad de la flotación de limpieza bulk a nivel de laboratorio con los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$ de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A.?
- ¿Cómo es la flotación de limpieza bulk a nivel de laboratorio con los depresores NaCN, $Na_2S_2O_5$ y $ZnSO_4$ de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A.?
- ¿Cómo realizar la comparación de resultados de las pruebas de flotación de limpieza para determinar la calidad y recuperación del concentrado bulk de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A.?

## 1.4. Formulación de objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Realizar pruebas de flotación de limpieza bulk para mejorar la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2023

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar pruebas de flotación de limpieza a nivel de laboratorio con los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$ para determinar la calidad del concentrado bulk de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A.
- Realizar pruebas de flotación de limpieza a nivel de laboratorio con los depresores NaCN, $ZnSO_4$, $Na_2S_2O_5$ para determinar la calidad del concentrado bulk de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A.
- Realizar la comparación de resultados de las pruebas para determinar el mejor resultado en calidad y recuperación.

## 1.5. Justificación de la investigación

### 1.5.1. Justificación práctica

Los resultados de la investigación se presentarán a la empresa Minera Nexa Resources Perú, para que tengan una mayor información del comportamiento metalúrgico de la calidad del concentrado bulk y puedan decidir aplicarlo a las operaciones metalúrgicas a nivel industrial. Además, los resultados que se obtengan van servir a los ingenieros de turno para que puedan decir corregir los parámetros de dosificación de reactivos y controlar mejor la operación de flotación.

### 1.5.2. Justificación metodológica

En el desarrollo del estudio se comprueba la aplicación teórica de principios fenomenológicos de la flotación por espumas, y el control de los parámetros de flotación que tienen influencia en la recuperación del concentrado. De esta manera se está relacionando la teoría aplicada a la práctica de la flotación.

## 1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones que se presentó en la investigación no se tuvo el apoyo de algunos supervisores de la planta por encontrarme en otra sección ajeno a la planta concentradora, además se tuvo poco apoyo del laboratorio metalúrgico con los ensayes que pudieran enriquecer los resultados del estudio.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

## 2.1. Antecedentes del estudio

Ganoza, J. (2021), en su investigación del Efecto de metabisulfito de sodio en el circuito de limpieza de zinc menciona:

El efecto del metabisulfito de sodio es más importante en la flotación de pirita que en la esfalerita, por lo tanto, una mejor separación puede ser obtenida en presencia de metabisulfito de sodio. La flotabilidad de la esfalerita ligeramente decrece con un incremento en la adición de metabisulfito de sodio. Sin embargo, el efecto del metabisulfito de sodio en la flotación de pirita es más pronunciado con una buena reducción de su flotabilidad en medio de una concentración adecuada. Empero, en concentraciones superiores de metabisulfito, la recuperación de pirita ligeramente aumenta.

La recuperación de esfalerita estuvo entre 64.1% y 75.3% mientras que el desplazamiento de pirita fue alto, entre 63% y 96.5%. Los resultados de la Prueba 3 con 220 g/t de sulfato de cobre y 50 g/t de xantato logran la mayor recuperación

de esfalerita, pero su comportamiento no es estable y el desplazamiento de pirita es muy alto, superior a 90%.

Los resultados con adición de metabisulfito de sodio permitieron obtener concentrados con un contenido de zinc de 51.5% a 53.2%, con una cantidad de hierro de 5.3% a 7.6%. Es decir, el concentrado de zinc mejoro su calidad. El tamaño de partícula promedio fue de un K80 de 24 µm. La adición adecuada de metabisulfito de sodio parece estar entre 30 y 40 g/t. Como el dixantógeno es el responsable de la flotación de la pirita, el metabisulfito de sodio al ser más reductor que la cupla xantato/dixantógeno, previene la oxidación del xantato.

Una sal como el metabisulfito genera iones que interactúan con el colector absorbido en la superficie de la pirita. Una reducción del colector absorbido y un aumento en su grado de hidrofilicidad reduce su flotabilidad. La presencia de metabisulfito disminuye el contenido de oxígeno y se produce una reducción en la cantidad de dixantógeno en la superficie de la pirita. Como consecuencia se genera la formación de hidróxidos de cobre/hierro en la superficie de la pirita, los que promueven una superficie hidrofílica. La efectiva depresión de la pirita es un requisito importante para la producción de concentrados de zinc de grado comercial. La adición de metabisulfito de sodio fue adecuada para disminuir el contenido de pirita reportada en el concentrado de zinc y reducir el contenido de hierro.

Luna, M. & Santa Cruz, M. (2022) presentó la tesis Tratamiento del concentrado de flotación Plomo – Plata., de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho, quien se plantea como problema de investigación, ¿En qué medida, puede incrementarse tratamiento del concentrado de flotación plomo-plata de la Unidad Minera Raura?, y como objetivo se planteó,

mejorar la operación de mineral aumentando el tratamiento del concentrado de la flotación Pb - Ag de la Unidad Minera Raura. Realizada las pruebas experimentales llega a las siguientes conclusiones:

1. Se logró realizar la recuperación de plomo y plata en el concentrado con una alta ley, realizándose en una sola etapa.
2. La cantidad de mineral valioso recuperado en la flotación se ha incrementado, aumentando el tiempo de la cinética de flotación.
3. Los granos gruesos del concentrado facilitan el proceso de filtración, por lo que se observa no presenta ninguna dificultad.

Azañero A. (2010), en su investigación de flotación de minerales polimetálicos sulfurados de Pb, Cu y Zn menciona:

**Flotación bulk cobre-plomo**, esta flotación se realiza con una depresión simultánea de sulfuros de zinc y pirita, la flotación cobre – plomo se realiza a pH natural o levemente alcalino utilizando xantatos y dithiofosfatos como colectores, la depresión de la pirita y esfalerita se logra mediante el uso de cal, cianuro, bisulfito y sulfato de zinc en dosificaciones que no afecten la flotación del cobre que es deprimido por el cianuro y el plomo por el bisulfito en concentraciones altas. Además, se debe agregar que el sulfuro de cobre flota entre pH: 3 y 12 y el pH de flotación de la galena está en el rango neutro a ligeramente alcalino, y cuando tiene alto contenido de plata el plomo tiende a deprimirse a pH mayor a 9.5.

**Depresión de esfalerita y pirita**, Durante la flotación bulk Cu-Pb, la pirita se deprime con cianuro y bisulfito de sodio y la esfalerita con sulfato de zinc.

Se ha determinado la existencia de $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ sobre la superficie de la pirita, no permitiendo que ésta flote.

El bisulfito deprime la pirita, al descomponer los xantatos, dixantógenos y luego el alcohol componente del xantato.

El motivo por el cual la esfalerita flota indebidamente en el bulk depende de cada mineral, las causas pueden ser:

(a) Asociación mineralógica Cu-Zn ó Pb-Zn

(b) Arrastre de sulfuros de zinc durante la flotación bulk por factores mecánicos.

(c) Activación natural de la esfalerita debido a la presencia de iones metálicos Cu, Ag, As, Sb, Cd, en el mineral ó en el agua de tratamiento.

Los dos primeros factores pueden ser regulados mejorando las condiciones de molienda, dosificación de reactivos y eficiencia de remoción de espumas.

El tercer factor es un tema difícil, aunque puede ser parcialmente controlado por dosificación de reactivos depresores tales como el sulfato de zinc, cianuros, bisulfitos o sulfuro de sodio

## 2.2. Bases Teóricas – Científicas

### 2.2.1. ¿Qué es un concentrado de mineral?

Se llama concentrado de metales al producto rico en metales. Según la sociedad de minería (s.f., pág. 1) menciona:

los concentrados contienen metal pero que está acompañado por otros elementos, además de materiales residuales.

Los concentrados se obtienen por varios procesos de concentración tales como la flotación, la lixiviación, la gravimetría, entre otros.

Los concentrados de minerales son el producto de comercialización a nivel global que deben pasar por el proceso de fundición y refinación para obtener metales con un mayor nivel de pureza (con la finalidad que puedan ser empleados en la planta galvanizadora, acería, manufacturera, etc.)

Según Bustamante, M. (2020) manifiesta "La concentración del mineral es una operación en donde se eleva el contenido mineralógico de la mena, utilizando equipos de separación sólido-líquido y generar una corriente enriquecida de un mineral de interés".

### 2.2.2. Procesos de flotación.

La flotación es un proceso que tiene como fin concentrar el mineral valioso, como el plomo que viene de la molienda. Esencialmente se efectúa la separación de la pulpa en dos productos: El concentrado y la cola. (Ver Figura N°1)

El concentrado debe estar formado por el 100% del mineral valioso y la ganga debe estar conformado por el 100% de relave. Al respecto Peqqueña, D. (2016) concluye: "que lo manifestado líneas arriba no ocurre en la práctica debido a que la liberación y separación de partículas no son perfecto por lo que siempre van a ver porcentajes mínimos que no se liberó adecuadamente"

### 2.2.3. Flotación colectiva bulk

Es una flotación en conjunto en donde todos los minerales valiosos y de un solo tipo mineralógico (por ejemplo: sulfuros) flotan en las espumas de las celdas. salen en la espuma.

Huancan, A. (2015), manifiesta que "la flotación bulk es la recuperación de todas las especies valiosas (Au, Pb, Ag, Zn, Cu, etc.) en un único producto llamado Concentrado"

**Gráfico 1:**

Mineral de plomo-cobre (Bulk)

*Nota:* Imagen tomado de MB Group

### 2.2.4. Flotación de minerales

La flotación por espumas es un proceso físico - químico de la concentración de minerales finamente molidos. El proceso comprende el tratamiento químico de una pulpa de mineral a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de ciertas partículas de minerales a las burbujas de aire. Tiene por objeto la separación de especies minerales, divididos a partir de una pulpa acuosa, aprovechando sus propiedades de afinidad (hidrofílico) o repulsión (hidrofóbico) por el agua. Las especies valiosas o útiles constituyen una fracción menor del mineral, mientras que las especies no valiosas o estériles constituyen la mayor parte (Bravo, 2004, pág. 4)

### 2.2.5. La importancia del proceso de flotación de minerales

Según Quinde (2021) al respeto manifiesta:

La flotación es una etapa fundamental del proceso de una planta concentradora, en donde se concentra el mineral valioso y que a la vez se refleja en el rendimiento

del proceso; y esto a la vez en la recuperación del mineral y calidad del producto, que tiene un efecto en los ingresos de la empresa.

Una flotación deficiente en la operación lo que ocasiona enviar a la etapa de beneficio (depósito de relave) material que no podrá ser procesado a pesar de haberse incurrido en gastos económicos importantes en las etapas de extracción mina, transporte de material, y en las etapas de reducción de tamaño del mineral (chancado, molienda), todas ellas previos al proceso de flotación propiamente tal.

Hay numerosos elementos que logran afectar la eficiencia del proceso de la flotación, en donde se puede identificar algunos de ellos a continuación:

- Tipo de mineral y condiciones de operación (diagnósticos de proceso, niveles de pulpa, cantidad de aire en el proceso)
- Preparación/ Capacitación del personal
- Mantenimiento de equipos de flotación (procedimientos, accesorios, inspecciones)
- Innovación de equipos y sistemas de control.

### 2.2.6. Factores que intervienen en la flotación

Según Bravo (2004) considera cuatro factores de flotación, que a continuación le presentamos: pulpa, reactivos, agitación y aire.

**a) La pulpa.**

Es una mezcla del mineral molido con el agua, que reúne ciertas condiciones para la flotación del mineral valioso, donde el mineral debe estar adecuadamente molido a un tamaño de partícula no mayor de la malla 48, ni menor a la malla 270, dentro de este rango de tamaño de partículas, se logrará recuperar de manera más eficiente las partículas de los sulfuros valiosos, que depende fundamentalmente de la mineralogía de tipo de mineral.

**b) pH.**

Indica la cantidad de cal que contiene el circuito de flotación, esto es, su alcalinidad; a más adición de cal, la pulpa se hace más alcalina; a menos adición de cal, menos alcalina. El pH nos manifiesta las condiciones de cal en la pulpa.

**c) Aire.**

Es un factor importante que sirve para la formación de las burbujas que se necesita en las celdas. El aire ayuda a agitar la pulpa.

Las espumas atrapan la burbuja de aire y hacen subir el elemento valioso hacia la superficie de la pulpa, en cada celda.

**d) Reactivos.**

Son sustancias químicas que sirven para la recuperación de los sulfuros valiosos, despreciando o deprimiendo a la ganga e insolubles. Mediante la utilización de reactivos se selecciona los elementos metálicos de valor en sus propios concentrados. La función específica de cada reactivo se clasifica en tres grupos: Espumantes, Colectores y modificadores. Ya sabemos que en cualquier celda de flotación encontramos agua, aire, mineral molino y reactivos. Estos reactivos son sustancias que gustan y se asocian a uno o más de los elementos valiosos, pero no a los otros.

**Clasificación de los reactivos**

**Espumante.** Tienen como fin la formación de una espuma capaz de mantener las burbujas cargadas de mineral hasta su extracción de la máquina de flotación (celdas)

**Colector.** Es el reactivo principal del proceso de flotación debido a que produce la capa hidrofóbica sobre la partícula del mineral

**Modificadores.** Actúan como depresores, activadores, reguladores de pH, dispersores, etc. Facilitando el accionar del colector para flotar el mineral de valor, impidiendo la acción a todos los otros minerales como es la ganga.

**Gráfico 2**:

Reactivos de flotación

*Nota.* tomado de Resco.com.pe

**e) Agitación.**

La agitación de la pulpa nos permite la formación de las espumas de aire para la flotación, y además nos sirve para conseguir la mezcla uniforme de los reactivos con los elementos que constituyen el mineral de la pulpa, dentro de la celda. Además, la agitación, nos evita el asentamiento de los sólidos contenidos en la pulpa.

### 2.2.7. Variables de flotación

Son todos los factores que intervienen en la flotación por espumas, con la finalidad de recuperar el mineral valioso.

La flotación como proceso necesitan que las partículas y burbujas, estén dentro de un intervalo de tamaños relacionados entre sí. De esta manera las

partículas pequeñas flotan mejor en las burbujas pequeñas, pero con la condición del tamaño de partículas adecuado, de acuerdo al mineral que se esté flotando. Según Azañero Ortiz (2015) las variables de flotación son las siguientes:

- Densidad de pulpa y porcentaje de sólidos
- pH
- Tiempo de flotación
- Nivel de espuma
- Carga circulante
- Granulometría
- Grado y tipo de aireación
- Temperatura de la pulpa
- Dosificación de reactivos

### 2.2.8. Pruebas de laboratorio

Para realizar pruebas de laboratorio, se deben seguir con las instrucciones adecuadas para tener resultados que sean sensatamente muy cercanos al comportamiento metalúrgico a escala planta. Se da a conocer en los párrafos siguientes la técnica y cuidados desde el proceso de muestreo del mineral hasta la culminación de los ensayos metalúrgicas de minerales sulfurosos. (Chemical, 1998, pág. 56)

**Muestreo.** Se debe muestrear una cantidad suficiente de muestras del yacimiento, con la finalidad de que los resultados de las pruebas subsecuentes manifiesten lo que se espera obtener de la planta concentradora en donde se procesa el mineral. Por tal razón, las muestras deben ser adecuadamente representativa al yacimiento de tal modo que se pueda completar una

investigación entera con una sola muestra, sin la necesidad de volver a muestrear el depósito.

**Preparación de Muestras.** El mineral muestreado grueso se debe transportar al laboratorio lo más pronto posibles y secado con aire. Para las pruebas de flotación, la muestra se debe preparar iniciando con la fractura miento del mineral a tamaños que sean manejables para que sea accesible una división representativa. La molienda, se debe llevarse de preferencia a menos 10 mallas (168 mm). El mineral menor de 10 mallas es después fraccionado representativamente en fragmentos iguales de peso conveniente para los ensayos de flotación. Pueden ser divididos manualmente usando un cortador o por un separador mecánico automatizado.

**Pruebas de Flotación.** Cuando se planifica un programa, de pruebas de flotación, la experiencia juega rol muy importante para reducir el número de variables y la extensión sobre la cual estas variables requieren ser comprobadas.

### 2.2.9. La Celda de Flotación de Laboratorio

Según Edemet (2020) menciona, la celda de flotación es una celda mecánica con aireación forzada, que se utiliza para realizar pruebas de concentración de minerales, investigación de reactivos espumantes, investigación de reactivos colectores, recuperación de minerales, cinética de flotación, concentración selectiva de minerales, flotación selectiva, efecto de la granulometría, efecto del pH, tiempo de flotación, % de sólidos, etc.

La planificación nos permite reducir los diferentes resultados al repetir ensayes bajo las mismas condiciones de operación, resultado del accionar del ser humano y de los componentes mecánicos del equipo.

El equipo cuenta con un variador de frecuencia que permite realizar un control de la velocidad de rotación del impulsor, reduciendo las variaciones de la tensión de la energía eléctrica. Además, se cuenta con suministro interno e independiente de aire, que se controla de modo electrónica.

Una pantalla grade de cuatro líneas retroiluminada, admite leer manifiestamente las variables y ajustar fácilmente cualquier parámetro.

**Gráfico 3:**

Celda de flotación

*Nota.* Imagen tomada de 911metallurgist

### 2.2.10. Reactivos de flotación

Los minerales de plomo y sulfuro de zinc que contienen plata se prueban en laboratorio para determinar el flujograma del proceso más adecuado para producir concentrados de plomo y zinc para la venta en fundiciones. Es necesario recuperar la mayor cantidad posible de plata del concentrado de plomo porque tiene un valor más alto que el concentrado de zinc. El mineral generalmente contiene esfalerita, parte de la cual flota en las vetas de zinc, pero difícilmente se asienta en las vetas de plomo.

Según Azañero Ortiz & Morales Valencia (1999) manifiesta lo siguiente: Los reactivos de flotación juegan un papel importante en el proceso, que, cuando se dosifican al circuito de flotación, realizan una serie de funciones específicas que ayudan a separar los minerales valiosos de la ganga. Sin embargo, la selección de reactivos no es tarea fácil debido a una serie de dificultades técnicas que se presentan en este proceso, como la complejidad mineralógica del mineral, entre otros aspectos.

Al respecto Chunta Tintaya, (2021) menciona: La dosificación de reactivo es una de las variables de control más utilizadas en flotación, ya que es un factor fundamental en la recuperación y selectividad, así como en la desmineralización. El reactivo de flotación, principalmente un colector, funciona mejor en ciertos rangos, el efecto de la dosificación del reactivo en la recuperación de del mineral valioso, a través del experimento de pruebas de flotación metalúrgica a nivel batch.

Los reactivos que se utilizan en las pruebas de flotación a nivel laboratorio son: El Cianuro de sodio, sulfato de zinc y el metabisulfito de sodio.

**Metabisulfito de sodio**. Es un polvo blanco o ligeramente cristalino. Se comercializa comúnmente como un polvo blanco soluble en agua. El metabisulfito de sodio se utiliza en las industrias alimentaria, química y farmacéutica. En la industria textil, se utiliza para blanquear tejidos, como declorador, como agente reductor en tintorería y estampación. Al respecto Ganoza (2021) menciona, el metabisulfito en la industria minera se utiliza para mejorar la separación del sulfuro zinc de la pirita, además, manifiesta, el efecto del metabisulfito de sodio es más importante en la flotación de pirita que en la

esfalerita, por lo tanto, una mejor separación puede ser obtenida en presencia de metabisulfito de sodio.

**Gráfico 4:**

Metabisulfito de sodio

*Nota.* Imagen tomada de metabisulfitodesodio.com

**El sulfato de zinc.** Según Wikipedia (2008) menciona que "es un compuesto químico cristalino, incoloro y soluble en agua, de fórmula $ZnSO_4$, aunque siempre va acompañado de un determinado número de moléculas de agua de hidratación".

El sulfato de zinc y polvo de zinc, generalmente se utiliza en los procesos metalúrgicos, y es un buen flotador de cobre y plomo y también se utiliza como depresor de impurezas.

**Gráfico 5:**

Sulfato de zinc

*Nota.* Imagen tomada de Qingzhou Zhongyuan Chemical

**Cianuro de sodio.** Según Pizzordi (2009), El cianuro de sodio es una sustancia potencialmente letal que se encuentra en forma sólida, en forma de solución de cianuro de sodio o en forma gaseosa como cianuro de hidrógeno. El cianuro se usa en soluciones diluidas en el tratamiento del mineral de oro. En bajas concentraciones, el cianuro también se usa como reactivo para concentrar minerales en el proceso de flotación.

**Gráfico 6:**

Cianuro de sodio

*Nota.* Imagen tomada de Manual de buenas practicas

## 2.3. Definición de términos básicos

**Dosis de Reactivo.** Es la cantidad de reactivos suministrada al proceso que dependerá de las pruebas preliminares realizadas en el laboratorio metalúrgico y del balance económico generado de la evaluación de los consumos.

**Concentrado.** Producto originado en la planta procesadora de los metales y se expresa en un tanto por ciento de los elementos útiles luego del proceso.

**Concentrado bulk.** Producto de dos metales o más que se expresa en porcentajes de calidad del elemento que lo contiene.

**Ley de cabeza.** Contenido de finos en el mineral que entra al proceso de concentración.

**Flotación.** Proceso de concentración donde las partículas de un mineral son incitadas a adherirse a las burbujas de aire originadas por un agente espumante presente en la pulpa, que las hace flotar.

**Parámetros de flotación.** Son todas variables que intervienen en el proceso de flotación cuya finalidad, es encontrar el parámetro óptimo de operación para la recuperación de la mena de valor económico.

**Metabisulfito de sodio.** Es un reactivo que se utiliza para mejorar la separación de minerales sulfurosos de la pirita.

## 2.4. Formulación de Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La Flotación de limpieza bulk mejora la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2023.

### 2.4.2. Hipótesis especificas

- Con las pruebas de flotación de limpieza a nivel laboratorio con los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$ se determinará la calidad de concentrado bulk.
- Con las pruebas de flotación de limpieza a nivel laboratorio con los depresores NaCN, $ZnSO_4$, $Na_2S_2O_5$ se determinará la calidad del concentrado bulk.
- Realizando la comparación de resultados de las pruebas de laboratorio se determina el mejor resultado de la calidad y recuperación del concentrado bulk.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente

- Flotación de limpieza bulk

### 2.5.2. Variable dependiente

- Calidad de concentrado bulk

### 2.5.3. Variable interviniente

- Ley de cabeza
- Granulometría
- Densidad de pulpa
- Porcentaje de sólidos
- Agitación de la celda

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 1:**

Variables e Indicadores de Operación

| Ítem | Variables | Dimensiones | Indicadores |
|---|---|---|---|
| **V.I** | Flotación de limpieza bulk | Prueba a nivel laboratorio con NaCN, $Na_2S_2O_5$ | g/T NaCN, $Na_2S_2O_5$ |
| | | Pruebas a nivel laboratorio con NaCN, $ZnSO_4$, $Na_2S_2O_5$ | g/T NaCN, $ZnSO_4$, $Na_2S_2O_5$ |
| | | Comparación de recuperaciones y calidad de concentrado bulk | % Recuperación, % concentrado |
| **V.D** | Mejorar la calidad del concentrado | Calidad de concentrado bulk, | % concentrado Pb, Cu, Ag |

*Nota.* Elaboración propia.

# CAPÍTULO III

# METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

## 3.1. Tipo de investigación

Según Hernández R. et al., (2018), el tipo de investigación es experimental, es decir, “cuando hay una manipulación directa de la variable independiente, por parte del investigador, para determinar su influencia sobre la variable dependiente bajo condiciones de control de las variables ajenas”.

## 3.2. Nivel de investigación

Según Hernández R. et al., (2014), el nivel de investigación es exploratorio, debido que, se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas.

Como el mineral no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones no han sido establecidas, Se tomará este nivel de investigación.

Según Hernández R. et al., (2014), “Explicativa para saber cómo y por qué las variables están supuestamente relacionadas”.

Debido que se busca explicar las causas de la variable independiente con la variable dependiente.

## 3.3. Métodos de investigación

Según Sánchez Kohn, (2018), manifiesta: Los métodos de investigación son un conjunto de técnicas que son coherentes y direccionan la investigación, como también el uso de determinadas herramientas, que permitirán la obtención del producto o resultados.

El método que se aplicó en las pruebas experimentales es la siguiente:

- Se determinó la gravedad especifica del mineral, debido a que consta de varias fases distintas de minerales.
- Se determinó el análisis químico para determinar la composición del mineral.
- Se realizó los análisis provenientes de la zaranda de alta frecuencia alimento al circuito de flotación de plomo - cobre para determinar el $D_{80}$ y el $D_{50}$ diámetro del tamaño de partículas que van a la celda de flotación.

## 3.4. Diseño de investigación

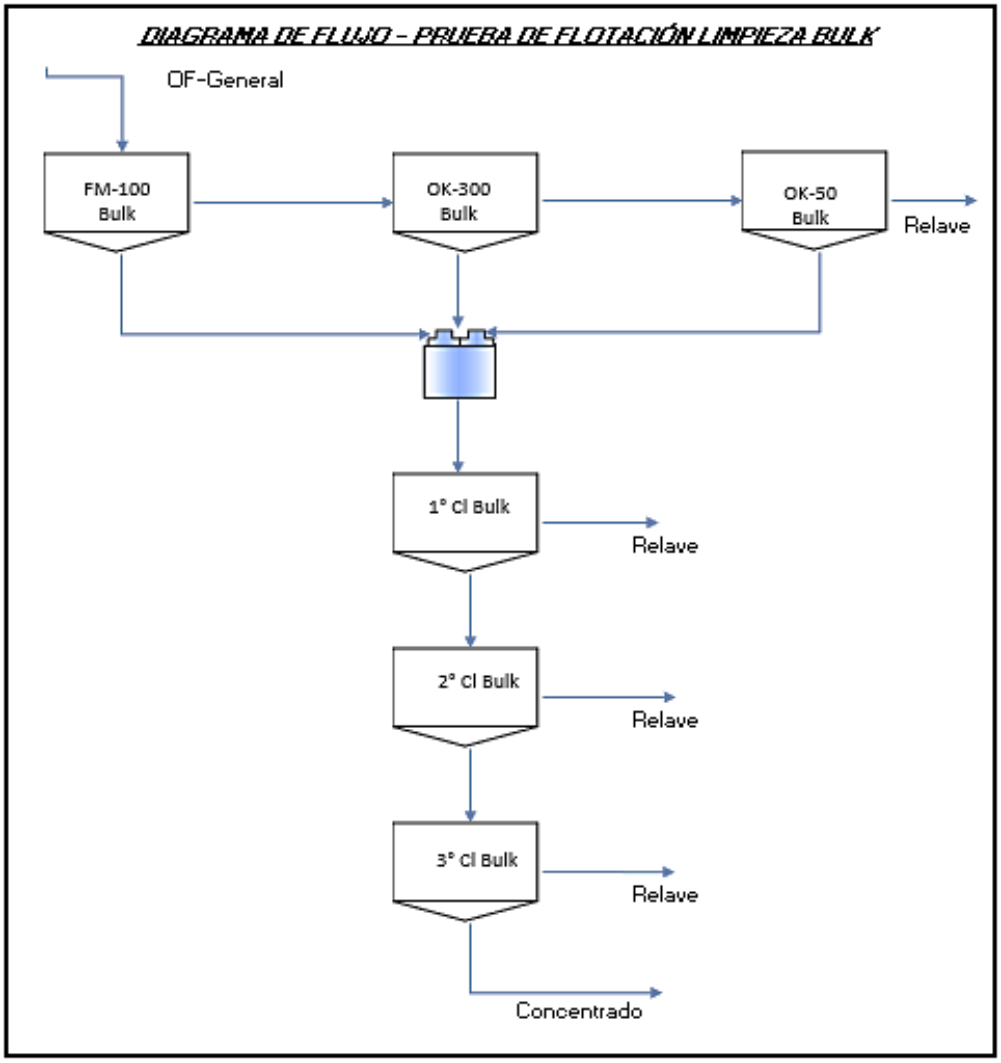
Según Hernández R. et al., (2014) manifiesta que el diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea.

El diseño de investigación es experimental cíclico, debido a que las pruebas siguen un proceso sistémico y no se desecha el relave hasta el final de la prueba, las pruebas se realizan en el laboratorio Metalúrgico de la Empresa minera Nexa Resources Perú, Unidad del Porvenir. Además, la investigación se orienta a ser de corte transversal, debido a que; la recolección de datos se realizó en 8 horas.

Las pruebas experimentales se planifico de la siguiente manera:

**Gráfico 7:**

Diseño planificado de las pruebas estándar




*Nota.* Flujograma de pruebas

El número de pruebas se desarrolló utilizando el diseño factorial a dos niveles. El cual se aplica en el presente trabajo (Anexo 02), se detalla el siguiente modelo.

Numero de pruebas a realizar viene dado por la relación:

$$\mathbf{N = 2^n}$$

Donde:

n = Numero de Variables

N = Numero de Experimentos

- Calculo para 2 variables de la primera prueba

**Variable**

$X_1$ = NaCN

$X_2$ = $Na_2S_2O_5$

**Rango**

NaCN = 10 gr/Tn

$Na_2S_2O_5$ = <50-100> gr/Tn

$$\mathbf{N = 2^2}$$

$$\mathbf{N = 4}$$

En base a que se está utilizando dos variables para la primera prueba, se está considerando trabajar con 4 corridas experimentales utilizando los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$.

- Calculo para 2 variables de la segunda prueba

**Variable**

X1 = $ZnSO_4$

X2 = $Na_2S_2O_5$

**Rango**

$ZnSO_4$ = <50-100> gr/Tn

$Na_2S_2O_5$ = <50-100> gr/Tn

$$\mathbf{N = 2^2}$$

$$\mathbf{N = 4}$$

En base a que se está utilizando dos variables para la segunda prueba, se está considerando trabajar con 4 corridas experimentales utilizando los depresores $ZnSO_4$ y $Na_2S_2O_5$, donde el NaCN de la primera prueba se mantiene constante sin modificar para la segunda prueba.

## 3.5. Población y muestra

**Población:** Como población de estudio se consideró el tonelaje de tratamiento que ingresa a la planta concentradora El Porvenir de 6 500 TM/Dia, mineral que ingresa con un tamaño promedio de 1/4" a la molienda

**Muestra:** La muestra se obtiene en la descarga del concentrado de las celdas bulk FM100, OK-30 y OK-50, que se tomó en una guardia minera de 8 horas, cada 15 minutos con un muestreador de copas y se acumuló en un balde de 20 L, teniendo al final 26 Kg de pulpa, para una gravedad especifica de 3,09 y una densidad de 1404.3 g/cm$^3$. (Anexo 02)

**Determinación de la cantidad de muestras representativas (Teoría de Pierre Gy)**

La ecuación de muestra que se emplea:

$$\boldsymbol{M = \frac{C.d^3}{S^2}}$$

M =Peso mínimo de muestra requerido (gr)

C = Constante de muestreo (g/cm3)

d = Tamaño de partícula más grande dentro de la muestra (cm)

S = Medida del error estadístico y normalmente es 0.01

**Constante de Muestreo (C)**

$$\boldsymbol{C = f.g.l.m}$$

f = Factor de forma el cual es tomado como 0.5, excepto para minerales de oro que es 0.2

g = Factor de distribución de tamaño de partícula, g=0.25

l = Factor de liberación

m = Factor mineralógico (g/cm3)

**Factor de liberación (l)**

$$\boldsymbol{l} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{d}}}$$

L = Tamaño de liberación del mineral de interés (cm)

d = Tamaño de partícula más grande dentro de la muestra (cm)

**Factor Mineralógico (m)**

$$\boldsymbol{m} = \frac{\boldsymbol{1-a}}{\boldsymbol{a}}[(\boldsymbol{1-a}).\boldsymbol{r}+\boldsymbol{a}.\boldsymbol{t}]$$

a = Es la fracción del mineral de interés

r = Densidad del mineral de interés

t = Densidad de la ganga

$$\boldsymbol{M} = 10.99\ Kg$$

**Cálculo de % de solidos**

$$\%\boldsymbol{Solidos} = \frac{\boldsymbol{G.E(Dp-1)}}{\boldsymbol{Dp(G.E-1)}}$$

$$\%\boldsymbol{Solidos} = \frac{3.09(1.404-1)}{1.404(3.09-1)} = 42.54\%$$

G.E = Gravedad Especifica del concentrado

Dp = Densidad de pulpa del Concentrado

t = Densidad de la ganga

$$\%\boldsymbol{Solidos} = \frac{\boldsymbol{Wm}}{\boldsymbol{Wp}}\boldsymbol{x100}$$

Wm = Peso del mineral

Wp = Peso de Pulpa

$$42.54 = \frac{10.99}{Wp} x100$$

$$\boldsymbol{Wp} = \frac{10.99}{42.54} x100 = 25.83\ Kg$$

Para fines prácticos se utilizará 26 kg de muestra de pulpa.

## 3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

La técnica e instrumento según Arias Odón (2006) "una técnica comprende los pasos para recaudar datos" (pág. 67), por ejemplo: los procedimientos para separar el agua del aceite para recolectar datos. "Instrumento es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información" (pág. 68)

**Técnica de recolección de datos**

*La observación experimental.* Mediante esta técnica se realizó la observación del comportamiento metalúrgico de la flotación de minerales frente a la dosificación de reactivos.

*La entrevista libre.* Se realizó a los ingenieros jefes de guardia que tienen experiencia, y docentes de la universidad. Anexo 01

*Fuentes primarias.* Se obtuvo de los reportes de las leyes del concentrado, relave del laboratorio químico. Anexo 03

**Instrumentos de recolección de datos**

*Muestreador de copas.* Este muestreador nos sirve para colectar muestras de pulpa en el underzise de la zaranda de alta frecuencia alimento al circuito de flotación bulk.

*Malla 200.* La malla se utilizó para determinar el porcentaje de malla de la flotación a nivel batch.

*Prueba estándar.* Serie de pruebas que se realizará para obtener información de campo o laboratorio

*Celda de flotación.* Con este equipo se obtuvo el concentrado y relave en una bandeja que posteriormente se sometió a un secado.

*Análisis de contenido cuantitativo.* Los reportes de ensayes emitidos por laboratorio.

Espectrofotómetro de absorción atómica. Este equipo nos reportará los ensayes tanto de la ley de cabeza concentrado y relave de las pruebas metalúrgicas. Anexo 03

## 3.7. Selección, validación y confiabilidad de instrumentos de investigación

Las tablas que se utilizaron en la recolección de datos fueron sometidas a pruebas químicas y metalúrgicas, el mismo que se desarrolló siguiendo los procedimientos estándar por el laboratorio químico y metalúrgico que a continuación se describe:

- **Caracterización química:** Determinación de leyes de los elementos de la muestra, utilizando el método de absorción atómica. (Anexo 03)
- **Caracterización metalúrgica:** Se determino mediante cálculos el comportamiento metalúrgico la recuperación y grado de concentrado. (Anexo 04 y 05)

## 3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos

La técnica de procesamiento de datos describe las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos o respuestas que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. En cuanto al Análisis se definirán las Técnicas Lógicas o Estadísticas, que se emplearán para descifrar lo que revelan los datos recolectados (Grazia, 2017)

Para el procesamiento y análisis de datos de la granulometría, prueba de molienda, y balances metalúrgicos se utilizará el Microsoft Excel, como también en el análisis de los gráficos.

## 3.9. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico, se aplicó a los datos recolectados en las pruebas experimentales. Con esto datos se elaboró el balance metalúrgico de las pruebas metalúrgicas y ver la calidad del concentrado. Se utilizo la hoja de cálculo Microsoft Excel y para la prueba de hipótesis con el programa estadístico Minitab versión 19.

## 3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

La tesis se elaboró teniendo en cuenta los principios éticos y valores del investigador, respetando la autoría de las fuentes bibliográficas en la construcción del marco teórico. Los resultados obtenidos son datos confiables que se han obtenido producto de las pruebas metalúrgicas realizadas en el laboratorio de la empresa.

# CAPÍTULO IV

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Descripción del trabajo de campo

Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en el estudio se desarrolló el muestreo en la canaleta de descarga de concentrado de cada uno de las celdas de limpieza (FM100 + OK30 + OK50) muestreándose con un muestreador de copa, esta muestra nos va servir para realizar las pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio, en la cual se va tratar de mejorar la calidad del concentrado bulk. Se adiciono reactivos como NaCN, $ZnSO_4$ y $Na_2S_2O_5$.

Antes de realizar el muestreo del concentrado bulk, se tuvo que planificar la forma de tomar las muestras, con tal motivo se tuvo que preparar los muestreadores de copa, balde de 20 L para colectar las muestras, la muestra se tomó cada 15 min. Obtenido las muestras se llevó con sumo cuidado al laboratorio metalúrgico de la empresa Nexa Resourse unidad El Porvenir y también se procedió a preparar la celda de flotación y los reactivos con sus respectivos frascos y las jeringas para cada tipo de reactivo.

A continuación, le presentamos el ensaye de la ley de cabeza que ingresa el circuito de flotación bulk.

**Tabla 2:**

Ensaye de ley de cabeza

| Ag Oz/t | %Pb | %Zn | %Cu | %Fe |
|---|---|---|---|---|
| 2,83 | 1,70 | 4,31 | 0,23 | 8,75 |

*Nota.* Datos obtenidos de planta – Nexa Resourse

En la tabla 2 se observa que la ley de plomo es 1,70%, ley que es factible flotar, la ley de cobre es muy bajo con 0,23% y la ley de zinc es de 4,31 prácticamente es un mineral con mayor contenido de zinc.

### 4.1.1. Análisis granulométrico del underzise del ZAF alimento al circuito de flotación bulk

A continuación, presentamos la tabla 3 el análisis granulométrico del undersize alimento al circuito bulk.

**Tabla 3:**

Análisis granulométrico de la ZAF (Zarandas de alta Frecuencia)

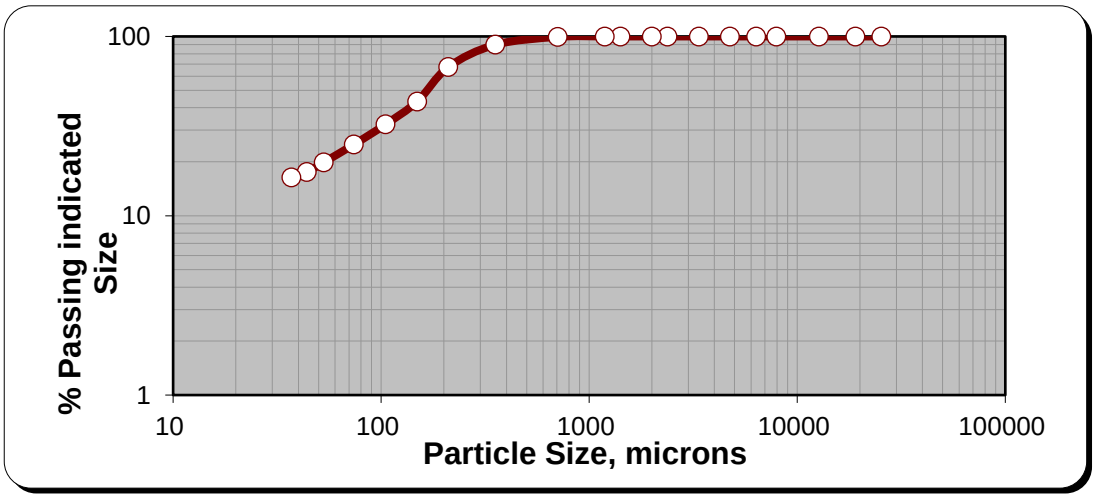
| i | Mesh # | Mesh Opening | Retained Weight | | Cumm. Passing |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | grs | % | % |
| 1 | 14 | 1414 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 2 | 16 | 1189 | 0.00 | 0,00 | 100,00 |
| 3 | 25 | 707 | 3,20 | 0,53 | 99,47 |
| 4 | 45 | 354 | 57,70 | 9,56 | 89,91 |
| 5 | 70 | 210 | 135,60 | 22,48 | 67,43 |
| 6 | 100 | 149 | 145,30 | 24,08 | 43,34 |
| 7 | 140 | 105 | 66,40 | 11,01 | 32,34 |
| 8 | 200 | 74 | 44,40 | 7,36 | 24,98 |
| 9 | 270 | 53 | 30,80 | 5,11 | 19,87 |
| 10 | 325 | 44 | 14,20 | 2,35 | 17,52 |
| 11 | 400 | 37 | 7,10 | 1,18 | 16,34 |
| 12 | -400 | 0 | 98,60 | 16,34 | |
| | | | | $D_{80}$ | 286 µ |
| | | | | $D_{50}$ | 166 µ |

*Nota.* Datos obtenidos de planta – Nexa Resourse

En la tabla 3 observamos que el 80% del diámetro de partícula se encuentra por debajo de 286 micrones y el 50% del diámetro de partícula se encuentra por encima de 166 micrones y el otro 50% se encuentra por debajo de 166 micrones.

**Gráfico 8:**

Distribución de tamaño de partícula




*Nota.* Curva de distribución de partícula

### 4.1.2. Determinación de la gravedad especifica del concentrado bulk

**Tabla 4:**

Gravedad especifica del concentrado bulk

| nexa | Determinación de Gravedad Especifica | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Código Metalúrgico** | **Descripción de Muestra** | **Peso Fiola Vacia (g)** | **Peso Fiola + Agua (g)** | **Peso Muestra (g)** | **Peso Fiola + Agua + Muestra (g)** | **Gravedad Especifica Individual (*)** |
| Comp. Abril | Over Flow | 69.30 | 169.20 | 25.00 | 186.10 | 3.09 |
| Comp. Abril | Relave Final | 56.30 | 156.00 | 25.00 | 172.70 | 3.01 |
| Comp. Abril | Relave Final D-12 | 55.80 | 155.50 | 25.00 | 172.10 | 2.98 |
| Comp. Abril | Conc. Plomo | 69.80 | 169.60 | 25.00 | 189.90 | 5.32 |
| Comp. Abril | Conc. Zinc | 69.70 | 169.50 | 25.00 | 188.10 | 3.91 |
| Comp. Abril | Conc. Cobre | 59.30 | 159.20 | 25.00 | 178.30 | 4.24 |

*Nota*. Datos obtenidos del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

La gravedad especifica del concentrado Bulk es: Ge=5.85

### 4.1.3. Ensaye de la ley de cabeza

En la tabla 5 se muestra el reporte de laboratorio de la muestra de concentrados FM100 + OK-50 + OK-30 del compósito de la operación.

**Tabla 5:**

Reporte de ensaye químico de guardia

| Descripción | Ensaye Químico | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Ag Oz/t** | **%Pb** | **%Zn** | **%Cu** | **%Fe** |
| *Muestra de concentrados FM100 + OK-30 + OK-50* | 35,03 | 15.22 | 9,34 | 4.34 | 15,95 |

*Nota*. Leyes de concentrado de laboratorio

Se observa que la muestra de concentrado FM100 + OK-50 + OK-30 tienen una ley de 15,22% de plomo y el cobre se encuentra en 4,34%. Además, la plata en el concentrado de la muestra tiene 35,03 onzas/T, y el fierro es de 15,95%. Por las leyes que se observa, se necesita realizar una limpieza del concentrado para mejorar las leyes de la calidad del concentrado y de esta manera favorecer para la comercialización.

**Gráfico 9:**

Concentrado bulk

*Nota.* Imagen tomada de planta

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Resultados de las pruebas de flotación de limpieza a nivel de laboratorio con los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$

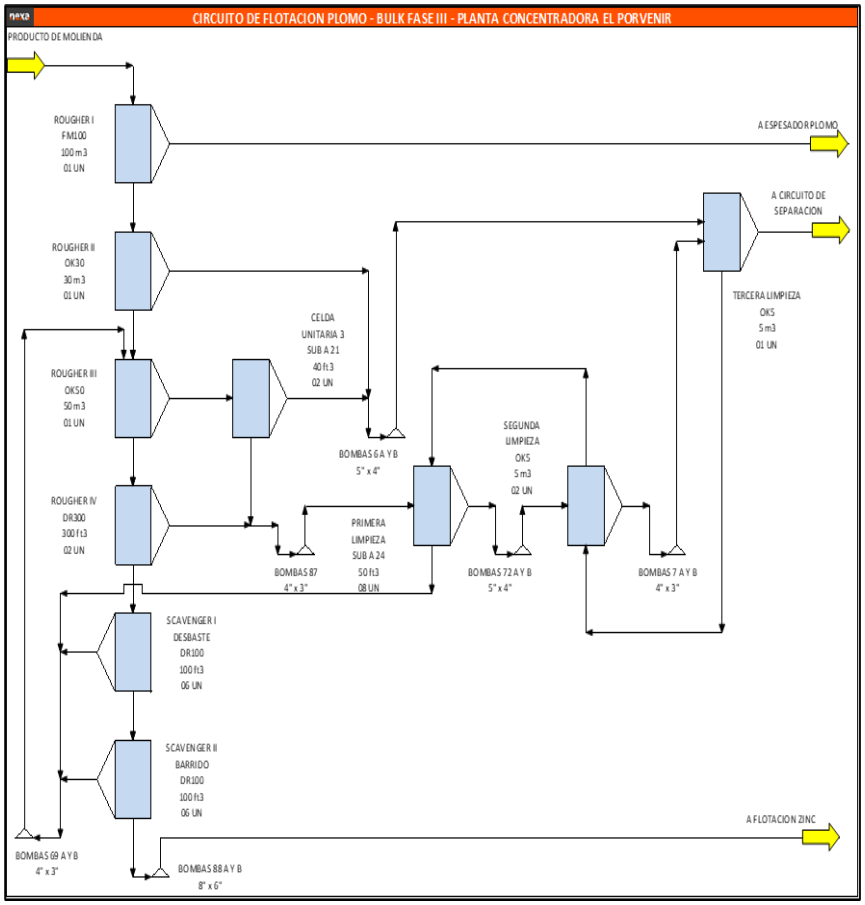
A continuación, se presenta las condiciones a la que se realiza las pruebas de flotación a nivel de laboratorio dosificando NaCN y $Na_2S_2O_5$

**Condiciones de la prueba estándar de flotación selectiva**

La dosificación de los depresores como NaCN, $Na_2S_2O_5$ se adicionaron a la primera limpieza, segunda limpieza y tercera limpieza para ver la influencia si se mejoraba el concentrado bulk. A continuación, se presenta las condiciones de la prueba estándar en la figura 7 y la tabla 6.

**Gráfico 10:**

Diagrama de flujo de circuito de plomo-Bulk




*Nota*. Diagrama obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

**Gráfico 11:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | FT-2322 | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| Condiciones | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapas de Flotación | Reactivos g/t, Circuito Plomo | | | | | | Parametros Flotación | | | | |
| | $ZnSO_4$ | NaCN | $Na_2S_2O_5$ | | | | Revol. rpm | Tiempo (min.) | pH | -mV | Aire Nl/min |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | - | 6.00 | 60.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | - | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | - | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **0.0** | **10.0** | **100.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En esta prueba se trabaja con dosificaciones altas del metabisulfito de sodio en la primera, segunda y tercera limpieza llegándose hasta 100 g/t, y la dosificación del cianuro de sodio se mantiene en 10 g/t.

**Tabla 6:**

Balance metalúrgico de la prueba

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 48,20 | 34,23 | 3,57 | 129,40 | 42,61 | 2,50 | **13,51** | 11,78 | 13,58 | 10,90 | 0,93 | 11,02 | 2,98 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 93,20 | 3,68 | 6,91 | 96,51 | 39,66 | 4,02 | 11,23 | 11,90 | 19,58 | 19,61 | 2,90 | 17,72 | 5,82 |
| Rel.2°Cl Bulk | 251,60 | 10,56 | 18,66 | 55,93 | 23,65 | 7,57 | 5,95 | 13,58 | 30,64 | 31,57 | 14,74 | 25,34 | 17,93 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 955,40 | 35,99 | 70,85 | 17,40 | 7,48 | 11,01 | 2,84 | 14,61 | 36,20 | 37,92 | 81,42 | 45,93 | 73,26 |
| **Cab. Calculada** | 1348,40 | 28,95 | 100,00 | 34,06 | 13,98 | 9,58 | 4,38 | 14,13 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | 35,03 | 15,22 | 9,34 | 4,34 | 15,95 | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 6 se observa, el concentrado bulk tiene una calidad de 42,61 % ley de plomo, que contiene 129,40 Oz/t de plata y el cobre se encuentra con 13,51 % de cobre. La extracción de ley concentrado desciende a 10,90% en la

recuperación por el desplazamiento alto del hierro, el metabisulfito de sodio no actúa sobre la pirita.

**Gráfico 12:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | FT-2323 | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| **Condicones** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Etapas de Flotación** | **Reactivos g/t, Circuito Plomo** | | | | | | **Parametros Flotación** | | | | |
| | **$ZnSO_4$** | **NaCN** | **$Na_2S_2O_5$** | | | | **Revol. rpm** | **Tiempo (min.)** | **pH** | **-mV** | **Aire Nl/min** |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | - | 6.00 | 30.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | - | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | - | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **0.0** | **10.0** | **60.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En esta segunda prueba se varió la dosificación del metabisulfito de sodio llegando hasta 60 g/t, en la tercera limpieza se bajó a 10 g/t y el cianuro de sodio se mantuvo en 10 g/t, teniéndose el siguiente resultado.

**Tabla 7:**

Balance metalúrgico de la prueba

| **Descripción** | | | | **Ensaye Químico** | | | | | **Recuperación** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 68,60 | 40,88 | 5,28 | **117,19** | **44,30** | 2,96 | **11,11** | 9,64 | 16,74 | 15,42 | 1,68 | 12,65 | 3,52 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 138,50 | 6,75 | 10,66 | 82,79 | **36,28** | 8,11 | 7,88 | 11,20 | 23,88 | 25,49 | 9,28 | 18,11 | 8,27 |
| Rel.2°Cl Bulk | 344,70 | 12,82 | 26,52 | 42,69 | **18,20** | 11,55 | 5,94 | 14,09 | 30,65 | 31,82 | 32,87 | 33,98 | 25,88 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 747,80 | 31,08 | 57,54 | 18,44 | **7,19** | 9,10 | 2,84 | 15,64 | 28,72 | 27,27 | 56,18 | 35,25 | 62,33 |
| **Cab. Calculada** | 1299,60 | 24,16 | 100,00 | 36,94 | 15,17 | 9,32 | 4,64 | 14,44 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 7 del balance metalúrgico se observa, el concentrado bulk tiene una calidad de 44,30 % ley de plomo, que contiene 117,24 Oz/t de plata y el cobre

se encuentra con 11.11 % de cobre. La extracción de ley concentrado desciende a 15,42% de recuperación, sin embargo, tiene una buena selectividad.

**Gráfico 13:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | **FT-2324** | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| **Condiciones** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Etapas de Flotación** | **Reactivos g/t, Circuito Plomo** | | | | | | **Parametros Flotación** | | | | |
| | **$ZnSO_4$** | **NaCN** | **$Na_2S_2O_5$** | | | | **Revol. rpm** | **Tiempo (min.)** | **pH** | **-mV** | **Aire Nl/min** |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | - | 6.00 | 30.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | - | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | - | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **0.0** | **10.0** | **60.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En esta prueba se duplica la dosificación del metabisulfito de sodio en la tercera limpieza en 20 g/t, llegándose a dosificar hasta 60 g/t, y la dosificación del cianuro de sodio se mantiene en 10 g/t.

**Tabla 8:**

Balance metalúrgico de la prueba

| **Descripción** | | | | **Ensaye Químico** | | | | | **Recuperación** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 68,60 | 36,43 | 5,16 | **133,59** | **46,59** | 2,87 | **10,10** | 9,46 | 19,09 | 16,21 | 1,63 | 11,50 | 3,46 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 125,60 | 7,24 | 9,45 | 84,25 | **35,74** | 7,17 | 7,84 | 10,69 | 22,04 | 22,77 | 7,43 | 16,34 | 7,16 |
| Rel.2°Cl Bulk | 269,14 | 12,82 | 20,24 | 43,97 | **19,33** | 11,64 | 5,98 | 13,56 | 24,65 | 26,39 | 25,86 | 26,71 | 19,45 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 866,31 | 36,23 | 65,15 | 18,97 | **7,88** | 9,10 | 3,16 | 15,15 | 34,23 | 34,63 | 65,08 | 45,44 | 69,94 |
| **Cab. Calculada** | 1329,65 | 28,76 | 100,00 | 36,11 | 14,83 | 9,11 | 4,53 | 14,11 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 8 se observa, el concentrado bulk tiene una calidad de 46,59 % ley de plomo, que contiene 133,59 Oz/t de plata y el cobre se encuentra con 10,10

% de cobre. La extracción de la ley concentrado mejora a 16,21%, sin embargo, la selectividad mejora debido a que el hierro desciende a 9,46.

**Gráfico 14:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | FT-2325 | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| Condicones | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapas de Flotación | Reactivos g/t, Circuito Plomo | | | | | | Parametros Flotación | | | | |
| | $ZnSO_4$ | NaCN | $Na_2S_2O_5$ | | | | Revol. rpm | Tiempo (min.) | pH | -mV | Aire Nl/min |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | - | 6.00 | 30.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | - | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | - | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **0.0** | **10.0** | **50.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

Nota. Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

La dosificación total adicionado a las celdas de limpieza son NaCN 10 g/T y metabisulfito de sodio 50 g/T, se mantuvo constante las revoluciones en 1000 rpm. El tiempo de flotación se varió de 4 min, 3 min y 2 min. en la primera limpieza hasta la tercera limpieza.

**Tabla 9:**

Balance metalúrgico de la prueba

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Peso (g) | %Sol | w (%) | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 66,60 | 44,88 | 5,17 | **111,24** | **51,65** | 4,15 | **7,98** | 9,12 | 15,43 | 17,45 | 2,28 | 8,82 | 3,24 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 139,50 | 5,75 | 10,83 | 85,58 | **37,98** | 7,53 | 7,49 | 11,84 | 24,87 | 26,87 | 8,67 | 17,34 | 8,80 |
| Rel.2°Cl Bulk | 338,70 | 13,82 | 26,28 | 46,05 | **18,55** | 11,12 | 6,48 | 14,76 | 32,49 | 31,87 | 31,09 | 36,43 | 26,64 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 743,80 | 30,08 | 57,72 | 17,57 | **6,31** | 9,44 | 3,03 | 15,47 | 27,22 | 23,81 | 57,96 | 37,41 | 61,32 |
| **Cab. Calculada** | 1288,60 | 23,94 | 100,00 | 37,26 | 15,30 | 9,40 | 4,68 | 14,56 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 9 del balance metalúrgico se observa, el concentrado bulk tiene una calidad de 51,65 % ley de plomo, que contiene 112,24 Oz/t de plata y el cobre

se encuentra con 7.98 % de cobre. Siendo esto una de las mayores extracciones del plomo en 17,45% y con una buena selectividad.

### 4.2.2. Resultados de las Pruebas de flotación de limpieza a nivel de laboratorio con los depresores NaCN, $ZnSO_4$, $Na_2S_2O_5$

Con la dosificación de los depresores, cianuro de sodio, metabisulfito de sodio y sulfato de zinc, al concentrado provenientes de las celdas RM100 + OK-30 + OK-50, se procedió a realizar las pruebas metalúrgicas, que a continuación se presentan los resultados.

**Gráfico 15:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | 2326 | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| Condiciones | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapas de | Reactivos g/t, Circuito Plomo | | | | | | Parametros Flotación | | | | |
| | $ZnSO_4$ | NaCN | $Na_2S_2O_5$ | | | | Revol. rpm | Tiempo (min.) | pH | -mV | Aire Nl/min |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | 60.00 | 6.00 | 30.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | 20.00 | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | 20.00 | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **100.0** | **10.0** | **50.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

La prueba consistió en dosificar los tres reactivos depresores, el sulfato de zinc hasta 100 g/t, cianuro de sodio 10 g/t y metabisulfito de sodio hasta 50 g/t. Se variaron las dosificaciones de la siguiente forma: en la primera limpieza se adiciono 60 g/t de sulfato de zinc, en la segunda limpieza 20 g/t y en la tercera limpieza 20 g/t, de igual manera la dosificación del metabisulfito de sodio se varió en 30 g/t, 10 g/t y 10 g/t respectivamente. La dosificación del cianuro de sodio se mantuvo similar de las primeras pruebas.

**Tabla 10:**

Balance metalúrgico de la prueba

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Peso (g) | %Sol | w (%) | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 64,67 | 34,18 | 4,85 | **106,65** | **49,89** | 2,82 | **9,14** | 9,32 | 14,37 | 16,37 | 1,51 | 9,81 | 3,21 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 130,20 | 7,68 | 9,77 | 88,25 | **36,23** | 6,87 | 7,10 | 10,52 | 23,93 | 23,93 | 7,38 | 15,34 | 7,30 |
| Rel.2°Cl Bulk | 324,02 | 13,98 | 24,31 | 42,39 | **18,04** | 9,62 | 6,43 | 13,16 | 28,61 | 29,65 | 25,73 | 34,58 | 22,72 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 814,04 | 33,54 | 61,07 | 19,52 | **7,28** | 9,73 | 2,98 | 15,39 | 33,10 | 30,06 | 65,38 | 40,26 | 66,76 |
| **Cab. Calculada** | 1332,93 | 26,29 | 100,00 | 36,02 | 14,79 | 9,09 | 4,52 | 14,08 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9.34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 10 se observa, que el concentrado bulk tiene una calidad de 49,89 % ley de plomo, que contiene 106,65 Oz/t de plata, el cobre se encuentra con 9,14 % de cobre y el fierro se encuentra en 9,32% siendo esto alto en el concentrado que no ayuda a mejorar el concentrado bulk.

**Gráfico 16:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | **FT-2327** | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| Condiciones | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapas de | Reactivos g/t, Circuito Plomo | | | | | | Parametros Flotación | | | | |
| | $ZnSO_4$ | NaCN | $Na_2S_2O_5$ | | | | Revol. rpm | Tiempo (min.) | pH | -mV | Aire Nl/min |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | 30.00 | 6.00 | 30.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | 10.00 | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | 10.00 | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **50.0** | **10.0** | **60.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

La dosificación total adicionado a las celdas de limpieza es, NaCN 10 g/T, sulfato de zinc 50 g/t y metabisulfito de sodio 60 g/T, se mantuvo constante las revoluciones en 1000 rpm. El tiempo de flotación se varió de 4 min, 3 min y 2 min. en la primera limpieza hasta la tercera limpieza.

**Tabla 11:**

Balance metalúrgico de la prueba

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 46,10 | 52,99 | 5,30 | **122,57** | **52,29** | 2,94 | **8,62** | 8,96 | 17,52 | 18,08 | 1,61 | 10,32 | 3,14 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 80,60 | 3,29 | 9,27 | 78,78 | **34,61** | 6,65 | 8,31 | 13,51 | 19,69 | 20,93 | 6,35 | 17,40 | 8,29 |
| Rel.2°Cl Bulk | 257,50 | 10,84 | 29,60 | 44,19 | **18,60** | 10,49 | 5,83 | 16,12 | 35,29 | 35,93 | 32,00 | 38,99 | 31,60 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 485,60 | 21,07 | 55,83 | 18,26 | **6,88** | 10,44 | 2,64 | 15,41 | 27,50 | 25,06 | 60,05 | 33,30 | 56,97 |
| **Cab. Calculada** | 869,80 | 18,09 | 100,00 | 37,07 | 15,33 | 9,71 | 4,43 | 15,10 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 11 se observa, que el concentrado bulk tiene una calidad de 52,29% de plomo, que contiene 122.57 Oz/t de plata, el cobre se encuentra con 8.62% de cobre y el fierro se encuentra en 8,96%, se reduce el porcentaje de fierro con respecto a la prueba anterior mejorando la calidad en 2 puntos.

**Gráfico 17:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | micrones |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | **FT-2328** | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| **Condiciones** | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Etapas de** | **Reactivos g/t, Circuito Plomo** | | | | | | **Parametros Flotación** | | | | |
| | **$ZnSO_4$** | **NaCN** | **$Na_2S_2O_5$** | | | | **Revol. rpm** | **Tiempo (min.)** | **pH** | **-mV** | **Aire Nl/min** |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | 30.00 | 6.00 | 30.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | 10.00 | 2.00 | 10.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | 10.00 | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **50.0** | **10.0** | **60.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

La dosificación total adicionado a las celdas de limpieza son NaCN 10 g/T, el sulfato de zinc 50 g/t y metabisulfito de sodio 60 g/T, se mantuvo constante las revoluciones en 1000 rpm. El tiempo de flotación se varió de 4 min, 3 min y 2 min. en la primera limpieza hasta la tercera limpieza.

**Tabla 12:**

Balance metalúrgico de la prueba

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Peso (g) | %Sol | w (%) | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 56,72 | 36,43 | 4,32 | **123,99** | **53,49** | 3,04 | **10,17** | 8,54 | 14,65 | 15,39 | 1,42 | 9,57 | 2,58 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 121,64 | 7,24 | 9,26 | 85,49 | **35,10** | 7,16 | 8,14 | 11,69 | 21,66 | 21,66 | 7,19 | 16,43 | 7,58 |
| Rel.2°Cl Bulk | 269,14 | 11,21 | 20,49 | 47,84 | **19,11** | 11,75 | 6,07 | 13,68 | 26,82 | 26,09 | 26,10 | 27,12 | 19,62 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 866,31 | 35,23 | 65,94 | 20,44 | **8,39** | 9,13 | 3,26 | 15,21 | 36,88 | 36,87 | 65,29 | 46,88 | 70,22 |
| **Cab. Calculada** | 1313,81 | 27,79 | 100,00 | 36,55 | 15,01 | 9,22 | 4,59 | 14,28 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En la tabla 12 se observa, que el concentrado bulk mejora la calidad en 53,49% de plomo, que contiene 123.99 Oz/t de plata, el cobre se encuentra con 10.17% y el fierro baja hasta 8,54%, se reduce el porcentaje de fierro con respecto a la prueba anterior mejorando la calidad del concentrado.

**Gráfico 18:**

Condiciones de flotación

**Prueba de Flotación - Estándar U.EP**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fecha** | : | 29/01/2023 | **Peso de Muestra:** | 1000 | gramos |
| **Muestra** | : | Muestra Pulpa (FM100 + OK-30+ OK+50) | **Molienda:** | 0 | minutos |
| **Cliente** | : | Operaciones Planta | **Pasante(P80):** | | microns |
| **Responsable** | : | Homero Pijo / Saul Alania | **N° Prueba:** | **FT-2329** | |
| **Departamento** | : | Laboratorio Metalurgico - EP | **Sólidos:** | 66 | % |

| Condiciones | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etapas de | Reactivos g/t, Circuito Plomo | | | | | | Parametros Flotación | | | | |
| | $ZnSO_4$ | NaCN | $Na_2S_2O_5$ | | | | Revol. rpm | Tiempo (min.) | pH | -mV | Aire Nl/min |
| Molienda | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| Acond. 1 | - | - | - | - | - | - | 1000 | 1.5 | 9.80 | | |
| 1° Cl Bulk | 30.00 | 6.00 | 60.00 | - | - | - | 1000 | 4 | 9.40 | | 5 |
| 2° Cl Bulk | 10.00 | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 3 | 8.90 | | 5 |
| 3° Cl Bulk | 10.00 | 2.00 | 20.00 | - | - | - | 1000 | 2 | 8.80 | | 5 |
| Total | **50.0** | **10.0** | **100.0** | **0.0** | **0.0** | **0** | **1000** | **11** | **9.23** | **0.00** | **5.00** |

*Nota.* Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

En esta prueba la dosificación del reactivo se incrementa, la del metabisulfito de sodio llega hasta 100 g/t, cianuro de sodio se mantiene en 10 g/t y el sulfato de zinc también se mantiene en 50 g/t.

**Tabla 13:**

Balance metalúrgico de la prueba

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 44,70 | 41,78 | 3,25 | 125,71 | 55,02 | 3,01 | 7,74 | 8,08 | 10,89 | 11,36 | 1,02 | 5,68 | 1,87 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 138,30 | 5,82 | 10,05 | 93,08 | 42,40 | 5,84 | 6,94 | 10,48 | 24,95 | 27,09 | 6,15 | 15,74 | 7,49 |
| Rel.2°Cl Bulk | 375,20 | 14,72 | 27,25 | 47,80 | 20,25 | 10,02 | 6,20 | 14,49 | 34,77 | 35,10 | 28,61 | 38,16 | 28,08 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 818,60 | 33,34 | 59,46 | 18,52 | 6,99 | 10,31 | 3,01 | 14,80 | 29,39 | 26,44 | 64,22 | 40,42 | 62,57 |
| **Cab. Calculada** | 1376,80 | 25,78 | 100,00 | 37,47 | 15,72 | 9,54 | 4,43 | 14,06 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Cab. Ensayada | | | | 35,03 | 15,22 | 9,34 | 4,34 | **15,95** | | | | | |

*Nota*. Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse

La tabla 13 nos muestra que se mejoró el concentrado bulk en 55,02% de plomo, que contiene 125,71 Oz/t de plata, el cobre tiene 7,74% y fierro baja a 8,08%. Esta prueba podemos considerarlo como las mejores condiciones para trabajar donde se obtiene una buena calidad del concentrado bulk.

### 4.2.3. Comparación de las recuperaciones y calidad del concentrado bulk

A continuación, con las leyes de la calidad de concentrado bulk obtenido en las pruebas metalúrgicas se realiza las comparaciones, para determinar cuál de las combinaciones de los reactivos tuvo mayor efectividad en el mejoramiento de la calidad del concentrado bulk.

**Tabla 14:**

Comparación de combinación de reactivos y calidad de conc. bulk

| N° | Limpieza de concentrado NaCN – $Na_2S_2O_5$ | Limpieza de concentrado NaCN – $ZnSO_4$ -$Na_2S_2O_5$ |
|---|---|---|
| | **Pb%** | **Pb%** |
| 1 | 42,61 | 49,89 |
| 2 | 44,30 | 52,29 |
| 3 | 46,59 | 53,49 |
| 4 | 51,65 | 55,02 |

*Nota.* Datos obtenidos de los balances metalúrgicos

De la comparación de la calidad de concentrado se observa donde mejora la calidad del concentrado bulk es dosificando los tres reactivos depresores,

llegándose a obtener hasta 55,02% de calidad del concentrado bulk, siendo una calidad aceptable para su respectiva comercialización.

## 4.3. Prueba de hipótesis

Para validar la hipótesis planteada en el estudio se utiliza el análisis de varianza que nos va permitir aceptar o rechazar la hipótesis nula.

### 4.3.1. Hipótesis de Investigación

**Hipótesis Nula (Ho)**

La Flotación de limpieza bulk no mejora la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2023

**Hipótesis Alterna (Ha)**

La Flotación de limpieza bulk mejora la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2023

### 4.3.2. Prueba de Hipótesis

Para la demostración de la hipótesis estadística de la tesis, se toma en cuenta la calidad del concentrado bulk obtenido en las pruebas de flotación de la tabla 14.

$$Ho: \mu_1 = \mu_2$$

$$H1: \mu_1 \neq \mu_2$$

**Nivel de significancia**

$\alpha = 0,05$

**Estadístico de prueba**

$\bar{Y}_1 = 46.29$

$S_1^2 = 15.44$

$S_1$=3.93

$n_2$= 4

$\bar{Y}_2$= 52.67

$S_2^2$= 4.69

S2=2.17

$$\boldsymbol{Sp^2} = \frac{(\boldsymbol{n_1}-\mathbf{1})\boldsymbol{S_1^2}+(\boldsymbol{n_2}-\mathbf{1})\boldsymbol{S_2^2}}{\boldsymbol{n_1}+\boldsymbol{n_2}-\mathbf{2}}$$

$$\boldsymbol{t_c} = \frac{\bar{Y}_1-\bar{Y}_2}{\boldsymbol{S_p}\sqrt{\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n_1}}+\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n_2}}}}$$

$$\boldsymbol{Sp^2} = \frac{(4-1)15.44+(4-1)4.69}{4+4-2} = 3.17$$

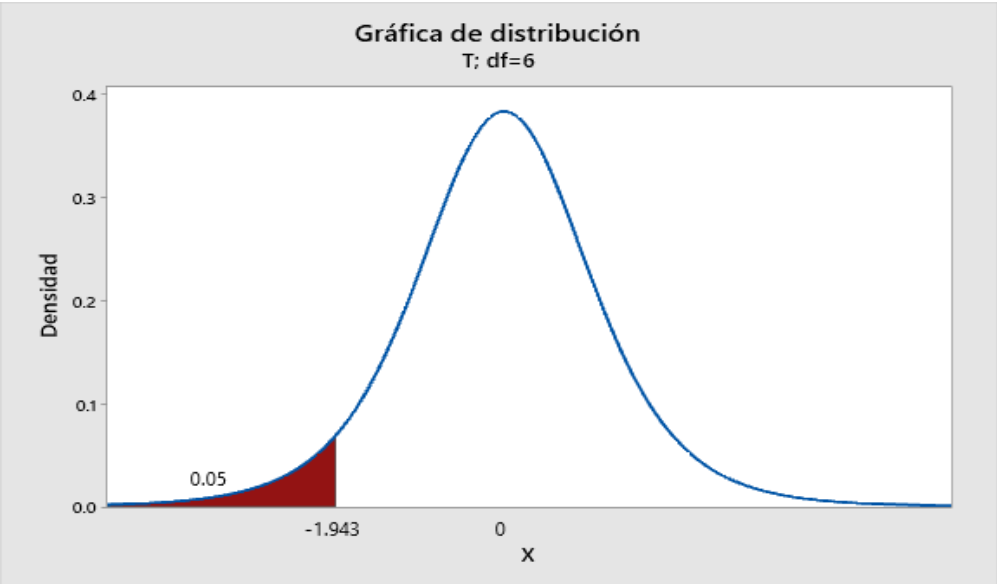
$$\boldsymbol{t_c} = \frac{\mathbf{46.29-52.67}}{\mathbf{3.17}\sqrt{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}}+\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}}}} = \mathbf{-2.85}$$

**Valor de decisión:** (Si $t_c > t_t$ se acepta la Ha)

$t_c > t_t$ remplazando valores -2,85 > -1,94

**Gráfico 19:**

Distribución



Como -2,85 es mayor que -1,943 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Decisión**

Se acepta la Hipótesis Alterna

**Conclusión**

Existe suficiente evidencia para afirmar que la flotación de limpieza bulk mejora la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A., con 95% de significancia.

## 4.4. Discusión de resultados

Con base a las evidencias encontradas se acepta la hipótesis alterna que indica que la flotación de limpieza bulk mejora la calidad del concentrado de la Unidad Minera el Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. Estos Resultados guardan relación con lo mencionado por

Las pruebas realizadas dosificando NaCN y $Na_2S_2O_5$ a la muestra de pulpa proveniente de las celdas FM100 + OK-50 + OK-30 demostraron mejorar la calidad del concentrado bulk a medida que la dosificación del metabisulfito se redujo de 100 g/t a 50 g/t, y el cianuro de sodio se mantuvo en 10 g/t. La calidad del concentrado mejoró de 42,61% a 51,65%. Al respecto Ganoza (2021) menciona, que el metabisulfito reduce la flotabilidad de la pirita en medio de una concentración adecuada. Esto lo demostró en un a prueba que realizó con la esfalerita en donde se mejoró la recuperación de 64.1% a 75.3%, siendo en 90% el desplazamiento de la pirita

Los resultados de la prueba de flotación de limpieza en la que se dosifico los tres reactivos (NaCN, $ZnSO_4$ y $Na_2S_2O_5$) lograron mejorar aún más las calidades del concentrado bulk de 49,82% a 55,02%. En la prueba 2326 se

dosifico los depresores como el sulfato de zinc en 100 g/t, cianuro de sodio se mantuvo en 10 g/t y metabisulfito de sodio 50 g/t. En la prueba 2329 el sulfato de zinc se redujo hasta 50 g/t, el cianuro de sodio se mantuvo en 10 g/t y el metabisulfito de sodio se incrementó a 100 g/t., es en esta prueba, que se tiene una mejor calidad del concentrado bulk de 55,02%.

Estos resultados guardan relación por lo mencionado por Azañero A. (2010), donde la depresión de la pirita y esfalerita se logra mediante el uso de cal, cianuro, bisulfito y sulfato de zinc en dosificaciones que no afecten la flotación del cobre que es deprimido por el cianuro y el plomo por el bisulfito en concentraciones altas. demás, Durante la flotación bulk Cu-Pb, la pirita se deprime con cianuro y bisulfito de sodio y la esfalerita con sulfato de zinc.

El motivo por el cual la esfalerita flota indebidamente en el bulk depende de cada mineral, las causas pueden ser:

(a) Asociación mineralógica Cu-Zn ó Pb-Zn

(b) Arrastre de sulfuros de zinc durante la flotación bulk por factores mecánicos.

(c) Activación natural de la esfalerita debido a la presencia de iones metálicos Cu, Ag, As, Sb, Cd, en el mineral ó en el agua de tratamiento.

De todo ello, podemos manifestar que la reducción de dosificación del reactivo metabisulfito de 100 g/t a 50 g/t actúa como buen depresor de la pirita.

De la comparación de resultados de las pruebas de limpieza del concentrado bulk, se aprecia que la dosificación de los tres reactivos es más beneficioso para obtener una mejor calidad de concentrado.

## CONCLUSIONES

- La dosificación de los reactivos cianuro de sodio y metabisulfito de sodio si ayudan a mejorar la calidad del concentrado bulk, para lo cual se debe mantener en 10 g/t el cianuro de sodio y el metabisulfito en 50 g/t. En esta limpieza se logra hasta 51,65% de concentrado bulk.
- La dosificación de los tres reactivos como sulfato de zinc, cianuro de sodio y metabisulfito de sodio actúan mejor en la limpieza del concentrado bulk, siendo las dosificaciones de:

  $ZnSO_4$ 50 g/t

  NaCN 10 g/t

  $Na_2S_2O_5$ 100 g/t

  Con estas dosificaciones se mejoró la calidad del concentrado bulk de 49,89% a 55,02%.
- La comparación de las dosificaciones de los reactivos NaCN – $Na_2S_2O_5$ Vs NaCN – $ZnSO_4$ -$Na_2S_2O_5$ nos muestra mejores resultados trabajando con la dosificación de los tres reactivos.

## RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar más pruebas metalúrgicas con otras muestras provenientes de otros tajos para ver si se mejora la calidad del concentrado bulk, ya que solo se realizó 8 pruebas con los reactivos propuestos NaCN – $Na_2S_2O_5$ y $ZnSO_4$ -NaCN – $Na_2S_2O_5$
2. Se debe realizar pruebas con remolienda a la muestra FM100 + Ok-50 + OK – 30 para ver el efecto de la granulometría en la calidad del concentrado bulk, ya que no se pudo realizar más pruebas por no tener acceso al laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Alvaro, P. (2007). *La determinación del grado de liberación mineralógica*. Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/determinacion-grado-liberacion-mineralogica/determinacion-grado-liberacion-mineralogica2.shtml

Alvaro, P. (18 de junio de 2007). *La determinación del grado de liberación mineralógica*. Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/determinacion-grado-liberacion-mineralogica/determinacion-grado-liberacion-mineralogica2.shtml

Andina, M. (2 de Setiembre de 2013). Nueva tendencia en el modelamiento geometalúrgico. *Minería Chilena*, págs. 4-5. Obtenido de https://www.mch.cl/revistas/antofagasta-minerals-los-avances-en-su-hoja-de-ruta-digital/

Andrease, C. (2017). *Minerales de Cobre (Danafloat)*. Obtenido de http://www.danafloat.com/es/mining_ores/copper

Anónimo. (12 de noviembre de 2022). *Ciudad Región.* Obtenido de https://www.ciudadregion.com/salud/sulfato-de-zinc-que-importancia-tiene-y-principales-industrias-donde-esta-presente

Antony, S. Q. (2011). Concentración de Minerales. *Instituto superior Técnologico Púbico Jóse Pardo* (págs. 14,22,23,24,25). Lima: Departamento de metalúrgia.

Aranda Bruno, J. (2014). OPTIMIZACIÓN POR DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA FLOTACIÓN DE CONCENTRADOS BULK PLOMO Y PLATA A NIVEL LABORATORIOEN LA FIQ. *[Tesis de titulación]*. Universidad Nacional del Centrodel Perú, Huancayo. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3721/Aranda%20Bruno.pdf?sequence=1

Arías Odón, F. (2006). *El proyecto e investigación.* Mexico: Episteme.

Azañero Ortiz, A., & Morales Valencia, M. (1999). Evaluación de reactivos de flotación. *Revista del instituto de investigación de Geología, Minas, metalurgia y Ciencias Geográficas.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v02_n4/reactivos_flotacion.htm

Azañero Ortiz, A. (2010). Flotacion de minerales polimetalicos sulfurados de Pb, Cu y Zn. *Revista del instituto de investigación de Geología, Minas, metalurgia y Ciencias Geográficas.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/429

Barriento Rios, J., & Quispe Gallegos, L. E. (2020). Estudio del incremento en la recuperación y calidad delconcnetrado de Zn en la flotación polimetalica en el distrito de Yarusyacan - Cerro de Pasco. *[Tesis de titulación]*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16474

Bravo Galvez, A. (2003). Manual de molienda y clasificación de minerales. *Planta concentradora*, 4.

Bravo Galvez, A. (2004). *Manual de flotación de minerales*. Obtenido de https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-flotacion-minerales/manual-flotacion-minerales.shtml

Bustamante Rua, O. G. (18 de 02 de 2020). *Concentración de Minerales*. Obtenido de https://www.google.com/search?q=Notas+de+concentraci%C3%B3n+de+minerales%2C+I+M+CIMEX%2C+2008&oq=Notas+de+concentraci%C3%B3n+de+minerales%2C+I+M+CIMEX%2C+2008&aqs=chrome..69i57.67106j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Características. (24 de Mayo de 2018). *Zinc-Características. Co*. Obtenido de https://www.caracteristicas.co/zinc/#ixzz6CHRuGupK

Carrasco, S. (2012). *Metodología de investigación Científica.* Lima: San Marcos. Segunda Edición.

Chemical, D. (1998). Manual de Productos Químicos para Minería. *Reactivos de Minería*, 56.

Chunta Tintaya, C. (2021). Influencia de la dosificación de reactivos en la recuperación. *(Tesis).* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12773/14556

Codelco educa. (2018). Qué es el cobre. *Ministerio de Minería*. Obtenido de https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/edic/base/port/que_es_cobre.html

CONSULTANTS, I. A. (13 de 05 de 2016). *Capitulo III Preparación y Concentración de Minerales*. Obtenido de http://mvergara.over-blog.es/pages/Capitulo_III_Preparacion_y_Concentracion_de_Minerales-3880694.html

Delgado Abril, G. (2016). OPERACIONES EN PLANTA CONCENTRADORA DE MINERAL POLIMETALICO Y OXIDOS DE PLOMO-PLATA - COBRE. *Tesis de Pre Grado*, 16,17.

Edemet. (4 de 05 de 2020). *Celda de flotación de laboratorio*. Obtenido de https://www.edemet.pe/index.php?pag=2&o=c&id=85

Editec, G. (2013). Nueva tendencia en el modelamiento geometalúrgico. *Minería Chilena*, 11-12.

Ganoza, J. (15 de octubre de 2021). Obtenido de Efecto de metabisulfito de sodio en el circuito de limpieza de zinc:

https://www.google.com/search?q=EFECTO+DE+METABISULFITO+DE+SODIO+EN+EL+CIRCUITO+DE+LIMPIEZA+DE+ZINC&oq=&aqs=chrome.2.69i59j69i64j69i59j69i60l3.18026j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Ganoza, J. (2021). Efecto de metabisulfito de sodio en el circuito de limpieza de zinc. *MINERÍA la mejor puerta de acceso al sector minero*(529), 8 - 17. Obtenido de https://revistamineria.com.pe/tecnico-cientifico/efecto-de-metabisulfito-de-sodio-en-el-circuito-de-limpieza-de-zinc

Grazia Moscariello, M. (2017). *Proyectos educativos CR.* AulaBlogs. Obtenido de https://proyectoseducativoscr.wordpress.com/elaboracion-del-ante-proyecto/capitulo-iii-marco-metodologico-de-la-investigacion/3-6-tecnica-de-procesamiento-y-analisis-de-datos/

Griew, W. (01 de Marzo de 2020). *Depositos minerales*. Obtenido de Depositos minerales: https://www.geovirtual2.cl/depos/01veti001.htm

Gutierrez Bernal, A. (04 de 01 de 2013). *Industrializción del Zinc*. Obtenido de https://www.lapatriaenlinea.com/?t=industrializacion-del-zinc&nota=130859

Hernadez Escobar, A. A., Ramos Rodríguez , M. P., Placencia Löpez, B. M., Indagochea Ganchozo, B., Quimis Gómez, A. J., & Moreno Ponce, L. A. (2018). *Metodología de la investigación científica.* Alcoy (Alicante): ärea de inovación y desarrollo.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación.* Mexico: Mc Grawl Hi Educación.

Huancan Nina, A. (2015). Flotación bulk. *Flotacion Bulk.* Lima. Obtenido de https://independent.academia.edu/AngelHuacanNina

Luna Negrete, M. A., & Santa Cruz León, M. B. (2022). *Tratamiento del concentrado de flotación plomo-plata.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión,

Huacho. Obtenido de https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5997

Marchese García, A. (2016). Conceptos y aplicaciones de planificación geometalúrgica. *RevistaLi (Tecsup)*, 31-32. Obtenido de http://app.tecsup.edu.pe/file/sga/documentos/revistaIi/Ii_1/4.pdf

Ministerio de Minería. (2019). *Plan Nacional de depositos de relave.* Chile: Editec. Obtenido de https://www.minmineria.cl/media/2021/05/Plan_Nacional_de_Despositos_de_Relaves_para_una_Mineria_Sostenible_2021.pdf

minminería.cl. (01 de Marzo de 2008). *Vetas*. Obtenido de Vetas: https://www.minmineria.cl/glosario-minero-v/veta-vein-lode/#:~:text=a-,Veta%20(Vein%2C%20lode)%3A,sustancia%20en%20que%20est%C3%A1%20incrustada.

Mular, A., Halbe, D., & Barrat, D. (2002). *Mineral processing plant design, practice, and control.* Vancuver - Canada: Society for Mining, Metallurgy, and exploration, Inc.

Nina Vilca, W. R. (2019). Caracterización mineralogica e implicancias geometalúrgicas en el yacimiento pórfido-skarn del Batolito Andahuaylas-Yauri. *Tesis para optar el titulo de ingeniero*, 170.

Pacopia Mamani, S. (2017). INVESTIGACION PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FLOTACIÓN PARA MINERALES POLIMETALICOS DE Pb-Ag-Zn CON PRESENCIA DE PIRROTITA. *Tesis de Pre Grado* , 74.

Peqqueña, D. (2016). *Concentración de minerales.* Universidad Nacional de San Agustin, Arequipa.

Peréz Segura, E., Gaspar Sergeo, J. C., & Brown, F. (2013). LA Geometalúrgia: Una excelente herramienta. *EPISTEMUS*, 74 -76.

Pizzordi, B. (2009). *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS, Uso Responsable del Cianuro en la pequeña minería de Oro.* Better Gold Initiative. Lima: Better Gold Initiative. Obtenido de https://ororesponsable.org/wp-content/uploads/2020/03/Manual-Uso-Responsable-de-Cianuro-en-la-Peque%C3%B1a-Miner%C3%ADa.pdf

Rodriguez Mendoza, K. J. (2015). Evaluación de la flotación de zinc en la planta concnetradora Austra Duvas S.A. *Tesis de Pregrado.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

Sanchez Pastor, N., Luque del Villar, F. J., & Piñas Gracía, R. (2011). Introducción al microscopio de luz reflejada I. *Reduca*, 3-4. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/850-1026-1-PB.pdf

SGS. (24 de Febrero de 2007). *Geometalurgia*. Obtenido de Geometalurgia: https://www.sgsgroup.com.ar/-/media/local/mexico/documents/flyers-and-leaflets/sgs-min-329-geometalurgia-sp-12-02.pdf

Supo, J. (2012). *Seminario de investigación cientifica.* Arequipa: Bioestadistico.

Tabares Ocampo, L. M. (2020). Caracterización mineralógica y química orientada a geometalurgia de los depósitos auríferos de un sector del Distrito Minero de La Llanada – Departamento de Nariño (Colombia). *Tesis de Maestria*, 121.

Valdivia Tito, L. (2015). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE FLOTACIÓN DE MINERALES DE TORUNA DE LA CIA. VOLCAN S.A.A. *Tesis de Pre Grado (UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN - AREQUIPA)* , 90.

Vera Abara, F. (2019). *Aumento de porcentaje de sólido de descarga de los espesadores de relave a tráves de la metodología Full potencial en Minera los Pelambres.* Chile: Universidad de Concepción.

Vilchez; Medina; Coronel. (20 de Enero de 2012). *Revistas Investigación unmsm.* Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/431

Villega, & Manzaneda. (04 de Agosto de 2006). *Remolienda de Mixtos en la Flotación Bulk Pb-Cu en Atacocha.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/222448/Remolienda-en-flotacion

Wikipedia. (18 de 02 de 2008). *Wikipedia la inciclopedia libre.* Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Sulfato_de_cinc

# ANEXOS

# ANEXO 01

Instrumento de Recolección de Datos

nexa

## Prueba de Flotación - Estándar U.EP

Fecha :
Muestra :
Cliente :
Responsable :
Departamento :

Peso de Muestra: gramos
Molienda: minutos
Pasante(P80): micrones
Nº Prueba:
Sólidos: %

Condiciones

| Etapas de Flotación | Reactivos g/t, Circuito Plomo | | | | | | | Parametros Flotación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $ZnSO_4$ | NaCN | $Na_2S_2O_5$ | | | | | Revol. rpm | Tiempo (min.) | pH | -mV | Aire Nl/min |
| Molienda | | | | | | | | | | | | |
| Acond. 1 | | | | | | | | | | | | |
| 1° Cl Bulk | | | | | | | | | | | | |
| 2° Cl Bulk | | | | | | | | | | | | |
| 3° Cl Bulk | | | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | | |

| Descripción | | | | Ensaye Quimico | | | | | | | Recuperación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Producto | Peso (g) | %Sold | w (%) | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Bi % | Mn % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Bi % | Mn % |
| Conc. 3° Cl Bulk | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rel. 3° Cl Bulk | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rel.2°Cl Bulk | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rel. 1° Cl Bulk | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Cab. Calculada** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Cab. Ensayada** | | | | | | | | | | | | | | | | | |

** Muestra a Trabajar*

*Nota*. Formato del área de laboratorio metalúrgico

## ANEXO 02

Cálculo de cantidad de muestra y número de pruebas

**Cálculo de la cantidad de muestras (Teoría de Pierre Gy)**

Muestra de las celdas Bulk FM100, OK-30 Y OK-50:

Ley de cabeza del Pb = 1.70%

S = 0.01 Medida del error estadístico que se puede tolerar en el ensayo de la muestra

Liberación 166 μ

r = 5.85 (G.E. Bulk)

t = 2.9 (G.E. $SiO_2$)

d = 354 μ

f = 0.5

g =0.25

$$\boldsymbol{l} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{d}}}$$

$$\boldsymbol{l} = \sqrt{\frac{\mathbf{166}}{\mathbf{354}}}$$

$$\boldsymbol{l} = \mathbf{0.6848}$$

$PM_{Pb}$=207.2

$PM_S$ = 32

$PM_{PbS}$ = 239.2

100% PbS ---------- 86.62% Pb

%a ---------- 1 .7% Pb

$$\%\boldsymbol{a} = \frac{1.7x100}{86.62} = 1.96\%PbS$$

$$\boldsymbol{a} = \frac{1.96}{100} = 0.0196\ PbS$$

$$\boldsymbol{m} = \frac{\boldsymbol{1-a}}{\boldsymbol{a}}[(\boldsymbol{1-a}).\boldsymbol{r}+\boldsymbol{a}.\boldsymbol{t}]$$

$$\boldsymbol{m} = \frac{1-0.0196}{0.0196}[(1-0.0196)5.85+0.0196.2.9] = 289.34\ g/cm^3$$

d = 354 µ = 0.0354 cm

$$\boldsymbol{C} = \boldsymbol{f}.\boldsymbol{g}.\boldsymbol{l}.\boldsymbol{m}$$

$$\boldsymbol{C} = 0.5x0.25x0.6848x289.43 = 24.77\ g/cm^3$$

$$\boldsymbol{M} = \frac{\boldsymbol{C}.\boldsymbol{d^3}}{\boldsymbol{S^2}}$$

$$\boldsymbol{M} = \frac{24.77x0.0354^3}{0.01^2} = 10.99\ Kg$$

$$\%\boldsymbol{Solidos} = \frac{\boldsymbol{G}.\boldsymbol{E}(\boldsymbol{Dp}-\boldsymbol{1})}{\boldsymbol{Dp}(\boldsymbol{G}.\boldsymbol{E}-\boldsymbol{1})}$$

Dp = 1404 g/cm$^3$

G.E = 3.09

$$\%\boldsymbol{Solidos} = \frac{3.09(1.404-1)}{1.404(3.09-1)} = 42.54\%$$

$$\%\boldsymbol{Solidos} = \frac{\boldsymbol{Wm}}{\boldsymbol{Wp}}\boldsymbol{x100}$$

$$42.54 = \frac{10.99}{Wp}x100$$

$$\boldsymbol{Wp} = \frac{10.99}{42.54}x100 = 25.83\ Kg$$

**Cálculo del número de pruebas (Diseño factorial a dos niveles)**

Numero de pruebas a realizar viene dado por la relación:

$$\mathbf{N = 2^n}$$

Donde:

n = Numero de Variables

N = Numero de Experimentos

- Calculo para 2 variables de la primera prueba

**Variable**

$X_1$ = NaCN

$X_2$ = $Na_2S_2O_5$

**Rango**

NaCN = 10 gr/Tn

$Na_2S_2O_5$ = <50-100> gr/Tn

$$\mathbf{N = 2^2}$$

$$\mathbf{N = 4}$$

En base a que se está utilizando dos variables para la primera prueba, se está considerando trabajar con 4 corridas experimentales utilizando los depresores NaCN y $Na_2S_2O_5$.

- Calculo para 2 variables de la segunda prueba

**Variable**

X1 = $ZnSO_4$

X2 = $Na_2S_2O_5$

**Rango**

$ZnSO_4$ = <50-100> gr/Tn

$Na_2S_2O_5$ = <50-100> gr/Tn

$$\mathbf{N = 2^2}$$

$$\mathbf{N = 4}$$

En base a que se está utilizando dos variables para la segunda prueba, se está considerando trabajar con 4 corridas experimentales utilizando los depresores $ZnSO_4$ y

$Na_2S_2O_5$, donde el NaCN de la primera prueba se mantiene constante sin modificar para la segunda prueba.

# ANEXO 03

Análisis químico

Muestras de concentrados FM 100 + OK-30 + OK-50

INSPECTORATE

Cerro de Pasco – Perú

E-mail : labelporvenir@inspectorate.com.pe

Web : www.inspectorate.com.pe

## REPORTE METALURGIA

CLIENTE : Laboratorio Metalúrgico - El Porvenir Cia Minera Milpo SAA

FECHA DE RECEPCION : 28/01/2023

LUGAR DE RECEPCION

FECHA DE REPORTE : 28/01/2023 CANTIDAD DE MUESTRAS : 1

TIPO DE MUESTRA : Muestra de concentrados FM100 + OK-30 + OK-50 CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

REFERENCIA

| Nº Muestras | Codigo | Descripción | Ag Oz/TM | Pb % | Zn % | Cu % | Fe% | Mn% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | *Muestra de concentrados FM 100 + OK-30 + OK-50* | *35.031* | *15.220* | *9.340* | *4.340* | *15.950* | *0.194* |

*Nota*. Obtenido del laboratorio químico (Inspectorate)

Ley de cabeza a planta

INSPECTORATE

Cerro de Pasco – Perú

E-mail : labelporvenir@inspectorate.com.pe

Web : www.inspectorate.com.pe

## REPORTE METALURGIA

CLIENTE : Laboratorio Metalúrgico - El Porvenir Cia Minera Milpo SAA

FECHA DE RECEPCION : 28/01/2023

LUGAR DE RECEPCION

FECHA DE REPORTE : 28/01/2023 CANTIDAD DE MUESTRAS : 1

TIPO DE MUESTRA : Ensaye de ley de cabeza CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

REFERENCIA

| Nº Muestras | Codigo | Descripción | Ag Oz/TM | Pb % | Zn % | Cu % | Fe% | Mn% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | *Ensaye de ley de cabeza* | *2.830* | *1.700* | *4.310* | *0.230* | *8.750* | *0.194* |

*Nota*. Obtenido del laboratorio químico (Inspectorate)

Pruebas metalúrgicas - laboratorio

INSPECTORATE

Cerro de Pasco – Perú

E-mail : labelporvenir@inspectorate.com.pe

Web : www.inspectorate.com.pe

# REPORTE METALURGIA

CLIENTE : Laboratorio Metalúrgico - El Porvenir Cia Minera Milpo SAA

FECHA DE RECEPCION : 31/01/2023

LUGAR DE RECEPCION

FECHA DE REPORTE : 31/01/2023 CANTIDAD DE MUESTRAS : 32

TIPO DE MUESTRA : PRUEBAS METALURGICAS CARACTERISTICAS Y CONDICIONES :

REFERENCIA

| Nº Muestras | Codigo | MUESTRA PUNTUAL GA 31/01/2023 HORA 01:00 AM | Ag Oz/TM | Pb % | Zn % | Cu % | Fe% | Mn% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | FT-2322 | Conc. 3° Cl Bulk | 129.400 | 42.610 | 2.500 | 13.510 | 11.780 | 0.136 |
| 2 | FT-2322 | Rel. 3° Cl Bulk | 96.510 | 39.660 | 4.020 | 11.230 | 11.900 | 0.164 |
| 3 | FT-2322 | Rel.2°Cl Bulk | 55.930 | 23.650 | 7.570 | 5.950 | 13.580 | 0.148 |
| 4 | FT-2322 | Rel. 1° Cl Bulk | 17.400 | 7.480 | 11.010 | 2.840 | 14.610 | 0.172 |
| 5 | FT-2323 | Conc. 3° Cl Bulk | 117.190 | 44.300 | 2.960 | 11.110 | 9.640 | 0.095 |
| 6 | FT-2323 | Rel. 3° Cl Bulk | 82.790 | 36.280 | 8.110 | 7.880 | 11.200 | 0.134 |
| 7 | FT-2323 | Rel.2°Cl Bulk | 42.690 | 18.200 | 11.550 | 5.940 | 14.090 | 0.128 |
| 8 | FT-2323 | Rel. 1° Cl Bulk | 18.440 | 7.190 | 9.100 | 2.840 | 15.640 | 0.134 |
| 9 | FT-2324 | Conc. 3° Cl Bulk | 133.590 | 46.590 | 2.870 | 10.100 | 9.460 | 0.083 |
| 10 | FT-2324 | Rel. 3° Cl Bulk | 84.250 | 35.740 | 7.170 | 7.840 | 10.690 | 0.144 |
| 11 | FT-2324 | Rel.2°Cl Bulk | 43.970 | 19.330 | 11.640 | 5.980 | 13.560 | 0.095 |
| 12 | FT-2324 | Rel. 1° Cl Bulk | 18.970 | 7.880 | 9.100 | 3.160 | 15.150 | 0.137 |
| 13 | FT-2325 | Conc. 3° Cl Bulk | 111.240 | 51.650 | 4.150 | 7.980 | 9.120 | 0.157 |
| 14 | FT-2325 | Rel. 3° Cl Bulk | 85.580 | 37.980 | 7.530 | 7.490 | 11.840 | 0.148 |
| 15 | FT-2325 | Rel.2°Cl Bulk | 46.050 | 18.550 | 11.120 | 6.480 | 14.760 | 0.136 |
| 16 | FT-2325 | Rel. 1° Cl Bulk | 17.570 | 6.310 | 9.440 | 3.030 | 15.470 | 0.176 |
| 17 | FT-2326 | Conc. 3° Cl Bulk | 106.650 | 49.890 | 2.820 | 9.140 | 9.320 | 0.155 |
| 18 | FT-2326 | Rel. 3° Cl Bulk | 88.250 | 36.230 | 6.870 | 7.100 | 10.520 | 0.124 |
| 19 | FT-2326 | Rel.2°Cl Bulk | 42.390 | 18.040 | 9.620 | 6.430 | 13.160 | 0.146 |
| 20 | FT-2326 | Rel. 1° Cl Bulk | 19.520 | 7.280 | 9.730 | 2.980 | 15.390 | 0.178 |
| 21 | FT-2327 | Conc. 3° Cl Bulk | 122.570 | 52.290 | 2.940 | 8.620 | 8.960 | 0.113 |
| 22 | FT-2327 | Rel. 3° Cl Bulk | 78.780 | 34.610 | 6.650 | 8.310 | 13.510 | 0.134 |
| 23 | FT-2327 | Rel.2°Cl Bulk | 44.190 | 18.600 | 10.490 | 5.830 | 16.120 | 0.153 |
| 24 | FT-2327 | Rel. 1° Cl Bulk | 18.260 | 6.880 | 10.440 | 2.640 | 15.410 | 0.134 |
| 25 | FT-2328 | Conc. 3° Cl Bulk | 123.990 | 53.490 | 3.040 | 10.170 | 8.540 | 0.083 |
| 26 | FT-2328 | Rel. 3° Cl Bulk | 85.490 | 35.100 | 7.160 | 8.140 | 11.690 | 0.094 |
| 27 | FT-2328 | Rel.2°Cl Bulk | 47.840 | 19.110 | 11.750 | 6.070 | 13.680 | 0.095 |
| 28 | FT-2328 | Rel. 1° Cl Bulk | 20.440 | 8.390 | 9.130 | 3.260 | 15.210 | 0.124 |
| 29 | FT-2329 | Conc. 3° Cl Bulk | 125.710 | 55.020 | 3.010 | 7.740 | 8.080 | 0.146 |
| 30 | FT-2329 | Rel. 3° Cl Bulk | 93.080 | 42.400 | 5.840 | 6.940 | 10.480 | 0.178 |
| 31 | FT-2329 | Rel.2°Cl Bulk | 47.800 | 20.250 | 10.020 | 6.200 | 14.490 | 0.113 |
| 32 | FT-2329 | Rel. 1° Cl Bulk | 18.520 | 6.990 | 10.310 | 3.010 | 14.800 | 0.134 |

*Nota*. Obtenido del laboratorio químico (Inspectorate)

**ANEXO 04**

Cálculo de prueba de hipótesis

Ho: $\mu_1 = \mu_2$

H1: $\mu_1 \neq \mu_2$

**Nivel de significancia**

$\alpha = 0{,}05$

**Estadístico de prueba**

$\bar{Y}_1 = 46.29$

$S_1^2 = 15.44$

$S_1 = 3.93$

$n_2 = 4$

$\bar{Y}_2 = 52.67$

$S_2^2 = 4.69$

S2=2.17

$$\boldsymbol{Sp^2} = \frac{(\boldsymbol{n_1} - \mathbf{1})\boldsymbol{S_1^2} + (\boldsymbol{n_2} - \mathbf{1})\boldsymbol{S_2^2}}{\boldsymbol{n_1} + \boldsymbol{n_2} - \mathbf{2}}$$

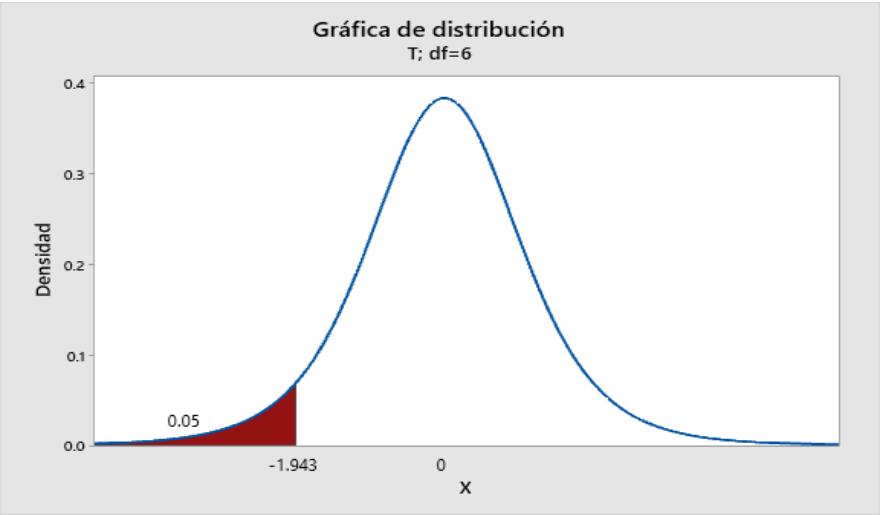
$$\boldsymbol{t_c} = \frac{\bar{\mathrm{Y}}_{\mathbf{1}} - \bar{\mathrm{Y}}_{\mathbf{2}}}{\boldsymbol{S_p}\sqrt{\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n_1}} + \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n_2}}}}$$

$$\boldsymbol{Sp^2} = \frac{(4-1)15.44 + (4-1)4.69}{4+4-2} = 3.17$$

$$\boldsymbol{t_c} = \frac{\mathbf{46.29 - 52.67}}{\mathbf{3.17}\sqrt{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}}}} = \mathbf{-2.85}$$

**Valor de decisión:** (Si $t_c > t_t$ se acepta la Ha)

$t_c > t_t$ remplazando valores -2,85 > -1,94


Gráfica de distribución
T; df=6
Densidad
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0.05
-1.943
0
X

# ANEXO 05

## Balance metalúrgico

### Prueba 1

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 48,20 | 34,23 | 3,57 | **129,40** | **42,61** | 2,50 | **13,51** | 11,78 | 13,58 | 10,90 | 0,93 | 11,02 | 2,98 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 93,20 | 3,68 | 6,91 | 96,51 | **39,66** | 4,02 | 11,23 | 11,90 | 19,58 | 19,61 | 2,90 | 17,72 | 5,82 |
| Rel.2°Cl Bulk | 251,60 | 10,56 | 18,66 | 55,93 | **23,65** | 7,57 | 5,95 | 13,58 | 30,64 | 31,57 | 14,74 | 25,34 | 17,93 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 955,40 | 35,99 | 70,85 | 17,40 | **7,48** | 11,01 | 2,84 | 14,61 | 36,20 | 37,92 | 81,42 | 45,93 | 73,26 |
| **Cab. Calculada** | 1348,40 | 28,95 | 100,00 | 34,06 | 13,98 | 9,58 | 4,38 | 14,13 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

### Prueba 2

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 68,60 | 40,88 | 5,28 | **117,19** | **44,30** | 2,96 | **11,11** | 9,64 | 16,74 | 15,42 | 1,68 | 12,65 | 3,52 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 138,50 | 6,75 | 10,66 | 82,79 | **36,28** | 8,11 | 7,88 | 11,20 | 23,88 | 25,49 | 9,28 | 18,11 | 8,27 |
| Rel.2°Cl Bulk | 344,70 | 12,82 | 26,52 | 42,69 | **18,20** | 11,55 | 5,94 | 14,09 | 30,65 | 31,82 | 32,87 | 33,98 | 25,88 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 747,80 | 31,08 | 57,54 | 18,44 | **7,19** | 9,10 | 2,84 | 15,64 | 28,72 | 27,27 | 56,18 | 35,25 | 62,33 |
| **Cab. Calculada** | 1299,60 | 24,16 | 100,00 | 36,94 | 15,17 | 9,32 | 4,64 | 14,44 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

### Prueba 3

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 68,60 | 36,43 | 5,16 | **133,59** | **46,59** | 2,87 | **10,10** | 9,46 | 19,09 | 16,21 | 1,63 | 11,50 | 3,46 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 125,60 | 7,24 | 9,45 | 84,25 | **35,74** | 7,17 | 7,84 | 10,69 | 22,04 | 22,77 | 7,43 | 16,34 | 7,16 |
| Rel.2°Cl Bulk | 269,14 | 12,82 | 20,24 | 43,97 | **19,33** | 11,64 | 5,98 | 13,56 | 24,65 | 26,39 | 25,86 | 26,71 | 19,45 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 866,31 | 36,23 | 65,15 | 18,97 | **7,88** | 9,10 | 3,16 | 15,15 | 34,23 | 34,63 | 65,08 | 45,44 | 69,94 |
| **Cab. Calculada** | 1329,65 | 28,76 | 100,00 | 36,11 | 14,83 | 9,11 | 4,53 | 14,11 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

Prueba 4

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 66,60 | 44,88 | 5,17 | **111,24** | **51,65** | 4,15 | **7,98** | 9,12 | 15,43 | 17,45 | 2,28 | 8,82 | 3,24 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 139,50 | 5,75 | 10,83 | 85,58 | **37,98** | 7,53 | 7,49 | 11,84 | 24,87 | 26,87 | 8,67 | 17,34 | 8,80 |
| Rel.2°Cl Bulk | 338,70 | 13,82 | 26,28 | 46,05 | **18,55** | 11,12 | 6,48 | 14,76 | 32,49 | 31,87 | 31,09 | 36,43 | 26,64 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 743,80 | 30,08 | 57,72 | 17,57 | **6,31** | 9,44 | 3,03 | 15,47 | 27,22 | 23,81 | 57,96 | 37,41 | 61,32 |
| **Cab. Calculada** | 1288,60 | 23,94 | 100,00 | 37,26 | 15,30 | 9,40 | 4,68 | 14,56 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

Prueba 5

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 64,67 | 34,18 | 4,85 | **106,65** | **49,89** | 2,82 | **9,14** | 9,32 | 14,37 | 16,37 | 1,51 | 9,81 | 3,21 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 130,20 | 7,68 | 9,77 | 88,25 | **36,23** | 6,87 | 7,10 | 10,52 | 23,93 | 23,93 | 7,38 | 15,34 | 7,30 |
| Rel.2°Cl Bulk | 324,02 | 13,98 | 24,31 | 42,39 | **18,04** | 9,62 | 6,43 | 13,16 | 28,61 | 29,65 | 25,73 | 34,58 | 22,72 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 814,04 | 33,54 | 61,07 | 19,52 | **7,28** | 9,73 | 2,98 | 15,39 | 33,10 | 30,06 | 65,38 | 40,26 | 66,76 |
| **Cab. Calculada** | 1332,93 | 26,29 | 100,00 | 36,02 | 14,79 | 9,09 | 4,52 | 14,08 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9.34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

Prueba 6

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 46,10 | 52,99 | 5,30 | **122,57** | **52,29** | 2,94 | **8,62** | 8,96 | 17,52 | 18,08 | 1,61 | 10,32 | 3,14 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 80,60 | 3,29 | 9,27 | 78,78 | **34,61** | 6,65 | 8,31 | 13,51 | 19,69 | 20,93 | 6,35 | 17,40 | 8,29 |
| Rel.2°Cl Bulk | 257,50 | 10,84 | 29,60 | 44,19 | **18,60** | 10,49 | 5,83 | 16,12 | 35,29 | 35,93 | 32,00 | 38,99 | 31,60 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 485,60 | 21,07 | 55,83 | 18,26 | **6,88** | 10,44 | 2,64 | 15,41 | 27,50 | 25,06 | 60,05 | 33,30 | 56,97 |
| **Cab. Calculada** | 869,80 | 18,09 | 100,00 | 37,07 | 15,33 | 9,71 | 4,43 | 15,10 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

Prueba 7

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 56,72 | 36,43 | 4,32 | **123,99** | **53,49** | 3,04 | **10,17** | 8,54 | 14,65 | 15,39 | 1,42 | 9,57 | 2,58 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 121,64 | 7,24 | 9,26 | 85,49 | **35,10** | 7,16 | 8,14 | 11,69 | 21,66 | 21,66 | 7,19 | 16,43 | 7,58 |
| Rel.2°Cl Bulk | 269,14 | 11,21 | 20,49 | 47,84 | **19,11** | 11,75 | 6,07 | 13,68 | 26,82 | 26,09 | 26,10 | 27,12 | 19,62 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 866,31 | 35,23 | 65,94 | 20,44 | **8,39** | 9,13 | 3,26 | 15,21 | 36,88 | 36,87 | 65,29 | 46,88 | 70,22 |
| **Cab. Calculada** | 1313,81 | 27,79 | 100,00 | 36,55 | 15,01 | 9,22 | 4,59 | 14,28 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

Prueba 8

| Descripción | | | | Ensaye Químico | | | | | Recuperación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Producto** | **Peso (g)** | **%Sol** | **w (%)** | Ag Oz/t | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % | Ag % | Pb % | Zn % | Cu % | Fe % |
| Conc. 3° Cl Bulk | 44,70 | 41,78 | 3,25 | **125,71** | **55,02** | 3,01 | **7,74** | 8,08 | 10,89 | 11,36 | 1,02 | 5,68 | 1,87 |
| Rel. 3° Cl Bulk | 138,30 | 5,82 | 10,05 | 93,08 | **42,40** | 5,84 | 6,94 | 10,48 | 24,95 | 27,09 | 6,15 | 15,74 | 7,49 |
| Rel.2°Cl Bulk | 375,20 | 14,72 | 27,25 | 47,80 | **20,25** | 10,02 | 6,20 | 14,49 | 34,77 | 35,10 | 28,61 | 38,16 | 28,08 |
| Rel. 1° Cl Bulk | 818,60 | 33,34 | 59,46 | 18,52 | **6,99** | 10,31 | 3,01 | 14,80 | 29,39 | 26,44 | 64,22 | 40,42 | 62,57 |
| **Cab. Calculada** | 1376,80 | 25,78 | 100,00 | 37,47 | 15,72 | 9,54 | 4,43 | 14,06 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| **Cab. Ensayada** | | | | **35,03** | **15,22** | **9,34** | **4,34** | **15,95** | | | | | |

**ANEXO 06**

Fotografías

Fotografía 1. Prueba de flotación bulk

Fotografía 2. Evacuación de espumas bulk

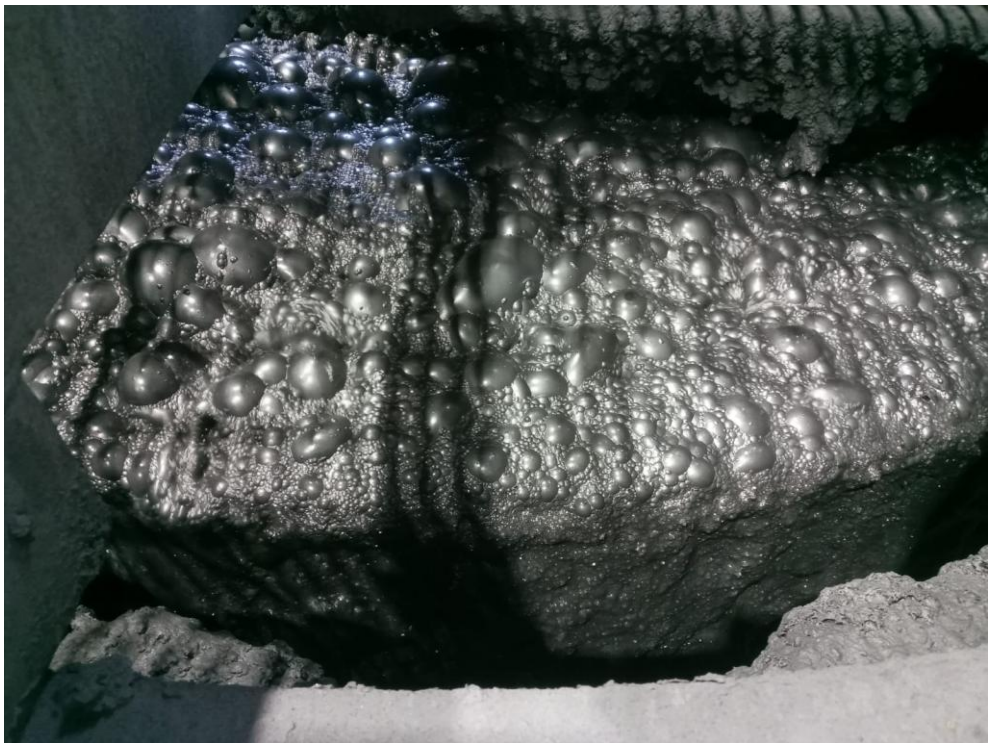
Fotografía 3. Espumas de la Celda FM 100 Bulk

Fotografía 4. Celda FM100

Fotografía 5. Celda OK 50 Bulk

Fotografía 6. Celda OK 50 Bulk

Fotografía 7. Celda OK 30 Bulk


Fotografía 8. Espumas de flotación Celda OK 30 Bulk

**ANEXO 07**

Hoja de seguridad MSDS

## HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES

## METABISULFITO DE SODIO GRILLO - ALEMAN

### SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA

**Nombre del Producto**: Metabisulfito de sodio
**Fórmula Química:** $Na_2S_4O_5$
**Empresa**: Químicos Goicochea SAC
**Dirección**: Avenida Néstor Gambeta 150 callao
**Teléfono**: +51 1 614-4400
**Telefax número**: +51 1 614-4401

*Salud: 2; Inflamabilidad: 0; Reactividad: 1*

### SECCIÓN 2: INFORMACIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN

| | | |
|---|---|---|
| Número CAS | : | 7681-57-4 |
| Rango del porcentaje de concentración | : | 98.70% |

### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Indicaciones de peligro:

| | |
|---|---|
| H302 | Nocivo en caso de ingestión. |
| H318 | Provoca lesiones oculares graves. |
| EUH031 | En contacto con ácidos libera gases tóxicos. |

Precauciones de seguridad:

| | |
|---|---|
| P264 | Lavarse las manos y la cara completamente después de manejar. |
| P280 | Llevar guantes de protección / protección protector ropa / protección para los ojos / la cara. |
| P330 | Enjuagar la boca. |
| P305 + P351 + P338 | EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Lavar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto, si lleva y resulta fácil de hacer. Proseguir con el lavado. |
| P310 | Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA / médico. |

### SECCIÓN 4: MEDIDA DE PRIMEROS AUXILIOS

Información general: El socorrista: Preste atención a autoprotección!
Mueva a la víctima fuera de la zona de peligro.
Posicionar a la víctima a un transporte. En caso de dificultad respiratoria, poner en semi-vertical, posición sentada. En todos los casos de duda, o cuando persistan los síntomas, consultar al médico.

En caso de inhalación del producto: Proporcionar aire fresco. En caso de dificultades respiratorias buscar atención médica. En caso de

| | |
|---|---|
| | dificultades en la respiración suministrar oxígeno. Sin respiración boca a boca o la respiración artificial de boca a nariz. Asegúrese de que él / ella este cálido y confortable. |
| En caso de contacto con la piel: | En caso de contacto con la piel, lavar inmediatamente con abundante agua.<br>Cambiar la ropa empapada. En caso de reacciones en la piel, consultar a un médico. |
| Contacto con los ojos: | Enjuagar los ojos inmediatamente con abundante agua corriente durante 10 o 15 minutos con los párpados abiertos. Proteger el ojo ileso. Buscar Posteriormente la atención inmediata de un oftalmólogo. |
| En caso de ingestión: | Lavar inmediatamente la boca y beber mucha agua.<br>No induzca el vómito. Consultar inmediatamente a un médico. |

**Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

En caso de inhalación: Irritación de las mucosas, tos, falta de aliento. Puede provocar una reacción alérgica.
En caso de exposición prolongada: Asma.
En caso de ingestión: Dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos.
Contacto con los ojos: Enrojecimiento, dolor.

## SECCIÓN 5: MEDIDA DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

**Medios de extinción**
El producto no es inflamable. Por lo tanto, las medidas de extinción deben seleccionarse según el entorno.
**Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla**
Los incendios en las inmediaciones pueden causar el desarrollo de vapores peligrosos. En caso de incendio pueden formarse: óxidos de azufre.
**Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**
Equipo de protección especial para los bomberos:
Protéjase con un equipo de respiración autónomo y ropa de protección química.
**Información adicional:**
Use agua pulverizada para eliminar los vapores.
No permita que el agua de fuego penetre en aguas superficiales o subterráneas.

## SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE ACCIDENTES.

**Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**
No respirar el polvo. Proporcione ventilación adecuada.
Evite el contacto con la sustancia. Llevar equipo de protección.

**Precauciones ambientales**
No permita que penetre en los desagües, cuerpos o agua en el suelo.

**Métodos y material de contención y de limpieza**
Evitar la formación de polvo.
Recoger mecánicamente y echar en recipientes adecuados para su eliminación la limpieza final.

**Referencia a otras secciones**
Consulte también Capítulo 8 y 13.

## SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAJE

**Precauciones para una manipulación segura**
Consejos para una manipulación segura: Evitar la formación de polvo. No respirar el polvo.
Proveer una ventilación adecuada, y escape local, según sea necesario.
Evite el contacto con la piel y los ojos. Usar ropa protectora adecuada.

**Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**
Condiciones para almacenes y recipientes:
Mantener el recipiente bien cerrado y seco.
Conservar sólo en el envase original. Proteger de la luz solar directa.
Temperatura de almacenamiento 10-27 ° C. La vida útil media de 2 años.
**Sugerencias sobre almacenamiento conjunto:** Evitar el contacto con ácidos y agentes oxidantes.
Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
Clase de almacenamiento: 13 = sólidos no combustible

## SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Información adicional: A pH <7: La formación de dióxido de azufre ($SO_2$).
**Protección respiratoria:** Con la formación de polvo, utilice una mascarilla contra el polvo.
Si las concentraciones son más altas usar:
Filtro combinado / Un filtro tipo E-P2 / E-P3 según la norma EN 14387.
**Protección de las manos:** Guantes de protección de acuerdo con la norma EN 374.
*Guantes:* Caucho nitrilo (0,35 mm) o de caucho butílico (butilo) (0,5 mm). Tiempo de penetración> 480 min.
Observar las indicaciones del fabricante de guantes en materia de penetración y el tiempo de adelanto.
**Protección de los ojos:** Gafas herméticas según la norma EN 166.
Protección del cuerpo: Ropa de trabajo protectora según la norma EN 13034.
Zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
**De protección e higiene general:**
Cambiar la ropa empapada. Ropa de trabajo no deberían ser usados fuera del área de trabajo.
Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.
Tener los ojos botella para lavado o limpieza para los ojos listos en el lugar de trabajo.

## SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

| | | |
|---|---|---|
| **Apariencia Física** | : | Polvo cristalino blanco |
| **Estado Físico** | : | Sólido |
| **Olor** | : | Ligeramente picante, como el dióxido de Azufre. |

| | | |
|---|---|---|
| **pH** | : | 4.0 – 4.5 |
| **Punto de fusión** | : | 150 °C |
| **Punto de ebullición** | : | No disponible |
| **Punto de inflamabilidad** | : | No aplicable |
| **Propiedad explosiva** | : | No explosivo |
| **Densidad** | : | 2.36 g/cm$^3$ |
| **Solubilidad** | : | En diclorometano, tolueno, n-hexano, acetona, acetato de etilo <0,01 g / L. En metanol 62 g / L |
| **Solubilidad en Agua** | : | 667 g/L a 25 °C |
| **Coeficiente de reparto n-octanol/agua** | : | -3.7 log P(o/w) a 25 °C |
| **Descomposición térmica** | : | > 150 °C |

*Otra información:*
*Peso Molecular: 190.10 g/mol*
*Tensión superficial: 55.9 mN/m (100 mg/L)*

## SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Reactividad**
A pH <7: La formación de dióxido de azufre (SO2).

**Estabilidad química**
El producto es estable bajo condiciones normales de almacenamiento.

**Posibilidad de reacciones peligrosas**
En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

**Condiciones que deben evitarse**
Proteger del calor excesivo.

**Materiales incompatibles**
Evite el contacto con ácidos y agentes oxidantes.

**Productos de descomposición peligrosos**
En caso de fuerte calentamiento: La formación de dióxido de azufre.
Descomposición térmica:> 150 ° C

## SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

***Toxicidad aguda:***
DL50 Rata, oral: 1540 mg / kg (OECD 401)
Rata DL50 por vía cutánea:> 2.000 mg / kg (OECD 402) LC50
Rata, inhalación:> 5,5 mg / l / 4h (OCDE 403)

***Efectos toxicológicos: Toxicidad aguda (oral):***
Tox. 4; H302 = Nocivo en caso de ingestión.
***Toxicidad aguda (dérmica):*** Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

***Toxicidad aguda (inhalación):*** Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Piel corrosión / irritación: En base a los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Conejo: no irritante (OECD 404).
Ojo daños/irritación: Les. 1; H318 = Provoca lesiones oculares graves.
Conejo: fuertemente irritante (OECD 405).
***Sensibilización de las vías respiratorias:*** En base a los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
***Sensibilización de la piel:*** En base a los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación. Ratón: no sensibilizante (OECD 429).
***Germen celular mutagenicidad / genotoxicidad:*** Basado en los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
***Mutagenicidad bacteriana:*** Prueba de Ames Salmonella typhimurium negativo (OECD 471) mutaciones de genes de células de mamífero in vitro: negativo (OECD 476) Aberraciones cromosómicas en células de mamíferos in vivo: negativo (OECD 474) ***Carcinogénesis:*** En base a los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación. En la rata la exposición a largo plazo: negativo
***Toxicidad para la reproducción:*** En base a los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación. Efectos sobre la lactancia o a través de: En base a los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
***Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única):*** Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
***Toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas):*** Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
***Peligro de aspiración:*** Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

## SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

**Degradación abiótica:**
Compartimento atmosférico
No volátil. Foto-oxidación no puede esperar.
Agua compartimento: No se espera una hidrólisis.
**Biodegradación:**
Los métodos para la determinación de la biodegradabilidad no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

## SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

**Para el Producto:**
Residuos número de clave: 06 06 02 * = Residuos que contienen sulfuros peligrosos
** = Evidencia para su eliminación debe ser proporcionada.*
Recomendación: Los residuos especiales.
Eliminar los residuos de acuerdo con la legislación aplicable.

**Para los envases contaminados**
Recomendación: Eliminar los residuos de acuerdo con la legislación aplicable. Paquetes no contaminados pueden ser reciclados.

QUIMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUIMICOS

## SECCIÓN 14: INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Número ONU: No aplicable
Denominación de la carga ADR / RID, IMDG, IATA: Sin restricciones
Nivel de riesgo para Transporte (es): No aplicable
Grupo de embalaje: No aplicable
Peligros ambientales, Contaminante marino: No
Precauciones particulares para los usuarios: No es un producto peligroso, según las normas de transporte
Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC: No hay datos disponibles

## SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Sistemas de clasificación de peligros:

Clasificación de Riesgo NFPA:
Salud: 2 (Moderado)
Incendio: 0 (Mínimo)
Reactividad: 1 (leve)

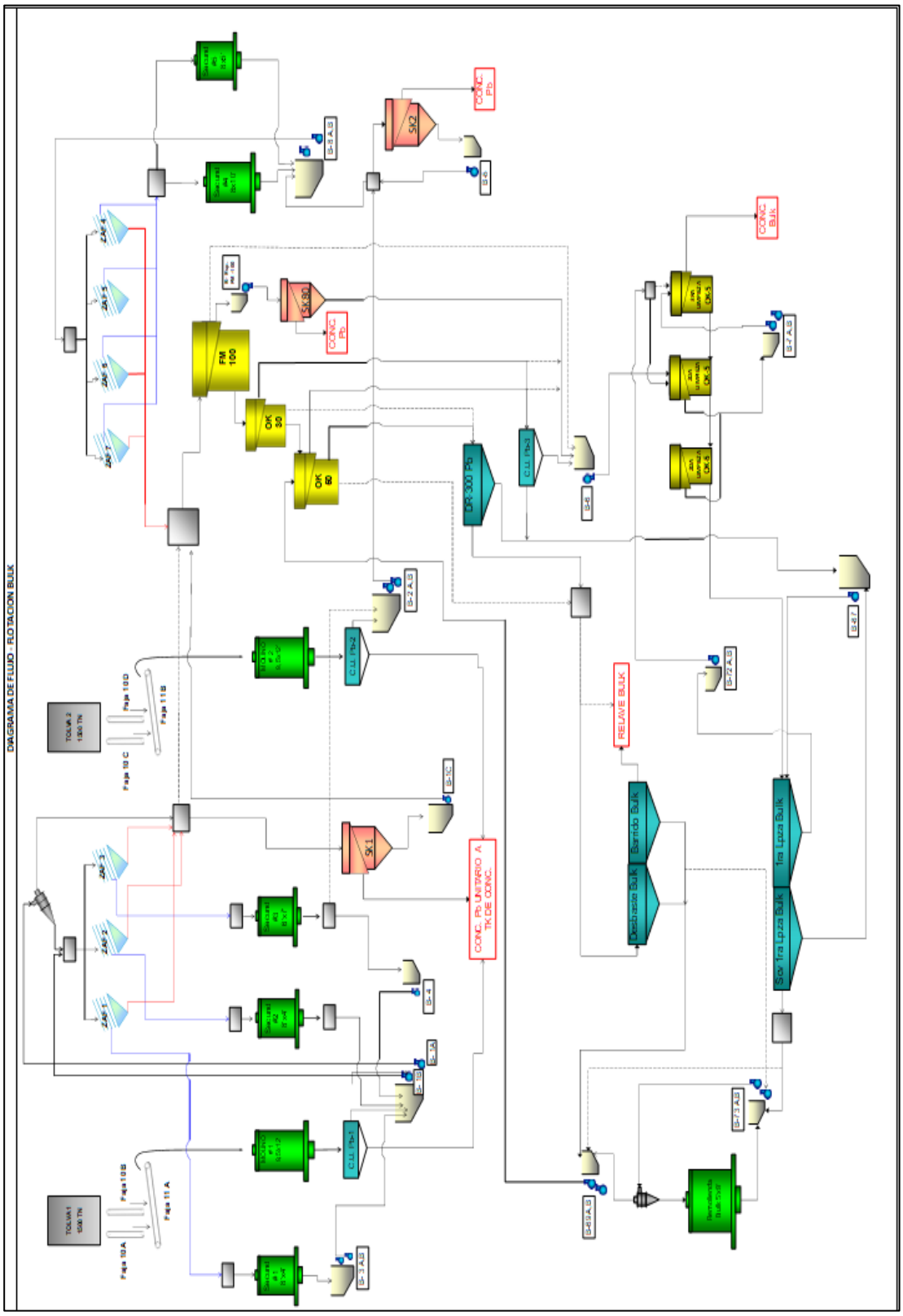
Versión HMIS III Clasificación:
Salud: 2 (Moderado)
Fuego: 0 (Mínimo)
Peligro físico: 1 (leve)
Protección personal: X = Consulte a su supervisor

## SECCIÓN 16: OTRA INFORMACIÓN

*La información anterior se considera precisa y representa la mejor información actualmente disponible para nosotros. Sin embargo, no ofrecemos ninguna garantía de comercialización o cualquier otra garantía, expresa o implícita, con respecto a dicha información, y no asumimos ninguna responsabilidad derivada de su uso. Usuarios debe hacer sus propias investigaciones para determinar la idoneidad de la información para sus propósitos particulares. De ninguna manera QUIMICOS GOICOCHEA será responsable de ninguna reclamación, pérdida o daño de cualquier tercero ni de pérdidas de utilidades o cualquier daño especial, indirecto, incidental o consecuente.*

**ANEXO 08**

Diagrama de flujo de la planta concentradora de la Unidad el Porvenir




*Nota*. Obtenido del laboratorio metalúrgico – Nexa Resourse