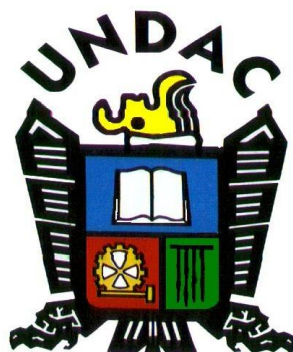


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA



TESIS

**Evaluación de la Influencia del RA-CN300 en el proceso de
flotación plomo – zinc para sustituir el cianuro de sodio en la
planta concentradora de la unidad minera Recuperada –
Huancavelica 2019**

Para Optar el Título Profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach. Jeffry Louis SALVADOR RIVERA

Asesor: Mg. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO

Cerro de Pasco - Perú - 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA



TESIS

**Evaluación de la influencia del RA-CN300 en el proceso de
flotación plomo – zinc para sustituir el cianuro de sodio en la
planta concentradora de la unidad minera Recuperada –
Huancavelica 2019**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. José Eli CASTILLO MONTALVAN
PRESIDENTE

Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO
MIEMBRO

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
MIEMBRO

DEDICATORIA

Se la dedico al forjador de mi camino y, al quien me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez. Eres quien guía el destino de mi vida. Te lo agradezco padre celestial.

A mi madre, por su paciencia y amor. Tu bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien.

RECONOCIMIENTO

Mi gratitud a mi alma mater, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; a toda plana docente de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica por sus enseñanzas en mi formación profesional y a todos los docentes que se involucraron en la presente investigación, por su apoyo y aporte profesional en la presente investigación.

Al personal Staff y colaboradores de la Unidad Minera Recuperada por darme la confianza y la oportunidad de desempeñarme como profesional metalurgista.

RESUMEN

El presente trabajo revisa la aplicación de importantes conceptos sobre la activación y depresión de sulfuros de plomo y hierro; la aplicación del criterio de flotación Bulk y el uso de tablas y gráficos comparativos para establecer si un nuevo depresor orgánico podría ser la alternativa de reemplazo del depresor cianuro de sodio en flotación. Se conoce que el cianuro de sodio es un reactivo cada vez más importante en la flotación por su función de activación de galena (PbS) y depresión de pirita (FeS₂); pero es necesario investigar alternativas que puedan reemplazarlo debido a su alto grado de toxicidad y peligro que representa para la salud.

Para el estudio se evaluó el comportamiento del depresor NaCN y un nuevo depresor orgánico RA-CN300 mediante pruebas realizadas en planta, con dosificaciones que varían de 22 – 23 g/ton en el molino primario y de 7 – 9 g/ton añadidas a la 2da Rougher de plomo durante las pruebas realizadas con el uso del RA-CN300; de las cuales se obtuvieron resultados favorables en la calidad de plomo >50% y la recuperación de la plata >90%; así como también se tuvo una mejora en la calidad del concentrado de zinc >48%. Los resultados expuestos en los balances metalúrgicos y mediante las tablas y gráficos comparativos se concluye la influencia del RA-CN300 en la flotación de plomo y zinc como depresor de sulfuros de hierro, por lo que sustituye al cianuro de sodio en el proceso metalúrgico.

Palabras clave: Dosificación, depresor, recuperación, flotación, influencia.

ABSTRACT

The present work reviews the application of important concepts on the activation and depression of lead and iron sulfides; the application of the bulk flotation criterion and the use of metallurgical balances to establish whether a new organic depressant could be the replacement alternative to the flotation sodium cyanide depressant, sodium cyanide is known to be an increasingly important reagent in flotation because of its galena activation (PbS) and pyrite depression (FeS₂) functions; but it is necessary to investigate alternatives that can replace it due to its high degree of toxicity and health hazard.

For the study, the behavior of the NaCN depressant and a new organic depressant RA-CN300 were evaluated through tests carried out in the plant, with dosages that vary from 22 – 23 g/ton in the primary mill and from 7 – 9 g/ton added to the 2nd Lead Rougher during tests carried out using the RA-CN300; of which favorable results were obtained in lead quality >50% and silver recovery >90%; as well as there was an improvement in the quality of the zinc concentrate >48%. The results presented in the metallurgical balances and by means of the comparative tables and graphs, the influence of the RA-CN300 on the flotation of lead and zinc as a depressant of iron sulfides is concluded, therefore it replaces sodium cyanide in the metallurgical process.

Keywords: Dosage, depressant, recovery, flotation, influence.

INTRODUCCIÓN

La Planta Concentradora de la Unidad Minera Recuperada procesa minerales polimetálicos de plomo, plata y zinc; el análisis microscópico indica que los portadores de plomo son mayormente galena (PbS), los valores de plata están conformados por sulfosales de plomo y plata; la esfalerita es el sulfuro portador más importante de zinc; respecto de los sulfuros de hierro el contenido en el mineral es más del cincuenta por ciento en peso por tanto son los sulfuros predominantes en los criterios de flotación, está conformado mayormente por pirita, y en cantidades menores pirrotita y arsenopirita. La depresión de los sulfuros de hierro es un asunto muy importante en el sistema de flotación de la Unidad Minera.

La investigación se desarrolló del siguiente modo:

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, donde se ha considerado la descripción del problema, formulación del problema, los objetivos, hipótesis, variables, diseño de investigación, justificación e importancia de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, donde se ha considerado los antecedentes de la investigación, las bases teóricas de la flotación de minerales y la definición de términos básicos.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, se da a conocer la validez de los datos obtenidos a través de los balances metalúrgicos.

CAPÍTULO IV: CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS, se contrasta la hipótesis entendiéndose que es no paramétrica condicional.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, en este capítulo se contrasta los resultados obtenidos con los del investigador Manzaneda, utilizando el mismo depresor en otra planta industrial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se han desarrollado principalmente las conclusiones del estudio de investigación y dar sugerencias para continuar con la investigación.

INDICE

DEDICATORIA	i
RECONOCIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS	xi

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal	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
1.6. Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio	5
2.1.1. Antecedentes internacionales	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.2. Bases teórico científicas	7

2.2.1. Flotación de la galena.....	7
2.2.2. Depresión de pirita.....	7
2.2.3. Principios de la flotación.....	8
2.2.4. Elementos de la flotación.....	8
2.2.5. Circuitos de flotación.....	10
2.2.6. Controles en la flotación.....	11
2.2.7. Reactivos de flotación.....	14
2.3. Definición de términos básicos.....	21
2.4. Formulación de hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis general.....	22
2.4.2. Hipótesis específica.....	22
2.5. Identificación de variables.....	23
2.5.1 Variable dependiente.....	23
2.5.2 Variable independiente.....	23
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	25
3.2. Métodos de investigación.....	25
3.3. Diseño de investigación.....	26
3.4. Población y muestra.....	26
3.4.1. Población.....	26
3.4.2. Muestra.....	27
3.5. Técnicas e instrumentos de investigación.....	27
3.5.1. Técnicas.....	27
3.5.2. Instrumentos.....	28
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	28
3.6.1. Técnicas de procesamiento de datos.....	28
3.6.2. Técnicas de análisis de datos.....	28
3.7. Tratamiento estadístico.....	28
3.8. Selección validación y confiabilidad de instrumentos de investigación.....	29

3.9. Orientación ética.....	29
-----------------------------	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	31
4.1.1. Pruebas en el circuito de molienda.....	31
4.1.2. Pruebas en circuito de flotación.....	34
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	35
4.3. Prueba de hipótesis	45
4.4. Discusión de resultados.....	45

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Leyes referenciales de cabeza por cada lote de mineral.....	27
<i>Tabla 2.</i> Resultado de análisis de malla valorada – plata.....	32
<i>Tabla 3.</i> Resultado de análisis de malla valorada – plomo.....	33
<i>Tabla 4.</i> Resultado de análisis de malla valorada – zinc.....	33
<i>Tabla 5.</i> Dosificación y consumo de reactivos (NaCN – RA-CN300).....	36
<i>Tabla 6.</i> Dosificación de reactivos usados en el circuito Pb/Zn.....	37
<i>Tabla 7.</i> Días y horas de muestreo (cabeza, relave, concentrado Pb y Zn).....	38
<i>Tabla 8.</i> Balance metalúrgico con adición de NaCN.....	39
<i>Tabla 9.</i> Balance metalúrgico con adición de RA-CN300.....	42

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ángulo de contacto.....	9
<i>Figura 2.</i> Costos comparativos de NaCN y RA-CN300.....	16
<i>Figura 3.</i> Representación de la calidad del concentrado de NaCN.....	37
<i>Figura 4.</i> Representación de la recuperación metálica con NaCN.....	40
<i>Figura 5.</i> Representación de la calidad del concentrado con RA-CN300.....	40
<i>Figura 6.</i> Representación de la calidad del concentrado con RA-CN300.....	43
<i>Figura 7.</i> Representación de la recuperación metálica con RA-CN300.....	43

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Unidad Minera Recuperada, se encuentra ubicado en el Distrito de Huachocolpa, perteneciente a la provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica, dedicada principalmente a la producción de plomo, plata y zinc, con una capacidad de 600 TMSD, cuenta con su propio mineral proveniente de las minas tales como: San Antonio, Positiva, Tangana y Hellomachay.

La necesidad de procesar minerales polimetálicos con cantidades excesivas de sulfuro de hierro, ha generado el desarrollo y la aplicación de un nuevo depresor orgánico RA-CN300, que podrá ser la alternativa de reemplazo del depresor cianuro de sodio en flotación, se conoce que el cianuro de sodio es un reactivo cada vez más importante en la flotación por su función de activación de galena (PbS) y depresión de pirita (FeS₂) y blenda (ZnS); pero es necesario investigar alternativas que puedan reemplazarlo debido a su alto grado de toxicidad y peligro que representa para la salud y el medio ambiente. Por ello se evaluará el comportamiento del reactivo RA-CN300 en la flotación de los minerales tratados en la Unidad Minera Recuperada, también será necesario que

se aproveche las pruebas de laboratorio para contribuir su efecto en las recuperaciones de los metales valiosos.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El desarrollo del presente trabajo se ejecutó en la unidad minera Recuperada – Huancavelica.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la tesis se realizó durante el año 2019, usando el método teórico y experimental.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera Influye el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada - Huancavelica 2019?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál será la dosificación adecuada del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019?
- b. ¿Cuáles serán los parámetros óptimos de operación que influyen al emplear el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019?
- c. ¿Cuál es la concentración del RA-CN300 que se ha de aplicar en el

proceso de Flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la Influencia del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad Minera Recuperada – Huancavelica 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la dosificación adecuada del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada 2019.
- b. Establecer los parámetros óptimos de operación que influyen al emplear el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada 2019.
- c. Determinar la concentración del RA-CN300 que se ha de aplicar en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada 2019.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación se propuso porque el mineral tratado en la Unidad Minera Recuperada es de alto contenido de pirita y que obliga a usar importantes cantidades de cianuro de sodio para deprimirlas y activar los sulfuros de

plomo y plata. Así mismo existe la necesidad de mejorar las condiciones ambientales de nuestro entorno y, evitar el significativo riesgo a la salud que representa el cianuro de sodio, por ser un reactivo sumamente peligroso para los seres humanos. La exposición breve a altos niveles de cianuro en el aire daña al cerebro y el corazón, y puede tener un impacto catastrófico e irreversible en la salud humana y el medio ambiente y, por ende, en la diversidad biológica, por ser una sustancia química sumamente venenosa.

La investigación que se está planteando también permitirá promover el uso de otros reactivos no contaminantes, amigables con el medio ambiente y menos costosos, para el tratamiento y recuperación de minerales valiosos en los diferentes procesos metalúrgicos, de esta manera también tiene una justificación económica.

La justificación metodológica se encuentra con el desarrollo de la parte experimental método que servirá para que otros investigadores realicen trabajos similares en la misma empresa o en otras.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones, son:

- Equipos de laboratorio óptico, para realizar ensayos microscópicos e identificar los elementos relacionados a los minerales en tratamiento.
- Instrumentos de máxima precisión para la toma de muestra. (cortadores automáticos).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sarquíz (2012), en su trabajo de tesis *“Flotación selectiva de sulfuros complejos de plomo y plata usando reactivos de baja toxicidad”*, Universidad de Oviedo, tiene como objetivo central investigar el efecto de extractos naturales como depresor de hierro en la flotación selectiva de sulfuros polimetálicos de plomo y plata, generando un concentrado de plomo y plata de bajo contenido de hierro. Como respuesta al objetivo de este trabajo se concluye que es posible generar un concentrado más limpio mediante el uso de extractos de quebracho, que actúan como depresor de la pirita.

El acondicionamiento con bajos consumos del depresor, menores de 0,25g/l produce una pérdida en la flotabilidad del sulfuro de hierro del orden de 30%. Estos resultados se verificaron a pH 8. La depresión de la pirita se relaciona con el consumo del extracto, se observa una disminución en el

porcentaje de mineral flotado a medida que aumenta el gasto, cuando se supera los 0,25g/l el aumento de la acción depresora tiende a atenuarse.

Se realizaron una serie de ensayos de flotación batch con muestras de minerales sulfurados de plomo y plata, en donde se acondicionó la pulpa con 30 mg/l de extracto de quebracho, se comprobó que este reactivo deprime a la pirita en forma independiente a la presencia de otros iones en el medio. Se produce una disminución en el efecto depresor del quebracho que se manifiesta a pH 7 y 8, este resultado puede relacionarse con la formación de complejos entre el extracto y otros aditivos usados en la flotación, con una disminución del reactivo disponible para la adsorción sobre la pirita.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Manzaneda (2010); en su trabajo de investigación titulado "Diseño experimental en Investigación para reemplazar cianuro de sodio en flotación plomo – zinc, San Expedito – Volcan Cerro S.A.C", manifiesta que estableciendo la influencia de cuatro variables en la flotación batch de plomo – plata de una muestra de mineral polimetálico tratado en la planta concentradora San Expedito, las variables en estudio fueron: (1) Grado de Molienda, (2) Cianuro de Sodio, (3) RA-CN300 y (4) $ZnSO_4$ y; al realizar el diseño experimental, mediante dos etapas secuenciales: La primera o de selección de variable para estudiar y determinar la significancia de cada variable y determinar su influencia alrededor de la respuesta elegida usando el estadístico "t-student". La segunda etapa o de optimización, con el uso de modelos cuadráticos; ajusta un modelo en dos o tres variables como máximo, estimando finalmente los mejores valores de las variables para

lograr un valor máximo en la respuesta elegida, usando en este caso, como estadístico de discreción el “F”.

Concluye como resultado de las pruebas que la acción del NaCN y el reactivo RA-CN300 podrían ser complementarios, por lo tanto; la prueba industrial de reemplazo parcial del NaCN por el nuevo depresor debe ser un aspecto importante a considerar.

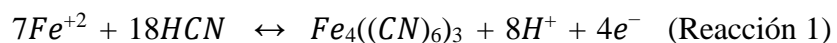
2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Flotación de la galena

La flotación de galena es fuertemente influenciada por la presencia de cianuro de sodio en el sistema de flotación; adicionalmente ya es conocido que la mejor flotación de galena se logra con xantato del tipo isopropílico(Z11) y en condiciones de pH favorables a la acción del xantato mencionado y la necesidad de aplicación de cianuro de sodio (pH>9). (S.Bulatovic p.35).

2.2.2. Depresión de pirita

Durante la flotación bulk Pb – Zn, la pirita se deprime con cianuro y laesfalerita 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. De los reactivos utilizados para la depresión, el cianuro lo hace por mecanismos de adsorción de ferrocianatos de fierro sobre la superficie del sulfuro según se indica: (Manzaneda, p. 97)



2.2.3. Principios de la flotación

La separación de las especies a través del proceso de flotación se produce gracias a la diferencia en las propiedades fisicoquímicas de la superficie de cada una de ellas. La flotación surgió como alternativa del proceso de separación en medios densos, ya que la dificultad para la obtención de fluido con algunas densidades particulares obligó a la utilización de modificadores de superficie, con el fin de mejorar la selectividad del proceso. Estos modificadores permiten convertir selectivamente en hidrófoba la especie mineralógica a separar, de tal forma que ante la presencia de un medio constituido por agua y aire (burbujas), la especie hidrófoba rechace el agua y se adhiera a las burbujas de aire que ascienden hacia la superficie del líquido (B. A. Wills, 1997 p. 346).

2.2.4. Elementos de la flotación

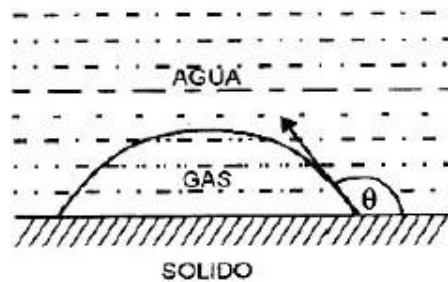
Las fases que intervienen en este proceso son: sólido (partículas finamente molidas), líquido (agua y reactivos) en la que están inmersas las partículas, y gas (aire) que se introduce dentro de la pulpa formando pequeñas burbujas. Para que ocurra la flotación, las partículas deben ser capaces de adherirse a las burbujas, sólo si logran desplazar el agua de la superficie del mineral, por lo que es necesario que la especie de interés sea, en alguna medida, repelente al agua o hidrófoba. Siempre y cuando el agregado de partículas - burbujas tenga una densidad global inferior a la del medio de separación, éstas podrán viajar hacia la superficie. No

obstante, se requiere que la burbuja tenga la resistencia suficiente para llegar a la superficie sin romperse. Una vez que las burbujas alcanzan la superficie, es necesaria la formación de una espuma que mantenga retenida a las partículas, porque de lo contrario las burbujas se quebrantarán y las partículas flotadas viajarán de nuevo hacia el fondo de la celda de flotación. Para que sea factible la flotación, es preciso que la adherencia de las partículas a las burbujas sea mayor que la tendencia a establecer un contacto entre las partículas y el líquido. Este contacto entre el sólido y el líquido se determina mediante la medida del ángulo formado por la superficie del sólido y la burbuja.

En la figura 1, se muestran las tensiones superficiales que se producen cuando están en contactos las tres fases.

Figura 1.

Ángulo de contacto



Nota. Ángulo de contacto generado entre las tensiones superficiales. Fuente: (Pavez, s.f., p.11)

El ángulo que se genera entre las tensiones interfacial es gas-líquido y sólido. Líquido se llama ángulo de contacto (θ). Mientras mayor sea el ángulo de contacto más difícil será la adhesión entre la partícula y la burbuja. Se debe tener en cuenta que el ángulo de contacto (θ) es una medición en equilibrio de las fases, mientras que la flotación es

un sistema en el cual la superficie del mineral y las burbujas de aire dentro de una pulpa conforman un sistema dinámico que no está en equilibrio.

Para la adhesión entre una burbuja y el mineral pulverizado, deben cumplirse ciertas condiciones termodinámicas e hidrodinámicas. “Durante la adhesión hay un efecto cinético importante. Hay un tiempo mínimo necesario para que ocurra una adhesión estable, llamado tiempo de inducción”. (Pavez, s.f., p.11)

2.2.5. Circuitos de flotación

Los parámetros principales para evaluar los procesos de concentración son los siguientes:

- El concepto de “grado de concentración o calidad del concentrado”; viene a ser la ley del componente valioso referido al total de la muestra del concentrado.
- El concepto de “recuperación” de un cierto componente valioso (Pb, Ag, Zn, etc.); en un proceso de concentración determinado, se refiere al porcentaje de “contenido de fino” (peso de Pb, Ag, Zn, etc. en la muestra) recuperado en dicho proceso (o etapa) en cuestión.

En general, las leyes de los productos y la recuperación metalúrgica son los parámetros más utilizados. En ambos casos se trata de maximizar estos valores, pero en la práctica se debe optar por valores que maximicen el “óptimo económico” del proceso. Lo anterior se debe a que estos parámetros se relacionan de manera inversa.

Este aspecto conduce a especializar diferentes etapas del proceso,

destinadas a maximizar uno de los dos factores, con el fin de alcanzar un objetivo global técnico económico de recuperación y ley de concentrado.

Se define las siguientes etapas de flotación:

- a. Flotación rougher o primaria: El objetivo de esta flotación es la de obtener un concentrado con la mejor la recuperación de elementos valiosos.
- b. Flotación scavenger o barrido: Su objetivo es la de mejorar más la recuperación de cualquier partícula residual ultimo antes que quede en el relave. Según sea el caso se presenta como scavenger – rougher o scavenger – cleaner, inclusive se puede llegar a remolienda.
- c. Flotación cleaner o limpieza: El objetivo en esta flotación es la obtener la mejor ley comercial del concentrado como producto final de la planta concentradora. Para llegar a obtener un concentrado con la mejor ley se procesa en etapas denominadas 1ª limpieza, 2ª limpieza, etc.

Dependiendo de la especie de la que se trate y del tipo de máquinas de flotación involucradas, se tendrán diversas configuraciones de circuitos posibles, los que involucrarán bancos de celdas mecánicas en serie, varios de ellos en paralelos (para dar la capacidad de tratamiento requerida), columnas de flotación e incluso etapas intermedias de remolienda de concentrado. (Manual de Referencia C.B. Gálvez, p.21).

2.2.6. Controles en la flotación

Los controles de los parámetros durante el proceso de flotación son muy importantes, porque la calidad del mineral (ley de cabeza)

proveniente de mina cambia continuamente, haciendo de la flotación un proceso dinámico que requiere un seguimiento continuo.

a. Radio de Concentración

El radio de concentración, es la cantidad de unidades de mineral de cabeza de las que se obtiene una de concentrado. Técnicamente, no conviene llevar la concentración a un grado de enriquecimiento máximo, porque más ricos son los concentrados, menor es la recuperación. Las pérdidas crecen en proporción aritméticas a la riqueza del concentrado hasta un cierto límite, pasando este, crecen en proporción geométrica. Económicamente, este límite puede determinarse comparando, por un lado, el valor de un concentrado más rico, por otro lado, el costo de operación y las pérdidas de mineral valiosos para elevar la ley del concentrado.

b. Granulometría del Mineral

La granulometría del mineral, es el tamaño de liberación en el que una partícula es mena o ganga. El tamaño óptimo es aquel en el que se obtiene buenos concentrados con una recuperación excelente, esta expresado en porcentaje negativo de la malla 200. El control se realiza en la sección molienda/ clasificación. El método más utilizado durante las operaciones es el de las densidades, mediante la siguiente fórmula: (Jaico, 2010, p.3).

$$\% \text{ malla} = \frac{\tau - \tau_{\text{malla}}}{\tau - \rho_{\text{agua}}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

ρ = Densidad de la Pulpa Muestreada.

ρ_{malla} = Densidad de la Pulpa Deslamada

ρ_{agua} = Densidad del Agua

c. Densidad de Pulpa

El control de la densidad de pulpa se realiza pesando en el densímetro un litro de pulpa, determinado así su gravedad específica en g/l, que luego se convierte a porcentaje de sólidos mediante fórmulas o mediante la lectura directa en el mismodensímetro; en el rebose del ciclón, para controlar la alimentación y en los concentrados y relaves finales cuando van a ser bombeados. Una densidad demasiada alta; produce mayor tiempo de flotación, baja calidad de concentrados, bajas recuperaciones, obstrucción y desgaste de celdas y menor consumo de reactivos. Una densidad demasiada baja; produce menor tiempo de flotación, buena calidad de concentrados, baja recuperación, operación y desgaste normal de las celdas y mayor consumo de reactivos.

Dentro de ciertos límites, se emplea una densidad alta cuando, los minerales tienen una gran densidad, las partículas son relativamente grandes, el mineral a concentrar es muy flotable, y en los bancos de flotación rougher. Se emplea una densidad menor cuando: El mineral está finamente molido, cuando las especies a concentrar no son muy flotables y en las celdas de flotación cleaner.

d. Alcalinidad

El control se realiza en los acondicionadores y celdas de flotación mediante el potenciómetro, el papel indicador de pH o por titulación con ácido sulfúrico al 0,049%. El pH para la flotación de galena está dado en un intervalo de 7,5 – 9, y para la flotación de esfalerita, en un intervalo de 10,5 – 12.

e. Dosificación de Reactivos

El control se realiza mediante una probeta y un cronómetro, se expresa en ml/min o cc/min. La dosificación adecuada de reactivos se controla por el “plateo” (lavado en plato) y también observando el tipo y color de espumas que dan buenos resultados.

Una espuma pequeña y cargada; indica demasiada dosificación o alto poder colector del promotor usado. Una espuma viscosa; indica una dosificación de Xantato en exceso, demasiado espumante y puede ser también por exceso de silicato de sodio. Una espuma frágil; indica dosificaciones deficientes de espumas, exceso de cal. Una buena espuma está formada de burbujas de aire mineralizadas de tamaño pequeño y homogéneo, y sin excesiva viscosidad.

2.2.7. Reactivos de flotación

Los reactivos de flotación juegan un papel importante en este proceso. Estos al ser añadidos al sistema cumplen determinadas funciones que hacen posible la separación de los minerales valiosos de la ganga. Sin

embargo, la aplicación adecuada de estos reactivos no siempre resulta una tarea fácil debido a una serie de dificultades técnicas que se presentan durante el proceso. En flotación el rendimiento de los reactivos, sean colectores o espumantes, depende mucho de la composición y constitución mineralógica de la mena. Los reactivos utilizados para el acondicionamiento favorable del proceso, constituyen los llamados Agentes de Flotación. La selección y combinación apropiada de los mismos para cada tipo de mineral particular, constituye precisamente el principal problema del metalurgista a cargo de la operación. (Gálvez, 2015, p.9).

Los reactivos usados en la flotación de minerales pueden ser clasificados principalmente en tres tipos: colectores, espumantes y modificadores.

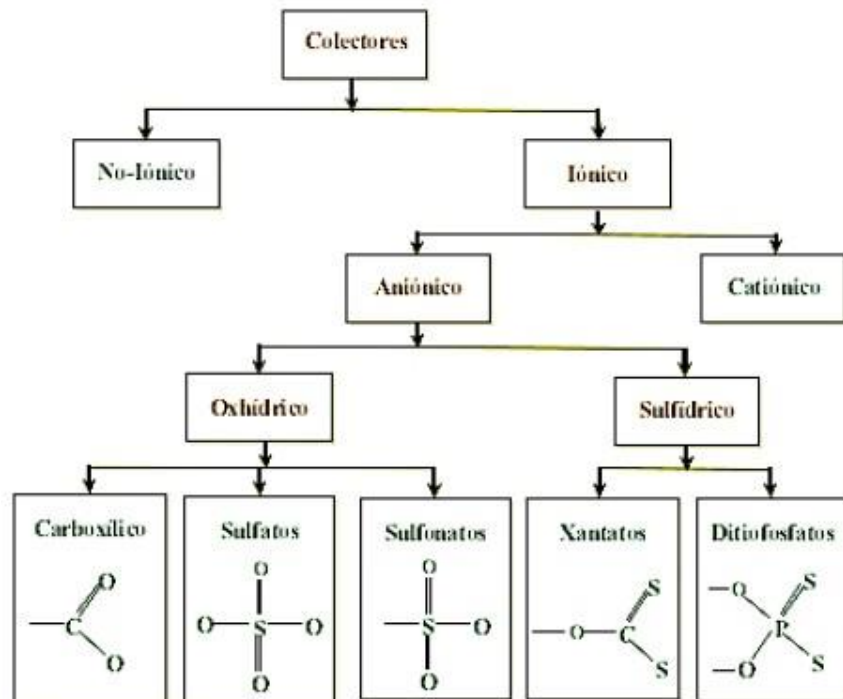
a. Colectores

Son compuestos orgánicos que convierten a los minerales seleccionados en repelentes al agua por la adsorción de moléculas o iones sobre la superficie mineral, reduciendo la estabilidad de la capa hidratada que separa la superficie mineral de la burbuja de aire, hasta un nivel tal que la adhesión de la partícula a la burbuja puede hacerse por contacto.

Las moléculas de colector pueden ser compuestos ionizados, los cuales se disocian en iones dentro del agua, o compuestos no ionizados, que son prácticamente insolubles y vuelven repelente al agua el mineral cubriendo su superficie con una delgada capa.

Los colectores ionizados tienen una muy amplia aplicación en la flotación. Tienen moléculas complejas de estructura asimétrica y heteropolares, es decir que la molécula contiene un grupo hidrocarburo no-polar y un grupo polar que puede ser uno de varios tipos. El radical de hidrocarburo no-polar tiene propiedades definidas repelentes al agua mientras que el grupo polar reacciona con el agua. Los colectores ionizados se clasifican de acuerdo con el tipo de ion, anión, catión, que produce el efecto de repulsión al agua dentro de ella. Figura 2. (Wills, 2009, p. 350).

Figura 2.
Clasificación de colectores



Nota. Clasificación de colectores según su ionización. Fuente: (Wills, 2009, p.351).

Debido a la atracción química, eléctrica o física entre las porciones polares y los sitios de la superficie, los colectores se adsorben sobre las partículas con su extremo no-polar orientado hacia la masa de solución, impartiendo de ese modo características hidrofóbicas a las partículas.

b. Espumantes

Tiene como propósito la creación de una espuma capaz de mantener las burbujas cargadas de mineral hasta su extracción de las celdas de flotación.

Son sustancias tensoactivas heteropolares que pueden adsorberse en la superficie de separación agua-aire. A los espumantes corresponde la creación de una espuma y que, por este hecho, permite la separación de las partículas hidrófobas e hidrófilas. El objetivo principal de los espumantes es dar consistencia, rodeando de una capa adsorbida a las pequeñas burbujas de aire que se forman en la pulpa, por agitación o inyección de aire, evitando que se unan entre sí (coalescencia) y que cuando salgan a la superficie no revienten, constituyendo las espumas; además, dar elasticidad, ayudando a las burbujas ascendentes a irrumpir a través de la capa superior del agua, emergiendo intactas en la interfase agua-aire. En la fase líquida de la pulpa de flotación su acción eleva la resistencia mecánica de las burbujas de aire, favorece su conservación en estado disperso, aumentando de esta forma la superficie de adherencia de las partículas de mineral flotante y la estabilidad de la espuma de flotación. La estabilidad de las espumas aumenta con una viscosidad creciente y la permeabilidad decreciente de la película

liquida. La práctica de la flotación muestra, en efecto que una espuma cargada de pequeñas partículas es mucho más estable que una espuma vacía, en fin, es necesario subrayar que la estabilidad de una espuma depende de la temperatura y también del pH de la pulpa. (Figueroa, 2018, p.30).

c. Modificadores

La función específica de los reactivos modificadores es precisamente preparar las superficies de los minerales para la adsorción o desorción de un cierto reactivo sobre ellas y crear en general en la pulpa condiciones propicias para que se pueda efectuar una flotación satisfactoria. Es decir, cambia o modifica la superficie de los sulfuros o de la ganga, para favorecer o impedir que los reactivos colectores actúen sobre ellos, evitando de esta manera que floten.

Hay reactivos modificadores que cambian la superficie de la ganga, formando una capa alrededor de los granos de roca, lo que impide que estas partículas entren en contacto con los colectores a fin de que no se vuelvan flotables. También hay reactivos modificadores que cambian la superficie de algunos sulfuros y no de otros. Entonces, si agregamos un reactivo de este tipo, modificará solamente la superficie de cierto sulfuro y no los otros sulfuros presentes, permitiendo que floten solamente los que no han sido modificados.

Estos se clasifican por su función como sigue:

- Depresores (NaCN , ZnSO_4)
- Reactivadores o activadores (CuSO_4)
- Reguladores de pH (CaO)

- Dispersantes, floculantes, sulfidizantes

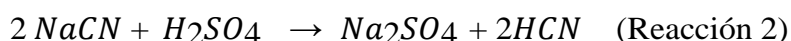
I. Cianuro de Sodio - NaCN

Son cristales en forma de pellets de color blanquecino, se usan para el recubrimiento y depresión de minerales sulfurados de fierro, cobre y zinc. Los iones de estos metales, forman unos complejos bien estables con el cianuro; asimismo se ha determinado que los minerales con iones metálicos, los cuales no forman tales compuestos con cianuro, por decir: el Pb, Bi, Sn, Sb y As, no son deprimidos por el cianuro. También es depresor de la sílice en medio ácido.

Son tóxicos muy fuertes. Siendo higroscópico, se descompone liberando el cianuro de hidrógeno tóxico, que es el peligro principal durante el trabajo con cianuros.



Las soluciones cianúricas liberan vapores tóxicos. Es especialmente activo el desprendimiento del ácido cianhídrico bajo los efectos de ácidos.



La intoxicación con cianuros puede ocurrir como consecuencia de la aspiración de polvo que se forma durante su almacenamiento, carga y descarga de los cianuros en las cubas de solución, la penetración de estas sustancias en el estómago con la comida, así como también a través de la piel, si sobre ésta hay rasguños y pequeñas heridas. La penetración en el organismo de 0,05 g de esta sustancia es mortal. Al trabajar con poco cuidado con

soluciones de cianuro, aparecen llagas y eccemas crónicas en las manos.

La acción tóxica del ácido cianhídrico y los cianuros se reduce principalmente a la parálisis del centro respiratorio en el sistema nervioso. El ácido cianhídrico dentro del organismo se descompone con facilidad formándose productos inocuos, por lo que, con unas dosis no letales después del primer período de intoxicación grave comienza una rápida recuperación completa.

Para intoxicaciones estomacales con cianuros es menester provocar vómitos a la víctima y darle de tomar una solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, al 1%. Al intoxicarse con vapores de HCN se recomienda aspirar amoníaco. En ambos casos, al sufrir desmayo el damnificado, se recurre a la respiración artificial. La concentración límite admitida de cianuros en las residuales es de 0,1 mg/l.

II. RA-CN300 – Betaciclodextrina Metilada

Es un producto desarrollado a partir de compuestos orgánicos de origen vegetal derivado del maíz, tiene propiedades de alta solubilidad lo que permite su integración en la pulpa de flotación. Es un selecto – depresor frente a la pirita.

Se obtiene en la degradación enzimática del almidón por un proceso propio, a través de CGT- as, produciendo un derivado parcialmente metilado.

Tienen una solubilidad en agua hasta, el producto es estable en disoluciones neutras y básicas, pero se degradan lentamente con un

pH ácido. Esta pertenece a la familia del CICLODEXTRINO, el ciclo dextrinas se producen a partir de almidón por medio de conversión enzimática. A veces también son llamadas cicloamilosas.

2.3. Definición de términos básicos

Influencia: Es la cualidad que otorga capacidad para ejercer un determinado control sobre un tratamiento.

Hidrofóbico: En el campo de la Metalurgia se le llama hidrofóbico a aquella partícula que es repelida por el agua, y que no se puede mezclar con ella; esta característica es dada por un reactivo en específico o es propia de la partícula.

Hidrofílico: A diferencia del término anterior, la partícula acepta al agua como un medio; no necesariamente esta deba ser soluble y adopta las características necesarias para aceptar el medio acuoso.

Depresor: Es una sustancia química que hace que un elemento pierda flotabilidad.

Solubilidad: Capacidad de una sustancia o un cuerpo para disolverse al mezclarse con un líquido.

Biodegradable: Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

Almidón: Sustancia blanca, inodora, insípida, granulada o en polvo, que abunda en otras feculentas, como la papa o los cereales.

Toxicidad: Es la capacidad de una sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él.

Permeabilidad: Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su composición.

Moléculas: Es un grupo eléctricamente neutro y suficientemente estable de al menos dos átomos en una configuración definida, unidos por enlaces químicos fuertes.

Oligosacáridos: Son moléculas constituidas por la unión de 3 a 20 monosacáridos cíclicos.

Cíclico: Es un compuesto en el que una serie de átomos de carbono están conectados para formar un lazo o anillo.

Dextrina: Son un grupo de oligosacáridos de poco peso molecular producidas por la hidrólisis del almidón.

Higroscópico: Es la capacidad de algunas sustancias de absorber humedad del medio circundante.

Ion: Es una partícula cargada eléctricamente constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutro.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La influencia del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc permitirá sustituir directamente al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.

2.4.2. Hipótesis específica

- La dosificación adecuada del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc influye significativamente en la sustitución del cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada –

Huancavelica 2019.

- El establecimiento de los parámetros óptimos de operación influye significativamente al emplear el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.
- La concentración óptima del RA-CN300 aplicada en el proceso de flotación plomo – zinc influye significativamente en la sustitución de cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.

2.5. Identificación de variables

2.5.1 Variable dependiente

Sustituir el Cianuro de Sodio.

2.5.2 Variable independiente

Influencia del reactivo RA-CN300 en la flotación plomo – zinc.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Influencia del RA - CN300 en la flotación de Pb - Zn	Los reactivos depresores son sustancias que previenen la capacidad de flotación de las partículas de los minerales por presencia de colectores y, aumentan la selectividad de flotación durante la separación de partículas de minerales que tienen propiedades flotativas parecidas.	La función específica de los reactivos depresores es la de disminuir la flotabilidad de un mineral haciendo la superficie más hidrofílica o impidiendo la adsorción de colectores que puedan hidrofobizarla.	Caracterización del mineral	Reconocimiento mineralógico
			Dosificación de reactivos	gr/ton
			Parámetros de flotación	Pruebas en planta concentradora.
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Dependiente Sustituir el cianuro de Sodio	Fenómeno físico químico que permiten reemplazar un determinado reactivo por otro cuyas características son menos dañinas al ecosistema.	Operación que consiste en el reemplazo del NaCN por otro reactivo que cumple similar función, pero que los remanentes son amigables al ecosistema.	Recuperación de plomo, plata y zinc	%

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación por su finalidad es del tipo aplicada, que significa resolver problemas prácticos. Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica, activa, dinámica o empírica que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, se encuentra estrechamente vinculada a la investigación básica con el marco teórico, para resolver problemas concretos con aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías (Rivero, 2008, p.20).

3.2. Métodos de investigación

En la investigación se ha empleado el método aplicado, el cual como señalan Palomino, Peña, Zeballos y Orizano (2015), “Va de lo general a lo particular, parte del estudio de principios generales, leyes o teorías, para deducir por medio del razonamiento lógico de suposiciones y llegara la observación y registro de los datos” (p. 25).

3.3. Diseño de investigación

La presente investigación tiene como finalidad, comprender la naturaleza de los hechos, explicar el origen o las causas que lo generan, y para ello se parte de dos premisas; una universal (leyes y teorías científicas) y otra empírica (que sería el hecho observable que genera el problema y motiva la indagación), para llevarla a una contrastación empírica.

El método de investigación, utilizado es **experimental**, porque se inicia de premisas generales para llegar a una conclusión particular, que sería la hipótesis a falsar para contrastar su veracidad, en caso de que lo fuera no solo permitiría el incremento de la teoría de la que partió (generando así un avance cíclico en el conocimiento), sino también el planteamiento de soluciones a problemas de corte práctico (llamado también pragmático, aplicativo o tecnológico), en tanto no, podría impulsar su reformulación hasta agotar los intentos para hacerla veraz, o abandonarla y replantearla sobre la base de otros preceptos teóricos que indiquen una alternativa a la anterior (Sánchez, 2018, p. 108).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población lo conforma los minerales sulfurados de las minas San Antonio, Positiva, Tangana y Hellomachay; los cuales son procesados en la Planta Concentradora de la Unidad Minera Recuperada. La planta concentradora procesa 600 TMSD, como la experimentación se realiza durante las 12 horas al día, entonces 300 TMSD será la población durante las horas de la recolección de muestras por día. Las

leyes promedio de cada mina que ingresó a planta se verifican en la tabla 1, estos datos fueron colectados para realizar el blending y no tener gran variabilidad de leyes en la cabeza al ingresar el mineral al tratamiento.

Tabla 1.

Leyes referenciales de cabeza por cada lote de mineral

Mina	% Pb	Oz Ag/TM	% Zn	%Fe
San Antonio	3,5	3,0	3,5	12,6
Positiva	3,0	2,2	3,0	10,7
Tangana	1,5	2,0	2,0	11,3
Hellomachay	3,0	3,2	4,3	14,0

Nota. Indicativo de promedio de leyes que se procesa, solo referencial, no vinculado como datos para el estudio de investigación. Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Muestra

La muestra está formada por compositos de cabeza, relave y concentrados de plomo y zinc, tomados cada 30 minutos durante las 12 horas diarias; que luego serán llevadas a laboratorio químico para su preparación y análisis respectivo.

El recipiente que se usa es de 5 litros, para las 4 muestras.

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

3.5.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos a emplearse en este estudio fue el acopio de datos obtenidos antes, durante y después de la experimentación, la cual “se define como el proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos empíricos de un objeto, un

suceso, un acontecimiento o conducta humana con el propósito de procesarlo y convertirlo en información” (Carrasco, 2017, p. 282).

Las técnicas desarrolladas fueron:

- Muestreo por lotes y sucesivas etapas de cono y cuarteo.
- Pruebas de molienda estándar.
- Pruebas de flotación estándar, promedio y modificado.

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos, utilizado en la presente investigación son las probetas, set de mallas y recipientes de 5 litros para la toma de muestras.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Técnicas de procesamiento de datos.

Se usó la hoja de cálculo EXCEL 2016, como instrumento fundamental para la elaboración de tablas y gráficos; los cuales me dieron una vista previa del comportamiento del proceso y/o resultados, en seguida se analizó e interpretó los resultados obtenidos.

3.6.2. Técnicas de análisis de datos.

Mediante el análisis de las tablas y gráficos; se verificó el comportamiento de ambos reactivos, en base a balances metalúrgicos desarrollados durante las pruebas realizadas.

3.7. Tratamiento estadístico

Utilizando la hoja de cálculo EXCEL 2016, se organizó los datos

obtenidos en tablas y gráficos; las pruebas de flotación desarrolladas en la planta concentradora fueron organizadas durante 16 días en dos grupos, el primero con adición de NaCN y el segundo con RA – CN300, cabe recalcar que, por sugerencia de jefatura de la empresa, las pruebas se desarrollaron diariamente para evaluar el comportamiento del mineral y recuperación sin el apoyo de algún diseño estadístico preestablecido.

3.8. Selección validación y confiabilidad de instrumentos de investigación

En cuanto a la validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación, han sido validados con los estándares desarrollados dentro de los laboratorios de la empresa, que regularmente aplica para sus actividades rutinarias.

La inspección del equipo de lectura de datos (Adsorción atómica), se realiza en forma diaria, mediante un registro de control por parte del personal de laboratorio químico, para dar confiabilidad a los resultados obtenidos en el análisis de las muestras y evitar márgenes de error al ser lecturadas.

3.9. Orientación ética

La aprobación o la desaprobación se basa en la aceptabilidad ética de la investigación, incluyendo su valor tecnológico y su validez científica, un índice aceptable de beneficios potenciales frente a los riesgos de daño, laminización de los riesgos, los procedimientos adecuados de consentimiento informado (incluyendo la adecuación cultural y los mecanismos para garantizar la investigación), los procedimientos para la selección de las variables, y la consideración de la repercusión de la investigación sobre la rentabilidad y

economía de la empresa de donde procede el mineral, tanto durante la investigación como después de que esta finalice. La revisión tiene en cuenta la revisión científica previa y las leyes aplicables.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Pruebas en el circuito de molienda

Para realizar las pruebas en planta se tuvo que realizar análisis granulométrico; para saber el tamaño óptimo de liberación de la partícula valiosa, el análisis granulométrico con malla valorada, nos brinda gran información. Los datos se obtuvieron en base al siguiente procedimiento:

Se tomó muestra para realizar el análisis de malla valorada y descartar el alto porcentaje de partículas ultrafinas en la flotación.

El recipiente para la toma de muestra, contiene un aproximado de 3 litros de pulpa fresca.

Posterior a ello se realizó el análisis químico con muestra de cada malla, para obtener la cantidad de metales valiosos que se encuentran liberados por cada malla, cuyos resultados se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla 2*Resultado de Análisis de Malla Valorada – Plata*

N° Malla	Abertura Micras	Peso g.	Ley g/Ton	Finos (g)	%Peso Finos	Pasante Finos (%)
150	105					100,00
200	74	452,50	65,32	100,14	90,5	9,5
325	44	35,40	90,20	8,66	7,83	1,67
-325		12,10	99,53	1,85	1,67	
Total		500,00		110,65	100,00	

Nota. Muestra tomada en el overflow del nido de ciclones (entrada para circuito de flotación). Fuente: Elaboración Propia

Analizando la tabla 2 se tiene que el porcentaje de peso de finos de plata; indica que, la gran parte del mineral esta liberada, para su tratamiento de recuperación; significa que el **90,5%** del mineral está apto para ser recuperado, habiendo realizado las evaluaciones del grado de liberación, indica que para minerales polimetálicos; que al 65% pasante de la malla 200 ya el metal valioso se encuentra liberado y a disposición para ser procesado mediante la flotación directa. El pasante fino que equivale al 9,5% de plata no puede ser recuperable cuando existe consumo excesivo de depresores (NaCN), ya que puede disolver la plata afectando la recuperación.

Tabla 3*Resultado de Análisis de Malla Valorada – Plomo*

N° Malla	Abertura Micras	Peso g.	Ley %	Finos (g)	%Peso Finos	Pasante Finos (%)
150	105					100,00
200	74	452,50	2,90	113,34	87,05	12,95
325	44	35,40	2,85	13,51	10,38	2,57
-325		12,10	2,76	3,35	2,57	
Total		500,00		130,20	100,00	

Nota. Muestra tomada en el overflow del nido de ciclones (entrada para circuito de flotación). Fuente: Elaboración Propia

Analizando la tabla 3 se tiene que el porcentaje de peso de finos de plomo; indica que, la gran parte del mineral esta liberada, para su tratamiento de recuperación; significa que el **87,05%** del mineral está apto para ser recuperado, habiendo realizado las evaluaciones del grado de liberación, indica que para minerales polimetálicos; que al 65% pasante de la malla 200 ya el metal valioso se encuentra liberado y a disposición para ser procesado mediante la flotación directa.

Tabla 4*Resultado de Análisis de Malla Valorada – Zinc*

N° Malla	Abertura Micras	Peso g.	Ley %	Finos (g)	%Peso Finos	Pasante Finos (%)
150	105					100,00
200	74	452,50	3,80	8,15	5,20	94,8
325	44	35,40	3,85	146,10	93,2	1,60
-325		12,10	3,90	2,50	1,60	
Total		500,00		156,75	100,00	

Nota. Muestra tomada en el overflow del nido de ciclones (entrada para circuito de flotación). Fuente: Elaboración Propia

Analizando la tabla 4 se tiene que el porcentaje de peso de finos de zinc; indica que, la gran parte del mineral esta liberada, para su tratamiento de recuperación; significa que el **93,2%** del mineral está apto para ser recuperado, habiendo realizado las evaluaciones del grado de liberación, indica que es necesario una remolienda para el circuito de zinc ya que al 70% pasante de la malla 325 ya el metal valioso se encuentra liberado y a disposición para ser procesado mediante la flotación directa.

4.1.2. Pruebas en circuito de flotación

Las pruebas en este punto fueron relevantes porque, es aquí en donde se realizó la experimentación.

Procedimiento:

- El inicio de la experimentación fue el día 15 de diciembre a las 07:00 horas; como depresor de pirita y en cantidades mínimas de arsenopirita se usó el NaCN (Cianuro de Sodio). La dosificación fue de 300 – 320 cc/min; ello representa de 22 – 23 g/ton de consumo. Esta experimentación con el NaCN, preparado al 3% de concentración se dio hasta el día 20 de diciembre, culminando a las 19:00 horas.
- La segunda experimentación en planta fue con el reactivo orgánico RA-CN300, que al igual que el NaCN se tuvo que revisar las características y afinidad que posee ante la presencia de sulfuros de fierro presentes en el mineral. Las pruebas se dieron desde las 07:00 horas del día 21 de diciembre hasta las 19:00 horas del día 26 de diciembre. La dosificación para este reactivo se dio en dos puntos estratégicos. La primera

dosificación se realizó al ingreso del molino primario 6'x12', con un flujo de 300 – 320 cc/min, preparado al 3% de concentración, ello representa de 22 – 23 g/ton de consumo y; el segundo punto de dosificación se realizó en la 2da Rougher Sub A-24, con un flujo de 100 – 120 cc/min, preparado al 3% de concentración, ello representa de 7 – 9 g/ton de consumo.

- Los puntos de dosificación para ambos reactivos, así como los demás reactivos usados en ambos circuitos se indican en la tabla N°6.
- La dosificación fue precisa, ya que se cuenta en la planta con bombas de diafragma; los cuales son regulables al flujo deseado.
- Se tuvo toda precaución en cuanto a la dosificación, para lo cual se tomó medidas de volumen cada hora, y así verificar que el flujo sea constante y sin interrupciones.
- Se tomaron muestra en cuatro puntos: cabeza, relave, concentrados de plomo y zinc, que fueron llevadas a laboratorio para los ensayos químicos; los cuales permitieron conocer el comportamiento de ambos depresores que tuvieron durante las pruebas en planta.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Como consecuencia de la parte experimental realizadas a nivel industrial, se tienen las siguientes tablas que a continuación se detallan:

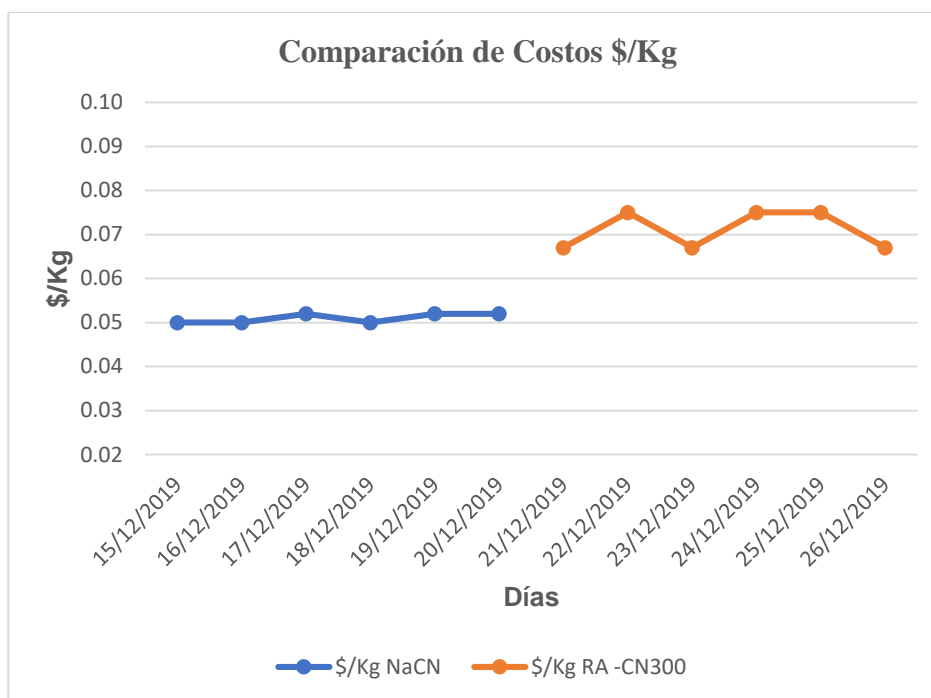
Tabla 5*Dosificación y Consumo de Reactivos (Cianuro de Sodio – RA-CN300)*

Reactivos	Días	Etapa	Concentración (%)	Dosificación (cc/min)	Consumo		Factor	\$/Kg
					(g/Ton)	Kg/Ton		
NaCN	15/12/2019	Molienda	3	300	22	0,022	2,25	0,050
	16/12/2019	Molienda	3	300	22	0,022	2,25	0,050
	17/12/2019	Molienda	3	320	23	0,023	2,25	0,052
	18/12/2019	Molienda	3	300	22	0,022	2,25	0,050
	19/12/2019	Molienda	3	320	23	0,023	2,25	0,052
	20/12/2019	Molienda	3	320	23	0,023	2,25	0,052
RA – CN300	21/12/2019	Molienda	3	300	22	0,022	2,32	0,051
		2da Ro Pb	3	100	7	0,007	2,32	0,016
	22/12/2019	Molienda	3	320	23	0,023	2,32	0,054
		2da Ro Pb	3	120	9	0,009	2,32	0,021
	23/12/2019	Molienda	3	300	22	0,022	2,32	0,051
		2da Ro Pb	3	100	7	0,007	2,32	0,016
	24/12/2019	Molienda	3	320	23	0,023	2,32	0,054
		2da Ro Pb	3	120	9	0,009	2,32	0,021
	25/12/2019	Molienda	3	320	23	0,023	2,32	0,054
		2da Ro Pb	3	120	9	0,009	2,32	0,021
	26/12/2019	Molienda	3	300	22	0,022	2,32	0,051
		2da Ro Pb	3	100	7	0,007	2,32	0,016

Nota. Datos obtenidos en campo, durante las operaciones metalúrgicas. Fuente:Elaboración propia.

Figura 3

Costos Comparativos de NaCN y RA-CN300.



Nota. Datos de los costos comparativos de ambos reactivos usados durante las pruebas.

Fuente: Elaboración Propia.

Adicionalmente se incrementó los siguientes reactivos en la flotación de plomo y zinc.

Tabla 6

Dosificación de Reactivos usados en el Circuito Pb/Zn

Etapa	pH	Reactivos (g/ton)						
		NaCN	RA-CN300	ZnSO ₄	CuSO ₄	AP 3418	MIBC	Z-11
Molienda	Variable	Variable	19					
Flotación Pb	8					7	20	30
Flotación Zn	10.6				280		16	35

Nota. Datos obtenidos en campo, durante las operaciones metalúrgicas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7*Días y Horas de Muestreo (Cabeza, Relave y Concentrados de Plomo y Zinc)*

Horas	Prueba con Cianuro de Sodio						Prueba con RA-CN300					
	15/12	16/12	17/12	18/12	19/12	20/12	21/12	22/12	23/12	24/12	25/12	26/12
07:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
07:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
08:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
08:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
16:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
17:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
17:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
18:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
18:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
19:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Nota. Indicativo de las horas de muestreo para obtener un mejor análisis del proceso. Fuente:
Elaboración Propia.

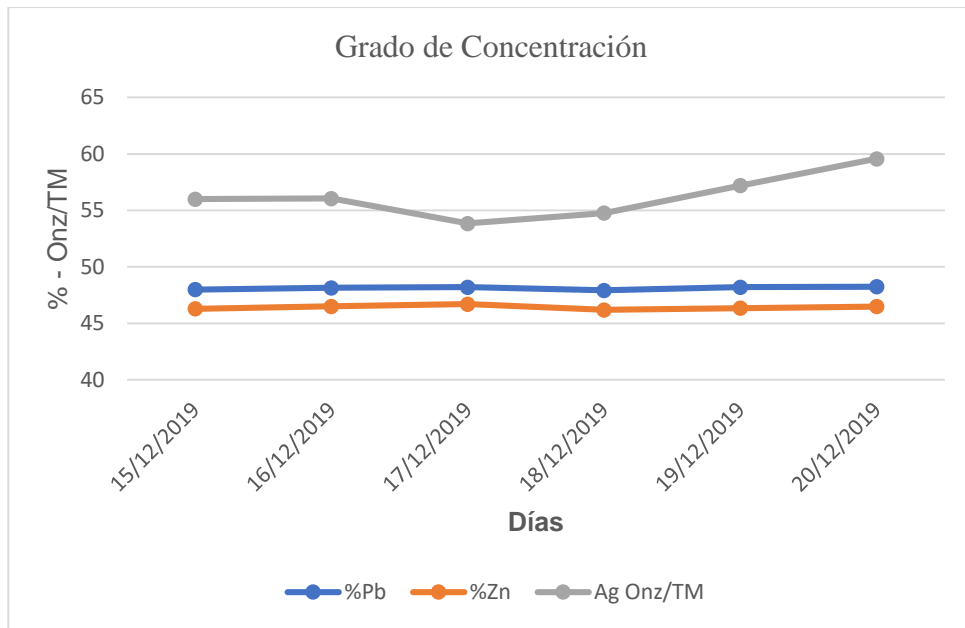
Tabla 8*Balance metalúrgico con adición de NaCN.*

Reactivos	Días	% Pb				% Zn				Ag Oz/TM			Recuperación %			
		Cabeza	Conc Pb	Conc Zn	Relave	Cabeza	Conc Pb	Conc Zn	Relave	Cabeza	Conc Pb	Conc Zn	Relave	Pb	Zn	Ag
	15/12/2019	2,8	48,00	2,43	0,25	3,63	2,28	46,30	0,15	2,97	56,00	1,35	0,97	85,9	93,1	78,3
	16/12/2019	2,87	48,15	2,29	0,29	3,60	2,27	46,50	0,15	3,00	56,05	1,39	1,00	85,7	93,1	77,8
NaCN	17/12/2019	3,0	48,20	2,20	0,32	3,50	2,30	46,70	0,13	2,66	53,85	1,40	0,98	85,6	93,3	77,5
	18/12/2019	2,99	47,92	2,30	0,29	3,89	2,25	46,20	0,16	2,72	54,76	1,25	1,05	85,8	93,4	76,5
	19/12/2019	2,91	48,20	2,24	0,28	3,76	2,15	46,35	0,16	2,60	57,20	1,42	1,00	86,1	93,3	78,1
	20/12/2019	2,84	48,25	2,19	0,28	4,00	2,22	46,49	0,17	2,87	59,57	1,30	1,05	85,3	93,4	77,9

Nota. Resultados obtenidos en base a los reportes de laboratorio químico de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

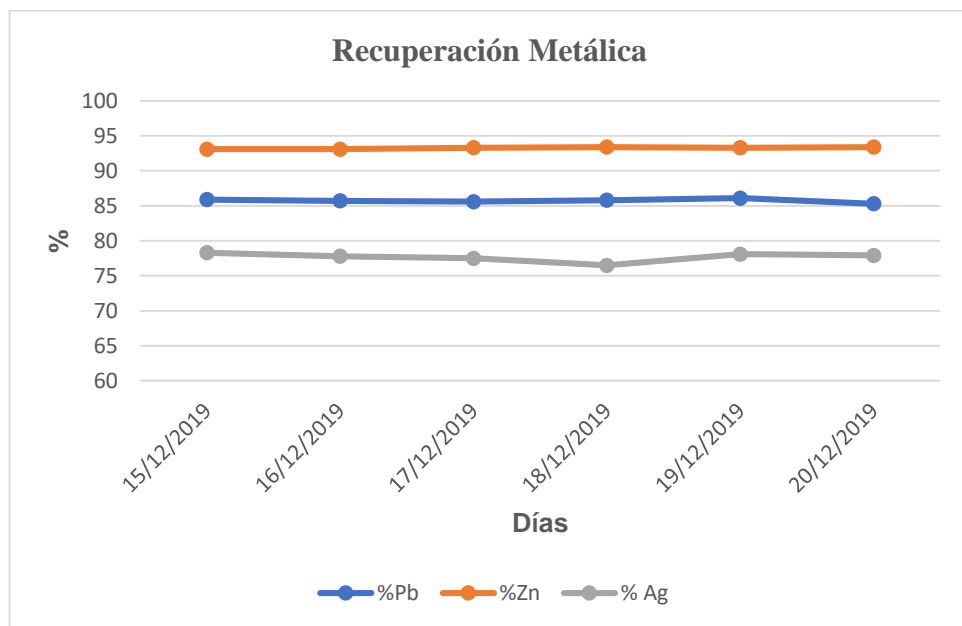
Representación de la calidad del concentrado con NaCN



Nota. Relación del grado de concentración vs los días de pruebas en planta. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5

Representación de la recuperación metálica con NaCN



Nota. Relación de la recuperación metálica vs los días de pruebas en planta. Fuente: Elaboración propia.

Comentario: Al comparar las seis pruebas experimentales, se puede observar que la recuperación de concentrados de plomo se mantiene en un rango (+ de 85%), lo que a diferencia de la plata se obtiene bajas recuperaciones todos los días (- 80%); considero que la mineralización de plata se encuentra como argentita, nativa y/o parcialmente oxidado y que el efecto de cianuro de sodio pueda estar disolviendo la plata durante el acondicionamiento en los molinos. Por otro lado, la calidad de concentrado de plomo se mantiene en un rango (+47,5%).

En cuanto al concentrado de zinc, las recuperaciones superan el 93%; sin embargo, se obtienen calidades por debajo del programa (- de 47%) debido a la presencia de silicatos duros de difícil liberación, asociado a los sulfuros de fierro y otros elementos.

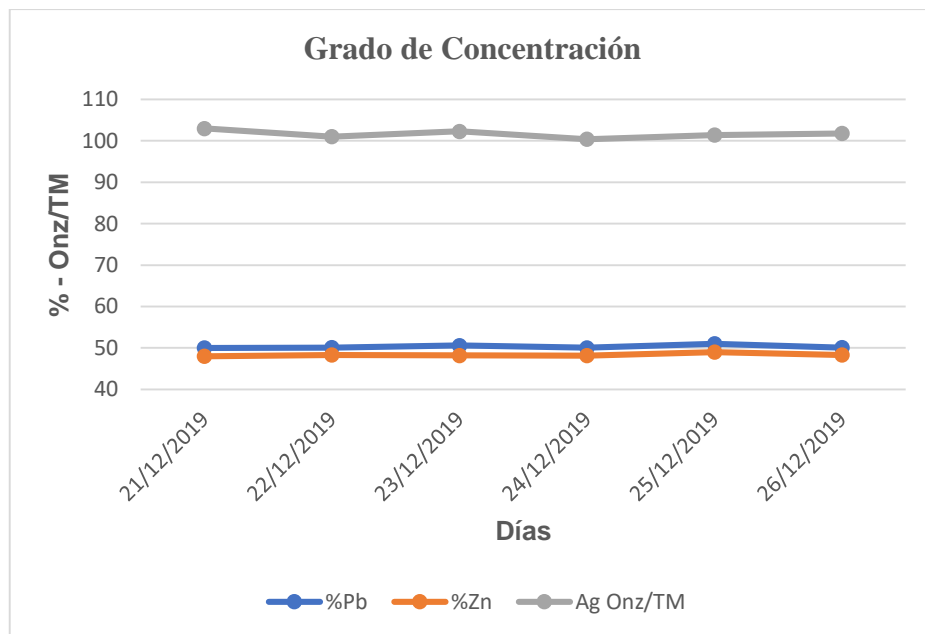
Tabla 9*Balance metalúrgico con adición del RA CN300.*

Reactivos	Días	% Pb				% Zn				Ag Oz/TM			Recuperación %			
		Cabeza	Conc Pb	Conc Zn	Relave	Cabeza	Conc Pb	Conc Zn	Relave	Cabeza	Conc Pb	Conc Zn	Relave	Pb	Zn	Ag
RA - CN300	21/12/2019	2,90	50,00	2,24	0,26	3,62	2,20	48,00	0,16	2,94	103,0	2,20	0,58	86,7	93,7	91,1
	22/12/2019	2,85	50,10	2,22	0,28	3,54	2,16	48,30	0,15	2,87	101,0	2,40	0,56	85,7	93,3	91,3
	23/12/2019	3,00	50,60	2,23	0,35	4,00	2,19	48,20	0,17	2,75	102,3	2,35	0,59	85,4	93,5	90,9
	24/12/2019	2,86	50,05	2,25	0,26	3,65	2,22	48,15	0,15	3,00	100,4	2,67	0,60	86,5	93,4	90,7
	25/12/2019	2,85	51,03	2,23	0,29	3,80	2,20	49,00	0,18	2,89	101,4	2,70	0,52	85,3	93,1	91,7
	26/12/2019	2,83	50,07	2,22	0,29	3,62	2,23	48,30	0,16	2,80	101,8	2,65	0,60	85,3	93,1	90,6

Nota. Resultados obtenidos en base a los reportes de laboratorio químico de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 6

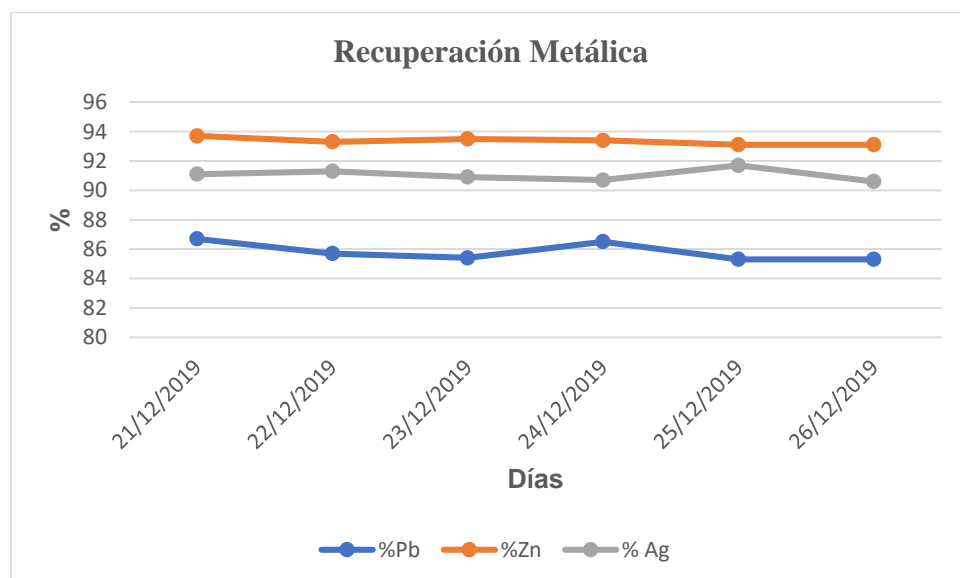
Representación de la calidad del concentrado con RA-CN300



Nota. Relación del grado de concentración vs los días de pruebas en planta. Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Representación de la recuperación metálica con RA-CN300



Nota. Relación de la recuperación metálica vs los días de pruebas en planta. Fuente: Elaboración propia.

Comentario: Utilizando el depresor RA CN300; las recuperaciones de plomo en el concentrado se mantiene en todas las pruebas de flotación (+ de 85%); en cuanto a la plata, las recuperaciones aumentan considerablemente (+ de 90%) en todas las pruebas, de la misma forma se ve el incremento de la concentración de plata en el concentrado de plomo (+ de 100%), mejorando de cierta forma la calidad del concentrado de plomo (+ de 50%), lo que significa el insumo aplicado, incide significativamente a la recuperación y a la concentración de la plata.

En cuanto a la recuperación de zinc, los concentrados no varían, manteniéndose las recuperaciones en un promedio aceptable (+ de 93%). Sin embargo, la calidad del concentrado de zinc aumenta significativamente en todas las pruebas realizadas (+ de 48%), lo que significa que la influencia del insumo aplicado también favorece a mejorar la selectividad en el proceso zinc/plata.

4.3. Prueba de hipótesis

Cuando se realiza el análisis de los datos resultantes en la toma y análisis de las muestras, los balances metalúrgicos necesarios y la influencia de los depresores evaluados en las pruebas realizadas, se afirma que la influencia del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc permite sustituir directamente al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.

4.4. Discusión de resultados

La investigación luego de 12 días de modificaciones y/o reemplazamiento del cianuro de sodio por RA-CN300, como depresores de los sulfuros de fierro (pirita, pirrotita, marcasita y arsenopirita), demuestra lo siguiente:

- Al comparar las seis pruebas experimentales, con adición de NaCN, se puede observar que las recuperaciones de concentrados de plomo se mantienen en un rango de 85,3% - 86,1%, lo cual se encuentra dentro del programa mensual de planta, lo que a diferencia de la plata se obtiene bajas recuperaciones todos los días (77,5% - 78,3%); considero que la mineralización de plata se encuentra como argentita, nativa y/o parcialmente oxidado y que el efecto del cianuro de sodio lo pueda estar disolviendo durante el acondicionamiento en los molinos.

En cuanto al concentrado de zinc, las recuperaciones se mantienen en rango de 93,1% a 94,4%; sin embargo, con respecto a la calidad del concentrado no superan el 46%, debido a que el efecto del cianuro de sodio causa fragilidad de las espumas, evitando la concentración del Zn grueso en la 1° Rougher OK-20.

- Utilizando el depresor RA-CN300; las recuperaciones de plomo en el concentrado aumentan ligeramente en un rango de 85,3% - 86,7%, sin embargo, se observa mejora en cuanto a la calidad del concentrado (+50%). En cuanto a la plata, las recuperaciones superan el 90%, debido a que la concentración de plata en el concentrado de plomo asciende a +100%, lo que indica que la adición del RA-CN300 también causa efecto en la flotación de minerales de plata y mejora la depresión de sulfuros de fierro durante las pruebas realizadas.
- En cuanto a la recuperación de zinc, los concentrados no varían significativamente, manteniéndose las recuperaciones en un rango de 93,1% - 93,7%, aceptable y dentro del programa mensual; sin embargo, se observa mejoras en cuanto a la calidad, superando el 48%, lo que indica que el RA-CN300 no causa ningún efecto en las espumas de la flotación de Zn, más lo contrario ayuda a la depresión de sulfuros de fierro ayudando a mejorar la calidad del concentrado final.

CONCLUSIONES

Evaluando los resultados de la presente investigación metalúrgica, se concluye que la variable de mayor influencia para favorecer la flotación de valores de plomo, zinc y plata es el depresor **RA-CN300**; queda en evidencia que el reactivo **RA-CN300** es un depresor de sulfuros de hierro (pirita, pirrotita) y zinc. Este nuevo reactivo permite sustituir el consumo de cianuro de sodio y se reduce el contenido de cianuro total en las aguas de recirculación de relave.

La adecuada dosificación de **RA-CN300** varía entre 22 a 23 g/TM en la alimentación al molino primario 6'x12' y de 7 a 9 g/TM al ingreso de la 2da Rougher de Pb sub A-24, diluido al 3%.

Los parámetros óptimos de operación son: mineral al 35% de sólidos, para la flotación de plomo se utiliza los reactivos: $ZnSO_4$ – 19 g/TM, AP 3418 – 7 g/TM, MIBC – 20 g/TM, Z-11 – 30 g/TM y para la flotación del zinc: $CuSO_4$ – 280 g/TM, MIBC – 16 g/TM, Z-11 – 35 g/TM.

El mayor impacto a comprobar durante la prueba industrial fue conocer si efectivamente el nuevo depresor de sulfuros de hierro también promueve la flotación de galena y valores de plata en general, tal como se demostró en los resultados.

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar más pruebas metalúrgicas, aplicando del depresor RA-CN300, en forma independiente, como también en sinergia con el NaCN.
2. Evaluar la depresión de los sulfuros de hierro en relación a la molienda, como también la depresión del zinc en la flotación del plomo.
3. Desarrollar mayores estudios para evaluar el grado de liberación de la plata, de los sulfuros de hierro, con la dosificación del RA-CN300 en la molienda.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abarca, J. (2011). Reactivos de flotación. En *Flotación de minerales* (págs. 42 -47).
Lima: JFSC.
- Acosta, J. &. (2015). *Metalurgia de pórfidos de cobre - Arsénico - Oro - Molibdeno*.
Lima: INGEMMET.
- Agreda, C. (1996). *Operaciones mineras Unitarias de perforación y voladura de rocas*.
- Azañero, A. (1984). *Flotación del mineral de mina San Gregorio*. Lima: Informe Técnico N° 1643 - Banco Minero del Perú.
- Azañero, A. (1999). Modelos matemáticos para simular flotación industrial a partir de pruebas de laboratorio. *Revista del Instituto de Investigación de la FIGMMG - UNMSM*, 69 - 83.
- Azañero, A. (2002). Concentración y flotación de minerales. En *Flotación de sulfuros* (págs. 7 - 8). Lima: UNMSM.
- Castro, S. (2006). *Flotación: Fundamentos y Aplicaciones*. Concepción: Departamento de Metalurgia - Universidad de Concepción.
- Dana, E. (1981). *Tratado de mineralogía*. México: Continental.
- Guzmán, L. (2015). *Flotación de minerales*. Lima: Molycop Adesur S.A. .
- Medina, O. (1976). Tecnología de la flotación. En O. Medina, *Flotación* (págs.325 - 335). Lima: UNI.
- Paez, O. (2010). *Apuntes de la concentración de minerales I*. Atacama: Universidad de Atacama.
- Planta, S. d. (2015). *Manual de operaciones*. Cerro Verde: Tecsup.

- Rivera, G. (1960). *Mineralogía descriptiva*. Lima: UNMSM.
- Sotillo, F. (1985). Sulfurización y flotación de cerusita y galena. *Tercer Simposium de Metalurgia* (págs. 73 - 93). Lima: UNI.
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de minerales*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Taco, H. (2008). *Guía de prácticas de preparación mecánica de minerales*.
Arequipa: UNSA.
- Trujillo, W. (1991). *Estudio termodinámico del proceso de cloruración para la recuperación de Pg - Ag de minerales oxidados - Tesis*. Lima: UNMSM.
- Vianna, S. (2004). *The effect of particle size, collector coverage and liberation on the floatability of galena particles in an ore - Tesis Doctoral*. Queensland: Department of Mining, Minerales and Materiales Engineering.
- Württöle, R. &. (1982). *Método de producción y análisis químico físico del plomo y sus óxidos - Tesis*. Lima: UNMSM.

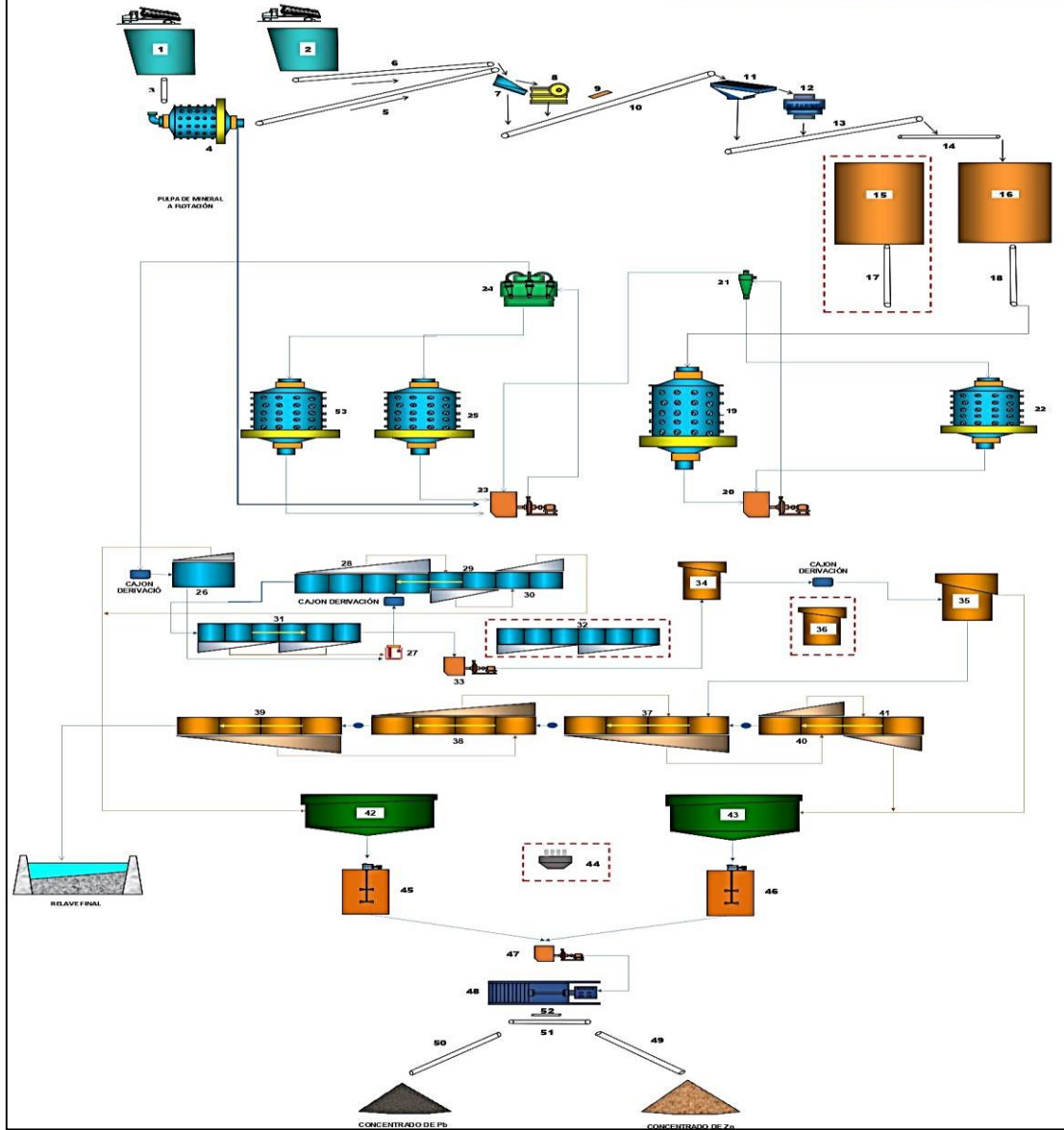
ANEXOS

Influencia del RA-CN300 en el Proceso de Flotación Plomo – Zinc para Sustituir el Cianuro de Sodio en la Planta Concentradora de la Unidad Minera Recuperada – Huancavelica 2019

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>General ¿De qué manera Influye el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir el cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada - Huancavelica 2019?</p>	<p>General Evaluar la Influencia del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir el cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.</p>	<p>General La influencia del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc permitirá sustituir directamente al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.</p>	<p>Independiente Influencia del reactivo RA-CN300 en la flotación plomo – zinc.</p>	Dosificación del RA CN300	g/TM
				Parámetros óptimos de operación	P ₈₀
				Concentración óptima del RA CN300	g/TM
<p>Específicos A. ¿Cuál será la dosificación adecuada del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir el cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019? B. ¿Cuáles serán los parámetros óptimos de operación que influyen al emplear el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019? C. ¿Cuál es la concentración del RA-CN300 óptimo en el proceso de Flotación plomo – zinc para sustituir en cianuro de sodio en la planta</p>	<p>Específicos A. Determinar la dosificación adecuada del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir el cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019. B. Establecer los parámetros óptimos de operación que influyen al emplear el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019. C. Determinar la concentración del RA-CN300 óptima en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir en cianuro de sodio en la planta concentradora de</p>	<p>Específicos A. La dosificación adecuada del RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc influye significativamente en la sustitución de cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019. B. El establecimiento de los parámetros óptimos de operación influye significativamente a emplear el RA-CN300 en el proceso de flotación plomo – zinc para sustituir al cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019. C. La concentración óptima del RA-CN300 aplicada en el proceso de flotación plomo – zinc influye significativamente en la sustitución de cianuro de sodio en la planta concentradora de la unidad minera Recuperada – Huancavelica 2019.</p>	<p>Dependiente Sustituir al cianuro de sodio.</p>	Recuperación de Pb – Ag - Zn	%

concentradora de la unidad minera Recuperada Huancavelica 2019?	-	la unidad minera Recuperada - Huancavelica 2019.			
---	---	---	--	--	--

**DIAGRAMA DE FLUJO - 600 TMSD
PLANTA CONCENTRADORA RECUPERADA**



- LEYENDA:**
- 1.- 01 TOLVA DE GRUESOS 100 Tn Cap.
 - 2.- 01 TOLVA DE GRUESOS 120 Tn Cap.
 - 3.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°5 36" X 8 FT
 - 4.- 01 MOLINO LAVADOR LANGER 4'X6'
 - 5.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°6 24" X 21.05 m
 - 6.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°1 24" X 14.60 m
 - 7.- 01 GRIZZLY ESTACIONARIA 36"X 26"
 - 8.- 01 CHANCADORA DE QUIJADAS ALLIS CHALMERS 10'X24'
 - 9.- 01 ELECTROMAN ERIEZ
 - 10.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°2 24" X 7.15 m
 - 11.- 01 ZARANDA VIBRATORIA TY-ROCK 4'X8'
 - 12.- 01 CHANCADORA SYMON'S SH 3 FT
 - 13.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°3 24" X 18.4 m
 - 14.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°4 24" X 6.30 m
 - 15.- 01 TOLVA DE FINOS N° 01 - 100 Tn Cap.
 - 16.- 01 TOLVA DE FINOS N° 02 - 200 Tn Cap.
 - 17.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°7 24" X 13 m Stand By
 - 18.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°8 24" X 14.55 m
 - 19.- 01 MOLINO DE BARRAS 6'X12'
 - 20.- 01 BOMBAS HORIZ. WARMAN 6'X4' N° 01
 - 21.- 01 CICLON D-15 N° 01
 - 22.- 01 MOLINO DE BOLAS MARCY 6'X6'
 - 23.- 01 BOMBA HORIZ. VACSEAL 6'X4'
 - 24.- NIDO DE CICLONES D-10 N° 02 (04 c/u)
 - 25.- 01 MOLINO DE BOLAS COMESA 6'X6'
 - 26.- 01 CELDA DR-180 I Ro Pb-Ag
 - 27.- 01 BOMBA VERTICAL GALGHER DE 3 1/2"
 - 28.- 04 CELDAS DENVER SUB-A N° 24. I Ro Pb-Ag
 - 29.- 02 CELDAS DENVER SUB-A N° 24. I CI Pb-Ag
 - 30.- 02 CELDAS DENVER SUB-A N° 24. II CI Pb-Ag
 - 31.- 06 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. I Scv Pb-Ag
 - 32.- 06 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. II Scv Pb-Ag - Stand By
 - 33.- 02 BOMBAS HORIZONTALES VACSEAL 6'X4'
 - 34.- 01 CELDA ACONDICIONADOR 6'X4'
 - 35.- 01 CELDA OK-20. I Ro Zn-Ag
 - 36.- 01 ACONDICIONADOR 8'X8' - II ACONDIC. Zinc - Stand By
 - 37.- 04 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. I Ro Zn-Ag
 - 38.- 04 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. II Scv Zn-Ag
 - 39.- 04 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. I Scv Zn-Ag
 - 40.- 02 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. I CI Zn-Ag
 - 41.- 02 CELDAS DENVER SUB-A N° 21. II CI Zn-Ag
 - 42.- 01 ESPESADOR 14'X8'. Pb-Ag
 - 43.- 01 ESPESADOR 14'X8'. Zn-Ag
 - 44.- 01 FILTRO DE DISCOS 6' X 4 (stand By)
 - 45.- 01 HOLDING TANK 8'X11'. Pb-Ag
 - 46.- 01 HOLDING TANK 8'X11'. Zn-Ag
 - 47.- 01 BOMBA WARMAN 4'X3'
 - 48.- 01 FILTRO PRENSA
 - 49.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°9 24" X 36.35 m
 - 50.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°10 24" X 36.82 m
 - 51.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°11 24" X 7.5 m
 - 52.- 01 FAJA TRANSPORTADORA N°12 24" X 4.0 m
 - 53.- 01 MOLINO DE BOLAS MARCY 6'X4.5'



MINES & METALS TRADING PERU SAC
LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P15-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC -
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 15 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,97	2,80	3,63
CONC. Pb	56,00	48,00	2,28
CONC Zn	1,35	2,43	46,30
RVE	0,97	0,25	0,15

EMITIDO EL 15/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P16-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC -
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 16 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	3,00	2,87	3,60
CONC. Pb	56,05	48,15	2,27
CONC Zn	1,39	2,29	46,50
RVE	1,00	0,29	0,15

EMITIDO EL 16/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P17-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC -
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 17 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,66	3,00	3,50
CONC. Pb	53,85	48,20	2,30
CONC Zn	1,40	2,20	46,70
RVE	0,98	0,32	0,13

EMITIDO EL 17/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P18-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU
SAC - UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 18 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,72	2,99	3,89
CONC. Pb	54,76	47,92	2,25
CONC Zn	1,25	2,30	46,20
RVE	1,05	0,29	0,16

EMITIDO EL 18/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P19-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU
SAC - UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 19 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,87	2,91	4,00
CONC. Pb	59,57	48,20	2,22
CONC Zn	1,30	2,24	46,49
RVE	1,05	0,28	0,17

EMITIDO EL 19/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo

P20-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU
SAC - UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 20 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,87	2,84	4,00
CONC. Pb	59,57	48,25	2,22
CONC Zn	1,30	2,19	46,49
RVE	1,05	0,28	0,17

EMITIDO EL 20/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo

P21-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC -
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 21 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,94	2,90	3,62
CONC. Pb	103,0	50,00	2,20
CONC Zn	2,20	2,24	48,00
RVE	0,58	0,26	0,16

EMITIDO EL 21/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P22-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU
SAC - UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 22 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,87	2,85	3,54
CONC. Pb	101,0	50,10	2,16
CONC Zn	2,40	2,22	46,30
RVE	0,56	0,28	0,15

EMITIDO EL 22/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo

P23-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC -
UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 23 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,75	3,00	4,00
CONC. Pb	102,3	50,60	2,19
CONC Zn	2,35	2,23	48,20
RVE	0,59	0,35	0,17

EMITIDO EL 23/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo

P24-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU
SAC - UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 24 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	3,00	2,86	3,65
CONC. Pb	100,4	50,05	2,22
CONC Zn	2,67	2,25	48,15
RVE	0,60	0,26	0,15

EMITIDO EL 24/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo

P25-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU
SAC - UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 25 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,89	2,85	3,80
CONC. Pb	101,4	51,03	2,20
CONC Zn	2,70	2,23	49,00
RVE	0,52	0,29	0,18

EMITIDO EL 5/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC
LABORATORIO QUÍMICO

Informe de Ensayo
P26-1219

SOLICITADO : MINES & METALS TRADING PERU SAC
- UNIDAD RECUPERADA
AREA : PLANTA
REFERENCIA/TURNO : 2° TURNO
PRODUCTO : PROCESO EN PLANTA CONCENTRADORA
FECHA DE RECEPCION : 26 DE DICIEMBRE
HORA DE REPORTE : 10:00 pm
TIPO DE ENSAYO : RECONOCIMIENTO
METODO DE ENSAYO : DETERMINACION ABSORCIÓN ATÓMICA
FIRE ASSAY

DESCRIPCION	Ag Onz/t	Pb %	Zn%
CAB	2,80	2,83	3,62
CONC. Pb	101,8	50,07	2,23
CONC Zn	2,65	2,22	48,30
RVE	0,60	0,29	0,16

EMITIDO EL 26/12/2019



MINES & METALS TRADING PERU SAC

REGISTRO DE CONTROL DEL EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA (LABORATORIO QUÍMICO)

FECHA	PRESIÓN DE ACETILENO (PSI) Cambiar el balón No 5 a 100 psi	TIPO DE LLAMA	ELEMENTO CONTROL		ESTADO DE INSPECCIÓN		ACCIONES CORRECTIVAS Y/O OBSERVACIONES	ANALISTA
			CÓDIGO DE LA MATRIZ	ABSORBANCIA DE Pb/Zn DE 5 ppm	C	NC		
14-12-2019	240 PSI	Anc/Acetileno	HNO ₃ 10%	0.92	✓		Ninguna	E. L.
15-12-2019	172 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.84	✓		Ninguna	E. L.
16-12-2019	184 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.86	✓		Ninguna	E. L.
17-12-2019	210 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.84	✓		Ninguna	W. M.
18-12-2019	166 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.80	✓		Ninguna	W. M.
19-12-2019	120 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.72	✓		Ninguna	W. M.
20-12-2019	220 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.88	✓		Ninguna	E. L.
21-12-2019	182 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.91	✓		Ninguna	E. L.
22-12-2019	121 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.86	✓		Ninguna	E. L.
23-12-2019	213 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.74	✓		Ninguna	E. L.
24-12-2019	104 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.68	✓		Ninguna	E. L.
25-12-2019	204 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.82	✓		Ninguna	W. M.
26-12-2019	196 PSI	A/A	HNO ₃ 10%	0.90	✓		Ninguna	W. M.


ING. EDGAR LOPEZ MARCOS
CIP. 60220

Imagen 1. Formato del registro de control del equipo de absorción atómica.



Imagen 2. Vista noroeste de la sección molienda – Planta Concentradora Recuperada



Imagen 3. Vista del equipo de trabajo – Planta Concentradora Recuperada.