



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Faculta de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la Compañía Minera Kolpa S.A.C

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autor

Romulo Palomino Huaman Torres

Asesor

M(o) Joaquín José Abarca Rodríguez

Huacho – Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORMACIÓN

| DATOS DEL AUTOR (ES): | | |
|--|------------|------------------------------|
| NOMBRES Y APELLIDOS | DNI | FECHA DE SUSTENTACIÓN |
| Romulo Palomino Huaman Torres | 47391271 | 05 diciembre del 2024 |
| | | |
| DATOS DEL ASESOR: | | |
| NOMBRES Y APELLIDOS | DNI | CÓDIGO ORCID |
| Joaquín José Abarca Rodríguez | 15740291 | 0000-0003-1004-3824 |
| DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO: | | |
| NOMBRES Y APELLIDOS | DNI | CODIGO ORCID |
| Alberto Irhaam, Sánchez Guzmán | 15758117 | 0000-0003-1575-8466 |
| Jaime Iman Mendoza | 40936175 | 0000-0001-6232-0884 |
| Víctor Raúl, Coca Ramírez | 15601160 | 0000-0002-2287-7060 |
| | | |
| | | |

TESIS

Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la Compañía Minera Kolpa S.A.C

JURADO EVALUADOR

M(o) Joaquín José Abarca Rodríguez

ASESOR

Dr. Sánchez Guzmán, Alberto Irhaam

PRESIDENTE JURADO

M(o) Jaime Iman Mendoza

SECRETARIO JURADO

Dr. Coca Ramírez, Víctor Raúl

VOCAL JURADO

Rómulo Palomino Huamán Torres

Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grues...

Quick Submit

Quick Submit

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3066029892

Fecha de entrega

3 nov 2024, 11:12 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

3 nov 2024, 11:25 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

BORRADOR_DE_TESIS_ROMULO_PALOMINO_HUAMAN_TORRES.docx

Tamaño de archivo

3.4 MB

67 Páginas

12,095 Palabras

61,030 Caracteres



Página 2 of 71 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3066029892

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cá...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

12% Fuentes de Internet

2% Publicaciones

8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico ami esposa Tania e hijo Braulio, quienes son en motor y motivo para seguir adelante, muchas gracias por la confianza depositada

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, Dios por acompañarme en mi camino, darme la fortaleza y salud para seguir adelante.

A mi Madre y hermanos por el apoyo brindado en mi carrera profesional Al Ing. Ángel Palomino, Ing. Fausto Castro ya todos los amigos agradecer por las enseñanzas y los consejos brindados

ÍNDICE

| | |
|-----------------------|------------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | vii |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|--|-----------|
| 1.1 Descripción de la realidad problemática | 10 |
| 1.2 Formulación del problema | 10 |
| 1.2.1 Problema general | 10 |
| 1.2.2 Problemas específicos | 10 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 11 |
| 1.3.1 Objetivo general | 11 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 11 |
| 1.4 Justificación de la investigación | 11 |
| 1.5 Delimitaciones del estudio | 11 |
| 1.6 Viabilidad del estudio | 12 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|--|-----------|
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 13 |
| 2.2 Bases teóricas | 18 |
| 2.3 Definición de términos básicos | 24 |
| 2.4 Hipótesis de investigación | 25 |
| 2.5.1 Hipótesis general | 25 |
| 2.5.2 Hipótesis específicas | 25 |
| 2.5 Operacionalización de las variables | 26 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 3.1 Diseño metodológico | 27 |
| 3.2 Población y muestra | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.1 Población | 28 |
| 3.2.2 Muestra | 28 |
| 3.3 Técnicas de recolección de datos | 28 |
| 3.4 Técnicas para el procesamiento de la información | 29 |
| CAPÍTULO IV | |
| RESULTADOS | |
| 4.1 Análisis de resultados | 37 |
| CAPÍTULO V | |
| DISCUSIÓN | |
| 5.1 Discusión de resultados | 41 |
| CAPÍTULO VI | |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 6.1 Conclusiones | 56 |
| 6.2 Recomendaciones | 57 |
| REFERENCIAS | 58 |
| 7.1 Fuentes bibliográficas | 46 |
| 7.2 ANEXOS | 62 |

ÍNDICE DE TABLA

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Operacionalización de las variables e indicadores | 32 |
| Tabla 2 Matriz de consistencia | 36 |
| Tabla 3 Antes de la implementación de las celdas SK80 y SK240 A1 | 37 |
| Tabla 4 Antes de la implementación de las celdas SK80 y SK240 A2 | 38 |
| Tabla 5 Después de la implementación de las celdas SK80 y SK240 B1 | 39 |
| Tabla 6 Después de la implementación de las celdas SK80 y SK240 B1 | 40 |
| Tabla 7 Concentrados de las celdas SK80 SK240 Bulk y Con. final Pb..... | 41 |
| Tabla 8 Promedio de los parámetros antes de implementación de la SK80 SK240..... | 42 |
| Tabla 9 Promedio de los parámetros después de la implementación de la SK80 SK240..... | 42 |
| Tabla 10 Calidad de concentrado Pb SK80, SK240, bulk y concentrado final | 44 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Reactivos para la flotación de minerales..... | 27 |
| Figura 2 | Calidad del concentrado de Pb antes y después de la implantación de la celda SK80 y SK240..... | 43 |
| Figura 3 | Recuperación del Pb antes y después de la implantación de la celda SK80 y SK240 | 43 |
| Figura 4 | Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y final..... | 45 |
| Figura 5 | Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y recuperación. | 45 |
| Figura 6 | Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y bulk. | 46 |
| Figura 7 | Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y SK240..... | 46 |
| Figura 8 | Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80, SK240, bulk y final | 47 |
| Figura 9 | Gráfica de probabilidad antes de la implementación de las celdas SK80 SK240 de %-200m; Densidad (g/L); Cab. %Pb; Conc. %Pb; Recup. Pb | 48 |
| Figura 10 | Gráfica de probabilidad después de la implementación de las celdas SK80 SK240 de %-200m; Densidad (g/L); Cab. %Pb; Conc. %Pb; Recup. Pb | 49 |
| Figura 11 | Gráfica de probabilidad de concentrado de SK-80 (%Pb); SK-80 (Rec. Pb); SK-240 (%Pb); Bulk (% Pb); Con. Final (% Pb) | 50 |
| Figura 12 | Gráfica de probabilidad de SK80 %-200m; SK-80 (%Pb); SK-80 (Rec. Pb)..... | 51 |

ÍNDICE DE ANEXO

| | |
|---|-----------|
| <i>Anexo 1 localización de la compañía minera kolpa SA.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos.....</i> | <i>63</i> |
| <i>Anexo 3 Resultados de laboratorios de la SK-80, SK-240, Bulk, Conc. Final.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Anexo 4 Resultados de laboratorios de la SK-80, SK-240, VII Cl Bulk.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Anexo 5 Resultados de laboratorios de la SK-80.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Anexo 6 Resultados de laboratorios de la SK-240.....</i> | <i>67</i> |

RESUMEN

El estudio tiene por finalidad “evaluar la implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C.” es un trabajo correlacional. El trabajo consistió en primer lugar recopilar datos del proceso y luego procesarlo, obteniendo en promedio de 53.78% %-200m, 1565.67 g/L densidad de pulpa, 2.26 %Pb ley de cabeza, 56.77% Pb de calidad en el concentrado del proceso de concentración normal. Mientras que después de la instalación de SK-80 y SK-240 se tiene

52.57 %-200m, densidad de pulpa 1563.45 g/L, 2.63 %Pb ley de cabeza, 62.38% Pb en el concentrado.

En la celda SK-80 22.87 %-200m, calidad de concentrado de 66.03% Pb, SK-240 pcalidad 60.30% Pb, bulk 59.77% Pb, concentrado final de 58.48% Pb. Obteniendo un resultado de recuperación normal de 88.00% Pb y después de la implementación de SK-80 y SK-240 de 89.89% de plomo, mientras que en la SK-80 se tiene una calidad de 66.03% Pb con una recuperación del orden de 21.03% Pb. Concluyendo que se incrementa la calidad en 4.08% Pb con un incremento de recuperación de 1.89% en promedio, la calidad de concentrado grueso en la SK-80 es de 66.02% con una recuperación de 21.03% y los datos en el proceso normal se encuentra dispersa fuera de parámetro de control el valor de p calculado es menor a 0.05 salvo en %-200m, mientras que después de la implementación se encuentran dentro del parámetro de control ya que p calculado es mayor a 0.05.

Palabra clave: Implementación de celda flash, flotación de plomo grueso, mejorar la flotación de plomo.

ABSTRACT

The purpose of the study is "to evaluate the implementation of a unit cell in the secondary grinding circuit that will improve the flotation of coarse lead in the mining company Kolpa S.A.C." it is a correlational work. The work consisted in the first place of collecting data from the process and then processing it, obtaining an average of 53.78% %-200m, 1565.67 g/L pulpdensity, 2.26% Pb head grade, 56.77% Pb quality in the concentrate of the normal concentration. While after the installation of SK-80 and SK-240 there is 52.57%-200m, pulp density 1563.45 g/L, 2.63%Pb head grade, 62.38% Pb in the concentrate. In cell SK-80 22.87%-200m, concentrate quality of 66.03% Pb, SK-240 quality 60.30% Pb, bulk 59.77% Pb, final concentrate of 58.48% Pb. Obtaining a normal recovery result of 88.00% Pb and after the implementation of SK-80 and SK-240 of 89.89% lead, while in SK-80 there is a quality of 66.03% Pb with a recovery of the order of 21.03% bp. Concluding that the quality increases by 4.08% Pb with an increase in recovery of 1.89% on average, the quality of the coarse concentrate in the SK-80 is 66.02% with a recovery of 21.03% and the data in the normal process is found. scattered outside the control parameter, the calculated p value is less than 0.05 except in %-200m, while after the implementation they are within the control parameter since calculated p is greater than 0.05.

Keyword: Flash cell implementation, coarse lead flotation, improve lead flotation.

INTRODUCCIÓN

El trabajo sobre “Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera kolpa S.A.C” tiene por finalidad evaluar la calidad de concentrado de plomo y la recuperación en la celda unitaria SK-80 y SK-240 antes de la implementación y después de la implementación.

Los trabajos realizados donde se emplean celdas de alta densidad o celdas flash permite la flotación de plomo grueso con alta densidad de pulpa. El descabezamiento del plomo en las celdas flash permite disminuir la carga circulante a la molienda, ya que el plomo por su densidad en los hidrocución tiende a regresar al circuito de molienda con ello produciendo la remolienda es decir las lamas que esto en el circuito de flotación no se puede flotar y se va al relave. El concentrado de plomo que tiene un mayor porcentaje de fino en el circuito de filtración satura a las lonas y producen una filtración deficiente con un alto porcentaje de humedad y deterioro y saturación de las lonas del filtro.

El propósito de la investigación se trató en qué medida se mejoró la calidad de los concentrados de plomo en las diferentes puntos y la recuperación en un proceso normal y una vez implementado con ello minimizar la sobre carga circulante en la molienda y minimizar la lama y la disminución del plomo, por otra parte, mejorar la filtración del concentrado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En proceso de la compañía Minera Kolpa en la actualidad tiene una dificultad que se tiene una carga recirculate material fino y una pérdida de mineral como lama, para poder mejor este impase lo que se pretender es instalar una celda de alta densidad en la descarga del molino secundario para flotar el mineral de plomo de esa manera minimizar el retorno del plomo al circuito de remolienda y disminuir la perdida de los finos como lama.

En la prueba de celda de flotación RCS Metso con alta densidad de pulpa y con las condiciones de agitación espumantes y tamaño de burbuja permite una mayor colección de las partículas valioso al contener mayor presencia de los sólidos en la superficie de las espumas (Runge, Tabosa, Crosbie, & McMaster, 2012).

En función a lo expuesto se implantará una celda unitaria en la descarga de la molienda secundaria para la flotación de plomo grueso y disminuir el retorno a la remolienda para ello se plantea el problema en la formulación del problema generales y específicos.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C?

1.2.2 Problemas específicos

¿En qué medida una granulometría gruesa adecuada alimentada a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementando la calidad del concentrado?

¿En qué medida una celda unitaria de alta densidad permite una flotación de mineral grueso e incrementa la recuperación del plomo?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria que permita mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C.

1.3.2 Objetivos específicos

Evaluar el material ingresante de granulometría gruesa adecuada a la alimentación a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementando la calidad del concentrado.

Evaluar la celda unitaria de alta densidad en qué medida permite una flotación de mineral grueso e incrementa la recuperación.

1.4 Justificación de la investigación

El estudio se justifica porque permitirá mejorar la recuperación de minerales de plomo, calidad de concentrado minimizar el desplazamiento del plomo a los siguientes circuitos y obtener con menor humedad el concentrado.

Una vez validada y contrastada la metodología y los métodos permitirá emplear como base en otros estudios y el cumplimiento del rol de la universidad en la investigación y su publicación.

1.5 Delimitaciones del estudio **Delimitación Territorial.**

La localización del proyecto a realizar sobre “Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C” se encuentra en:

Departamento : Huancavelica

Provincia : Huancavelica

Distrito : Huacho colpa

Lugar : Compañía minera kolpa S.A.

Coordenadas : Latitud: 13° 3'43.16"S, Longitud: 74°59'21.81"O Fuente: Google earth pro.

Altitud : 4500 msnm.

Delimitación tiempo espacio.

Se realizará en el año 2022 entre los meses junio octubre en las instalaciones de la Compañía minera kolpa S.A, instalación del equipo realizara en la descarga del molino secundaria y los estudios se realizan en el laboratorio metalúrgico y químico de la empresa.

Delimitación de recursos.

En el presente estudio se tiene ciertas delimitaciones como de índole económicos para realizara cabalidad el estudio lo que asume la empresa los gastos.

1.6 Viabilidad del estudio

El estudio tiene una viabilidad por contar con la información bibliográfica, metodología y los accesos a los laboratorios para realizar el estudio sobre implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera kolpa S.A.C.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales.

Gonzales (2018) en su investigación sobre “Implementación de una unidad de flotación rápida en la descarga del molino de bolas secundario en la Empresa Minera Silver MINSPERU S.A.C.” presentado a la Universidad Nacional del Altiplano Perú. Es una investigación experimental y aplicada se realiza una parte pruebas en el laboratorio y luego se aplica a nivel industrial donde se implementó una celda de flotación flash denver de 32”x32” en la descarga del molino COMESA 3’x4’ con la finalidad de realizar una flotación rápida de los minerales grueso. Obteniendo como resultado una recuperación del 20% a 30% de todo el proceso de recuperación de la planta con una reducción de la humedad de 11% a 8% y Z-6 de 8 g/t a 6 g/t. Concluyendo que la implantación de una celda flash a la descarga del molino permite optimizar la producción y una recuperación de la inversión en un corto plazo (p.125).

Yapo (2021) en su investigación sobre “Evaluación de los parámetros de la recuperación de plomo con la implementación de una celda SK air – 240 en la planta de beneficio toma la mano S.A.” presentado a la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa Perú. Con la instalación de la celda SK air 420 en la descarga del molino 8’x8’ operando con una 1.81 g/cm³ de densidad de pulpa o 64.44% de sólido, nivel de espuma 5100mm, P80 325 μm, velocidad 165 rpm y con el uso de Z-6 y A-3418. Se obtiene un concentrado de 57.83% Pb, 120

oz/t Ag con una recuperación del 85.23% de plomo. Concluyendo que el uso de la celda flash SK air 420 permite optimización del proceso obtiene un concentrado de plomo grueso, minimizar la recirculación a la molienda, no se genera lamas y permite un filtrado óptimo (pp. 100-101).

Huancca (2021) en su trabajo sobre “Optimización del proceso de flotación de minerales auríferos en celda flash para mejorar la recuperación de oro en la empresa minera Cori Puno” presentado a la Universidad Nacional del Altiplano del Perú es una investigación experimental aplicada. La investigación tiene dos etapas la primera realiza pruebas experimentales para obtener los datos para ellos se empleó 8 minutos de molienda, 35 g/t de CuSO₄, 21 g/t Z-6, 59g/t AP-4037, luego se llevó con ello se emplearon a nivel planta con la instalación de una celda flash. Como resultado se obtuvo a en la prueba experimental 50% malla 200, 2.9 g/cm³ de densidad de mineral de 85% de recuperación al nivel planta de 179 g/t Au es una sola etapa incrementado la recuperación de 76.42% a 77.54%. Concluyendo que se tiene un incremento en la recuperación del oro en promedio de 1.12% con el uso de la celda flash.

2.1.2. Antecedentes internacionales.

Qian, y otros (2021) en su trabajo de investigación “Recuperación eficiente por flotación de plomo y zinc a partir de minerales refractarios de plomo-zinc en condiciones alcalinas bajas” publicado en la revista *Geochemistry*, es una investigación experimental aplicada. El experimento se realizó a un pH 9 con una dosificación de colector compuesto de etilo bicarbonato, amonio dibutil nitrofosfato y

nitrofosfato 25 como depresor una mezcla de Na_2S , ZnSO_4 , Na_2SO_3 para sulfuros, mientras que para los óxidos se emplearon como colector éter anima, hidroxietil celulosa y ácido poli acrílico como depresor hexametáfosfato de sodio y silicato de sodio. Los resultados a nivel laboratorio para el concentrado de plomo se tiene 52.72% Pb, 10.17% Zn y 7562.37 g/t Ag con una recuperación de 43.73% Pb, 66.01% Ag y en el concentrado de zinc el zinc una recuperación de 84.42% para los sulfuros y para óxido de 50.07% de zinc en el concentrado de zinc. A nivel industrial el plomo aumenta en 1.84% en la prueba luego alcanza 4.09% en base a las pruebas reduciendo el zinc ligeramente en el concentrado del plomo y el zinc aumenta del orden del 19.52% reduciendo el costo de reactivo en 3.93 yuanes por tonelada. Concluye permite optimizar el costo de producción y se incrementa la recuperación de plomo, zinc y la flotación de minerales oxidado y el uso de reactivos amigables al medio ambiente (p.9).

Para Zuchao, y otros (2022) en su trabajo de investigación sobre “Mecanismo de efecto de los materiales carbonosos en la separación por flotación del mineral de plomo-zinc” publicado en la revista *separation and purification technology* es un trabajo experimental. La muestra para el proceso de estudio se llevó a la caracterización donde se encontró 99.7% del carbón total es el carbón amorfo mediante la técnica XRD Reman, para el proceso de flotación

de minerales es necesario la eliminación del carbón amorfo de los minerales de plomo zinc para ello se emplearon los colectores como el ditiocarbonato de etilo(DDTC) y el dio fosfato de bibutilo y amonio(ADD) de las cuales de acuerdo el ditiocarbonato de etilo(DDCT) es el mejor colector ya que el carbón amorfo tiene una estructura en los poros de superficie específica promedio de $16.18 \text{ m}^2/\text{g}$ y un diámetro promedio de 12.98 mm . La isoterma de absorción del DDCT en el carbón se fundamenta en el modelo de Freundlich ya que la absorción del carbón amorfo al ditiocarbonato de etilo es superior que a la de la galena. Concluyendo que la eliminación de los carbonos es necesario antes del proceso de flotación a nivel experimental e industrial (p. 9).

Cobos (2018) en su investigación sobre “Flotación rougher de un mineral aurífero complejo asociado a sulfuros polimetálicos” presentado a la Universidad del Azuay es una investigación experimental. En las pruebas de flotación se realizaron 8 pruebas con un porcentaje de sólido del 30% con una variación de pH, dosificación de reactivos y aireación. Resultado la mejor recuperación se obtuvo en la prueba 8 para el oro con 58.9 g/t Au recuperación $58.41\% \text{ Au}$ y en la prueba 7 para la plata con 70.60 g/t Ag y recuperación $63.33\% \text{ Ag}$. Concluyendo que los reactivos el xantato amílico de potasio, MIBC y el sulfato de cobre tiene un efecto positivo mientras que el sulfato de zinc tiene un efecto negativo.

2.1 Bases teóricas

2.1.1. Molienda de minerales.

La molienda de los minerales es el proceso de reducción del tamaño de partículas des un tamaño grueso que se encuentran en un rango menor 3/4” en los procesos convencionales. El mineral procedente de la tercera o segunda molienda se almacenan a la tolva de fino pasante a la malla -3/4”. El proceso de reducción se realiza en un medio diluido de agua más el mineral y la carga moledora constituido de bolas de acero que se encuentran en un molino que son girado a una velocidad de operación constituido entre 75% a 80% de su velocidad crítica para poder producir una liberación de las partículas aprovechando la caída de las bolas por cascada y catarata que se aprovecha la energía potencial para la fragmentación de las partículas (Quiroz,1986).

Para un levantamiento de las bolas para formar una catarata y cascada es necesario que en las paredes de los molinos tenga un levantador con un ángulo 22.5° y altura de 12 mm con ello se obtiene un 9.69 kw.h/t con una producción del 32% de fino (Rosales, Andrade, Alvarado,Espinosa, & Nava, 2020).

La reducción de mineral que ingresa al molino con tamaño de 5mm a 250 mm se puede obtener entre 10 a 300 µm por ello es necesario seleccionar el parámetro de reducción adecuada para la liberación del mineral. El 50% del consumo de energía se aplica en la liberación de las partículas de los minerales (Mills, 1994).

2.1.1.1. Variables de molienda.

En el procesamiento de los minerales después del chancado y clasificación se realiza la molienda en ellos se tiene en consideraciones los factores que intervienen para una adecuada fragmentación de los

minerales los cuales son tamaño de mineral, porcentaje de sólido, carga moledora, velocidad de molienda, tiempo de molienda, dureza del mineral, etc. Los que permitirá una liberación adecuada en función del manejo de las variables citadas (Kelly & Spottiswood, 1990).

Tamaño de mineral: En mineral que ingresa a la molienda debe estar de acuerdo las dimensiones de los molinos en un proceso convencional se alimenta hasta $\frac{3}{4}$ " a 1" de tamaño produciendo entre malla 35 a 325 con un radio de reducción de 30 o mayor (Porras, 1997).

Porcentaje de sólido: En la molienda en húmeda se puede realizar entre 50% a 80% de solido esto va depender de su gravedad especifica por ello la densidad de molienda se puede tener entre 1700 g/L a 2000 g/L (Porras, 1997).

Velocidad de molienda: para una adecuada molienda se debe tener en consideración una fracción de la velocidad crítica entre 70 a 85% de su velocidad critica para obtener una caída de las bolas en forma de catarata y cascada para aprovechar la máxima energía potencial para la fragmentación del mineral por impacto (Egas, 1985).

Tiempo de molienda: Es el espacio transcurrido desde que ingresa el mineral al molino hasta que salga de ello. El tiempo óptimo de molienda está en función a la liberación de un mineral este tiempo de molienda debe cumplir que el mineral obtenido en el caso polimetálico en promedio del 50% a 60% pasante a la malla 200.

Carga moledora: La carga moledora está conformado por bolas de acero cromo magnesio ocupando el 45% del volumen interno del molino de lo contrario se tendría una dificultad que las bolas se salgan por la boca de descarga del molino, pero si se tiene una parrilla en la boca de descarga se podría tener un 50%. Para calcular el volumen de bolas del molino se podría

utilizar la fórmula: $\%Voluen\ de\ carga\ moledora = \frac{H_c}{D_M}$ de donde H_c es la altura desde la

carga de la bola en estado estacionaria al diámetro interior del molino y D_M es el diámetro interior del molino (Kelly & Spottiswood, 1990).

Flotación de minerales.

La flotación es un proceso fisicoquímico para la separación de minerales en su estado sólido para ello se debe utilizar reactivos para la coacción de los minerales de interés y la depresión de las gangas para ello se realiza en un medio diluido que está conformado por una fase solido de mineral, fase líquida el agua y fase gaseosa el aire (Corrie & Chia, 1984). El proceso que ocurre para la flotación primero se acondicionan el mineral adicionando los colectores que permite adherirse a la superficie del mineral y cambia las condiciones a hidrofóbica y son direccionado por fuerzas de las burbujas, mientras que las gangas con la adición de los depresores se convierten en hidrofílico y son atraído por el agua. El mineral hidrofóbico en la zona de mezcla es mezclado y atraído por las burbujas, luego suben a la zona mineralización por el movimiento y luego pasan a la zona de separación donde se separan de las gangas para luego ser arrastrado a sí a la superficie y evacuado a los canales de concentrado (sutulov, 1963).

2.1.2. Variables de flotación.

Para la flotación coexisten diferentes condiciones desde la molienda acondicionamiento y flotación donde se deben de tener en cuenta los siguientes tamaños de granulometría del mineral, la mineralogía, tiempo de acondicionamiento, tiempo de flotación, densidad de pulpa, velocidad de agitación, flujo de aire, pH, carga circulante, dosificación de reactivo, etc. (Azañero, 2015).

2.1.2.1. pH.

el medio de la pulpa en cuanto a su estado de ácidos, neutro y básica es importante al momento de realizar una flotación de los minerales ya que los minerales tienen un rango de pH para que pueda flotar o deprimir. El mineral compuesto de pirita, arsenopirita tiende a flotar en un pH ligeramente ácido, el plomo en un pH ligeramente alcalina, mientras que el cobre, zinc se pueda flotar un pH básico intermedia y alto. Otro de las condiciones es que los reactivos en ciertas condiciones pueden tener presente en las soluciones en forma iones como el caso del cianuro a un pH de 10.2 el 90% se encuentra como cianuro libre CN^- , mientras que a un pH de 8.4 el 90% se encuentra como cianuro de hidrogeno gas HCN^- (Azañero, 2015).

2.1.2.2. Granulometría de mineral.

El mineral para el proceso de flotación debe estar en un tamaño entre la malla 48 (300 μm) a la malla 800 (18 μm) en condiciones prácticas entre 50% a 60% pasante a la malla 200 para la flotación tanto para el oro plata y los minerales polimetálicos, los minerales finos traen dificultades en la flotación, perjudicando la flotación de las partículas mineralizado, las partículas finas no tienen suficiente espacio para ser adherida a las burbujas por lo que no se puede recuperar (Azañero, 2015).

2.1.2.3. Mineralogía

En la flotación la composición de la especie es importante para la toma de decisiones si se encuentran amarrado libre y que minerales se encuentran en función a ello es que se realiza la liberación y la adición de los reactivos de flotación para obtener una calidad y recuperación del concentrado.

2.1.2.4. *Tiempo de acondicionamiento.*

Es el espacio que se emplea para que los reactivos tengan efecto de adhesión sobre las superficies de mineral para que se la hidrofóbica o hidrofílico es decir sean activada o deprimida. El efecto turbulento de acondicionamiento de la pulpa con agitadores de hélice de tres aspas y de turbina depende de la transferencia de la energía de acondicionamiento, agitación y dosificación de reactivos a minerales finos se incrementó de 40% a 80% de flotabilidad (Valderrama, Espoz, & Bolívar, s/f).

2.1.2.5. *Tiempo de flotación.*

El tiempo de flotación de los minerales depende de su comportamiento de la mineralización en los casos de minerales polimetálicos está en tiempo de 2 minutos con ello en el circuito rougher puede tener un tiempo de flotación entre 6 a 8 minutos para el plomo para una densidad de pulpa entre 25% a 35% (Jaico, 2009).

2.1.2.6. *Densidad de pulpa.*

La dilución del mineral y el agua es importante en el proceso de flotación, encontrándose entre 25% a 35% de sólido, cuando se trabaja a una densidad extrema de 40% a más la velocidad de flotación disminuye, mientras que a una densidad de 20% a 30% no se alteran la recuperación (Azañero, 2015), por ello es conveniente buscar una densidad de pulpa para cada mineral para el ingreso al proceso, se puede tener una línea base en promedio de 1.35g/cm^3 de densidad de pulpa.

2.1.2.7. Velocidad de agitación.

Es una de las condiciones para el buen funcionamiento de la celda de flotación como la mezcla de la pulpa, formación de espuma de aire para adhesión de los reactivos y mineral. La agitación de las celdas debe de ser moderada, si se realiza una agitación excesiva tiende a rebalsarse las celdas, cuando la agitación es deficiente no se forman las burbujas. La velocidad de agitación está relacionada con el diámetro de los impulsores y el flujo de alimentación si es 760 mm de diámetro de impulsor la velocidad de agitación es 191 rpm/min para un flujo de 5 a 10 m³/min (Henan Daiwo Machinery, 2020).

2.1.2.8. Flujo de aire.

La cantidad de los gases o aire en la pulpa es fundamental para la formación de las burbujas que deben de tener una presión de 2 lbs/pulg² o 2 psi (Porras, 1997).

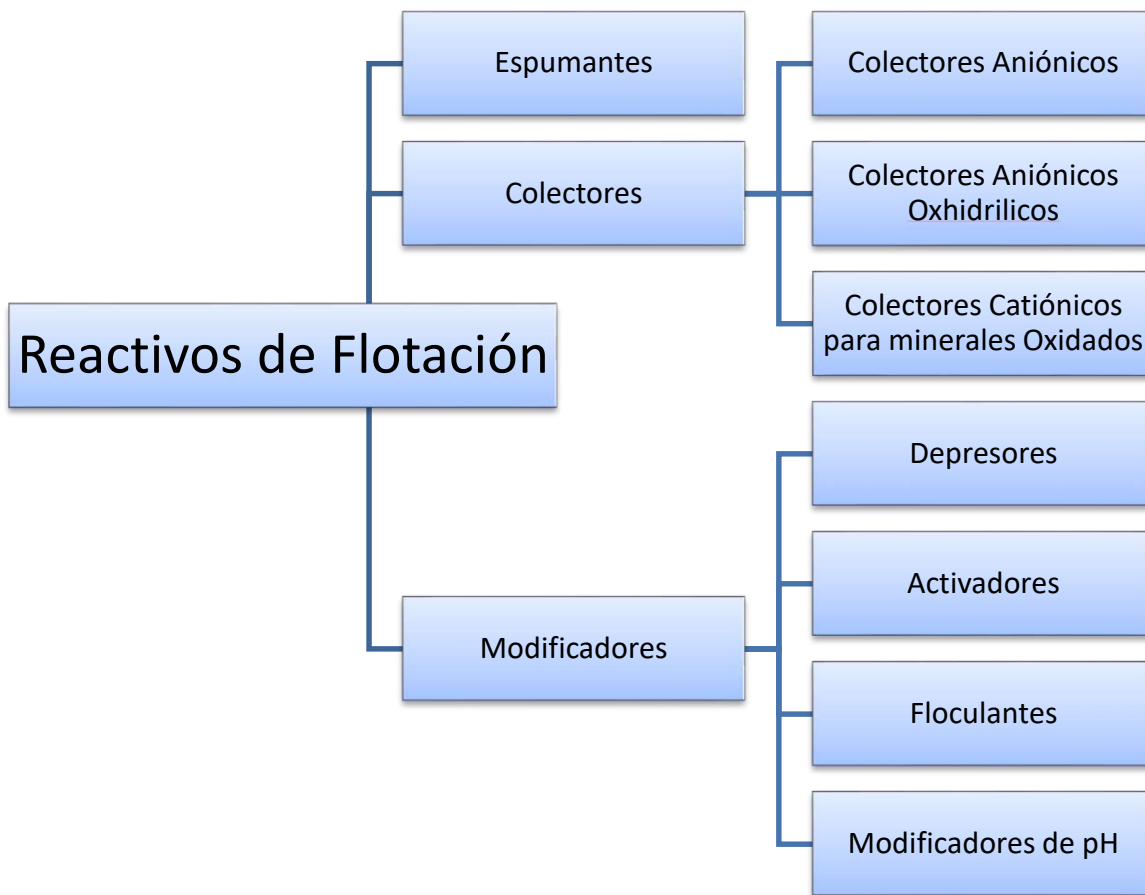
2.1.2.9. Carga circulante.

Es el material que retorna de los circuitos posteriores con la ley mayor igual a la alimentación fresca con reactivos lo que modifica a favor o en contra en el proceso de la floración disminuyendo la capacidad de tiempo o permanecía de los minerales.

2.1.2.10. Reactivos de flotación.

Los reactivos de flotación los compuestos orgánicos e inorgánicos que cumplen las condiciones de darle ciertas condiciones de modificador de pH, colector, espumante, depresor, etc.

Figura 1
Reactivos para la flotación de minerales



Nota: Fuente (Porras, 1997).

Espumantes: Son los reactivos que permite darle estabilidad a las burbujas, que no se rompan las burbujas para la recolección de los minerales valioso y su transporte a la superficie, por otra parte, permite que las burbujas tengan un tamaño pequeño, intermedio o grande. El tamaño de burbuja en una celda columna tiene una eficiencia entre 0.5 a 2 mm los que pueden llegar a la superficie de la celda, mientras que las de 0.2 a 0.4 mm no llegan a la superficie de la celda (Yanatos, 2005). Los espumantes más usado se tiene MIBC en un rango de 0.025 a 0.045 kg/t, aceite de pino, el cresol ácido cresílico, el frother (F-210, F-250, F-700) empleado en la flotación de Pb-Ag-Zn y Cu-Pb, Ag-Zn entre 10 a 70 g/t, Dowfroth (D200, D250, D1012) empleado en una mezcla con el agua para minerales de Ag-Pb-Zn-Cu-Au (Porras, 1997).

Colectores: Son reactivos que permite la modificación de la superficie de los minerales haciendo hidrofóbico para ser atraídos por las burbujas presente en las celdas entre ellos los más empleados se tiene los Xantatos y los Ditiofosfatos (Azañero, 2015).

Los Xantatos más empleados en la minería se tiene Z-6 (Xantato amílico de potasio) es un colector muy fuerte por ello se emplea en proceso donde se necesita alto grado de colección, el consumo en el proceso industriales se encuentra entre 0.045 kg/t a 0.091 kg/t y el Z- 11(Xantato isopropílico de sodio) es el colector más usado por su elevado poder colector y su consumo se encuentra entre 0.025 kg/t a 0.140 kg/t (Porrás, 1997).

Los colectores Ditiofosfatos son reactivos que se emplean como promotores para minerales sulfurosos. Entre ellos tenemos A-25 que se emplea en un rango de 0.02 a 0.09 kg/t, A-31 en un rango de 0.02 a 0.09 kg/t, A-208 entre 0.005 a 0.05 kg/t, A-404 empleado en un rango de 0.009 a 0.07 kg/t (Porrás, 1997).

Depresores: Son reactivos que químicos orgánicos e inorgánicos que cumplen la función de modificar la superficie del mineral siéndolo hidrofílico y tengan afinidad con el agua y no tengan la posibilidad de ser atraído por la burbuja entre ellos tenemos el sulfato de zinc rango de consumo entre 0.25 a 0.70 kg/t, cianuro de sodio entre 0.015 a 0.14 kg/t, sulfito de sodio, bisulfito de sodio entre 0.25 a 0.10 kg/t, silicato de sodio 0.20 a 0.4 kg/t, sulfuro de sodio, etc. Modificadores de pH: Son los reactivos químicos ácidos y bases entre ellos los más empleados tenemos el ácido sulfuro consumo entre 0.25 a 0.92 kg/t, oxido de calcio, carbonato de sodio, hidróxido de sodio consumo entre 0.23 a 1.40 kg/t, etc.

Activadores: Compuestos químicos que permite reactivar la flotabilidad a los minerales que han sido deprimido y a los minerales oxidas teniendo la función es elevar la adsorción de los colectores entre la superficie del mineral y colector. Entre ellos tenemos el sulfato de cobre rango de consumo 0.115 a 0.500 kg/t, sulfuro de sodio, sulfidrato de sodio, sulfato ferrico, etc.

2.1.3. Flotación de minerales de plomo.

En el proceso de la flotación de plomo los minerales más comunes es la blenda y acompañado de minerales oxido como la cerusita y anglesita. Es un mineral de alta densidad la galena en el proceso de molienda cuando se excede se forma lama y esto dificulta en el proceso de flotación por ello es necesario utilizar celdas de unitarias para la flotación directa de la molienda sin ser clasificado. La galena flota fácilmente con los Xantato etílico o isopropílico con los promotores A-3418, A-241, A-242 son más selectivos cuando se tiene sulfuro de zinc y hieiro. Cuando se tiene minerales de galena argentita se puede dosificar por etapas A-3418 y A-242, con la presencia de minerales de galena alterada se emplea el A-404 en un rango de 2 a 10 g/t (Cytec, 2002).

2.1.3.1. Celda flash.

Los procesos de flotación en las celdas flash puede trabajar con materiales gruesos proviniéndose de la molienda sin ser clasificado y en menor tiempo. El empleo de una celda flash skim air la concentración del plomo en la malla +140 tiene un 12.69% de plomo y 9.33% de plata un porcentaje importe (Manzaneda, 2004).

El empleo de las celdas flash SK240 y SK80 a la descarga de la molienda se tiene una flotabilidad de plomo de granulometría grueso permitiendo una eficiencia en la flotación de mineral de plomo cobre, zinc en la Compañía minera Raura (Cortes, 2009).

En las operaciones de la compañía minera Volcán las descargas de los molinos 7'x'8 y 8'x10' se alimenta a la celda flash SK-240 se obtiene un concentrado de calidad de plomo grueso lo que permite una filtración optima y minimiza el desplazamiento del plomo al circuito de cobre y el consumo de bicromato de sodio (Castellares, 2009).

2.2 Definición de términos básicos

- a. **Calidad:** Es la propiedad inherente que permite caracterizar juzga o valorar respecto las leyes de mineral de cabeza, concentrado y relave.
- b. **Celda flash:** Es un reactor que permite una flotación de los minerales gruesos de alta densidad y rápido permitiendo optimizar el proceso metalúrgico.
- c. Celdas unitarias:
- d. **Densidad de pulpa:** Es una mezcla de mineral y agua en forma pastosa o fluido de acuerdo el porcentaje del sólido.
- e. **Flotación:** Es el proceso de separación de los minerales que se encuentran adherido a las burbujas de aire que será evacuado a la parte superior con el movimiento mecánico y el flujo de aire.
- f. **Granulometría:** Es el tamaño de grano de mineral que se puede distribuir en las diferentes mallas de acuerdo su tamaño.
- g. **Implementación:** Es la incorporación de un equipo a un proceso con la finalidad de mejorar la producción.
- h. **Molienda secundaria:** Es la molienda que es alimentado de la clasificación gruesa para la liberación de los minerales.
- i. **Molienda:** Es el proceso de fragmentación de los minerales por abrasión, impacto de

cascada y catarata con la finalidad de liberar los minerales existentes en una mena.

- j. **Plomo grueso:** Tiene una granulometría superior a la malla 140 que no se puede recuperar en una celda convencional.
- k. **Recuperación:** Es la relación lo que se ha obtenido multiplicado por cien entre lo que tenías inicialmente antes de ingresar al proceso.
- l. **Desplazamiento:** Es la integración de los minerales a los otros circuitos que no lo pertenece.

2.3 Hipótesis de investigación

2.3.1 Hipótesis general

Con una implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C

2.3.2 Hipótesis específicas

- Con una granulometría gruesa adecuada alimentación a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementado la calidad del concentrado.
- Una celda unitaria de alta densidad permite una flotación de mineral grueso incrementar la recuperación.

2.4 Operacionalización de las variables

Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C

Tabla 1
Operacionalización de las variables e indicadores

| Variable | Concepto | Dimensiones | Indicador |
|------------------------------|---|-------------|---|
| Independiente | | | |
| Implantación celdas unitaria | Se adiciona una celda de alta densidad con la finalidad de flotar material grueso y evitar regresar del plomo a la molienda donde se produce lamas. | Factores | - Granulometría de mineral grueso. - Flotación |
| Dependiente | | | |
| Mejora la flotación de plomo | Es el camino de flotar mineral grueso incrementado su flotación y recuperación del plomo grueso. | Rango | - Calidad - Recuperación |
| Intervinientes | | | |
| Componentes intervinientes | Son aquellas variables que intervienen en la flotación, pero no están sujetos a la evaluación. | Factores | - Densidad de pulpa - Tiempo de agitación. - Inyección de aire - Velocidad |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación.

Se emplearán una investigación aplicada en el estudio sobre “Implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C” ya que se usará información básica para aplicar en el proceso industrial para mejorar la flotación de plomo grueso y evitar la remolienda (Carrasco, 2010).

3.1.2. Diseño de la Investigación.

Se emplearán el diseño no experimental transversales correlacionales ya que se pretender evaluar el efecto tendrá el empleo de una celda de alta densidad en la flotación y recuperación de plomo es decir la relación de hechos y fenómenos de la realidad del proceso de flotación (Carrasco, 2010).

3.1.3. Enfoque de la Investigación.

En el estudio a realizar se empleará el enfoque cuantitativo ya que la información a recopilar será de la observación del proceso de flotación lo que se procesará mediante la cuantificación. “El enfoque cuantitativo su objetivo es medir variables susceptibles a ser cuantificados” (Galiano, 2004, pág. 15).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población a considerar para el trabajo de la investigación se tiene la capacidad de producciones decir el flujo del proceso de planta que se está tratando 1600 toneladas por día.

3.2.2 Muestra

La muestra para el estudio es una muestra probabilista de aleatoriedad simple (Silvestre & Huamán, 2019), para ello se extraerá aproximadamente 500 gramos de muestra solida cada dos horas y 500 ml de pulpa en el mismo periodo de tiempo que serán acumulado durante la guardia para luego llevar al laboratorio para la preparación de la muestra, ensayos y su caracterización.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1. Técnicas a emplear.

a. Observación sistemática Directa.

En el estudio a realizarse se emplearán la técnica de la observación ya que los datos recopilación de proceso de flotación se llevarán a laboratorio para su ensayo y análisis para obtener la información requerida. La observación es la forma recopilar información del estudiar de fenómenos, hechos y acontecimiento (Fernández, 2004).

b. Observación Sistemática Indirecta.

Los instrumentos para la recolección de los datos tanto de los minerales sólidos, densidad de pulpa, distribución de malla y las leyes para ello es necesario el empleo de lista de cotejo ya que permite la recopilación de los datos, hechos y fenómeno (Martínez & Galán, 2014).

c. Observación experimental.

Para el procesamiento de los datos recopilado se emplearán la matemática estadística cuantitativa de intervalo o razón (Ñaupas, Palacios, Romero, & Valdivia, 2018) con la finalidad de obtener tablas, gráficos, promedio, media, desviación estándar, análisis de varianza, regresión lineal, etc. Para ello se

utilizará paquetes estadísticos como Minitab la versión liberada y Excel, etc. Con ellos permitirá procesar los datos obtenidos del proceso de flotación empleando celdas de alta densidad. Mientras que para el procesamiento de la información se emplearan procesador de texto Word y el pdf para la distribución y publicación de la información.

d. Otras Técnicas.

Técnica de cuestionario.
cuestionario.

3.3.2. Descripción de los instrumentos.

- a. Ficha de observación.
- b. Lista de cotejo.
- c. Escalas libreta de notas.
- d. Filmadora, cámara fotográfica y grabadora.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Se usará el análisis estadístico y matemático, usando programas de cálculo como Excel, JKSINMET, MOLYCOP TOOLS, MINITAB 16, para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios, medianas, desviación estándar, ecuaciones por regresión y otros.

3.5 Matriz de Consistencia.

Tabla 2
Matriz de consistencia.

| | Problema | Objetivo | Hipótesis | Variable | Dimensión | Metodología | |
|------------|---|---|--|--|--|---|--|
| Generales | ¿En qué medida la implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa SAC? | Comprobar si la implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C. | Con una implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C | Independiente • Implementación celda unitaria | Factor | Tipo de investigación: aplicada | |
| | | | | Dependiente. Mejorar la flotación de plomo | | Rango | Nivel de Investigación: explicativa |
| Específico | ¿En qué medida una granulometría gruesa adecuada alimentada a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementado la calidad del concentrado? | Evaluar el material ingresante de granulometría gruesa adecuada a la alimentación a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementado la calidad del concentrado. | Con una granulometría gruesa adecuada alimentación a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementado la calidad del concentrado. | Independiente - Granulometría | Factor | Diseño de Investigación: no experimental | |
| | | | | Dependiente. - Calidad | Rango | Enfoque de Investigación: cuantitativa | |
| | ¿En qué medida una celda unitaria de alta densidad permite una flotación de mineral grueso e incrementa la recuperación del plomo? | Evaluar la celda unitaria de alta densidad en qué medida permite una flotación de mineral grueso e incrementa la recuperación. | Una celda unitaria de alta densidad permite una flotación de mineral grueso | Incrementar la recuperación. | Independiente - Flotación de mineral de plomo | Factor | Población Muestra: Sólida y pulpa. |
| | | | | | Dependiente. - Recuperación | Rango | Técnica Recolección Datos: Observación |
| | | | | | | Técnica Procesamiento Información: Estadística de intervalo | |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1. Datos recopilados antes y después de la instalación de la celda SK80

Tabla 3

Antes de la implementación de la celda SK80

| N° | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
|----|--------|----------------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 53,00 | 1650 | 1,30 | 54,29 | 83,38 |
| 2 | 55,25 | 1600 | 1,48 | 45,37 | 84,02 |
| 3 | 55,75 | 1620 | 1,27 | 55,05 | 84,50 |
| 4 | 53,50 | 1640 | 2,21 | 58,51 | 88,25 |
| 5 | 52,51 | 1580 | 2,38 | 57,70 | 90,13 |
| 6 | 54,25 | 1490 | 2,43 | 57,90 | 88,31 |
| 7 | 53,00 | 1520 | 2,53 | 57,74 | 87,96 |
| 8 | 55,25 | 1630 | 2,44 | 58,80 | 86,42 |
| 9 | 51,75 | 1450 | 2,42 | 57,50 | 86,28 |
| 10 | 53,25 | 1590 | 2,56 | 59,54 | 88,75 |
| 11 | 53,51 | 1500 | 2,65 | 59,71 | 89,05 |
| 12 | 50,91 | 1610 | 2,39 | 59,91 | 88,36 |
| 13 | 52,78 | 1570 | 2,22 | 61,95 | 88,76 |
| 14 | 54,00 | 1560 | 2,75 | 61,93 | 89,85 |
| 15 | 54,50 | 1610 | 2,51 | 60,50 | 89,51 |
| 16 | 55,51 | 1490 | 2,50 | 59,54 | 90,22 |
| 17 | 55,50 | 1630 | 2,20 | 60,77 | 89,83 |
| 18 | 57,50 | 1490 | 1,98 | 61,13 | 87,14 |
| 19 | 55,25 | 1570 | 2,04 | 60,50 | 88,52 |
| 20 | 54,48 | 1620 | 2,27 | 58,27 | 89,90 |
| 21 | 56,50 | 1530 | 2,36 | 58,99 | 90,49 |
| 22 | 56,24 | 1600 | 1,47 | 53,68 | 83,52 |
| 23 | 58,49 | 1570 | 1,39 | 46,32 | 81,84 |
| 24 | 54,48 | 1480 | 2,27 | 58,16 | 88,67 |
| 25 | 56,00 | 1590 | 2,29 | 58,00 | 88,75 |
| 26 | 53,75 | 1480 | 2,49 | 57,39 | 89,75 |
| 27 | 56,25 | 1610 | 2,24 | 56,56 | 90,17 |
| 28 | 57,25 | 1570 | 2,37 | 57,09 | 90,29 |
| 29 | 52,24 | 1490 | 2,27 | 57,43 | 89,08 |
| 30 | 57,08 | 1630 | 2,21 | 57,96 | 88,38 |

En la tabla 3 se describen los 30 datos del %-200m, densidad de pulpa g/L, ley de cabeza %Pb,

ley de concentrado %Pb y la recuperación del plomo del proceso normal.

Tabla 4
Antes de la implementación de las celdas SK80

| N° | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
|----|--------|----------------|----------|-----------|-----------|
| 32 | 53,14 | | 2,30 | 54,96 | 89,28 |
| 33 | 53,15 | | 2,31 | 54,56 | 89,24 |
| 34 | 52,51 | | 2,04 | 56,48 | 87,98 |
| 35 | 55,01 | | 2,21 | 55,06 | 88,78 |
| 36 | 51,74 | | 2,43 | 54,89 | 90,37 |
| 37 | 53,26 | | 2,51 | 53,79 | 90,04 |
| 38 | 53,25 | | 2,34 | 52,56 | 89,02 |
| 39 | 56,00 | | 2,30 | 50,97 | 88,90 |
| 40 | 51,80 | | 2,06 | 50,84 | 88,29 |
| 41 | 50,77 | | 2,09 | 51,17 | 88,80 |
| 42 | 56,52 | | 2,03 | 52,80 | 86,79 |
| 43 | 54,80 | | 2,26 | 55,56 | 88,95 |
| 44 | 51,10 | | 2,18 | 56,62 | 87,74 |
| 45 | 52,75 | | 2,13 | 57,03 | 87,33 |
| 46 | 51,68 | | 1,95 | 60,21 | 87,62 |
| 47 | 56,00 | | 1,84 | 59,99 | 87,57 |
| 48 | 52,51 | | 2,10 | 54,63 | 90,06 |
| 49 | 52,46 | | 2,21 | 54,14 | 89,11 |
| 50 | 53,50 | | 2,29 | 56,52 | 90,31 |
| 51 | 51,00 | | 2,58 | 55,90 | 90,35 |
| 52 | 52,50 | | 2,49 | 56,12 | 89,70 |
| 53 | 51,97 | | 2,80 | 58,00 | 90,37 |
| 54 | 54,50 | | 2,59 | 57,81 | 90,22 |
| 55 | 50,00 | | 2,70 | 61,83 | 90,06 |
| 56 | 52,99 | | 2,80 | 58,87 | 89,12 |
| 57 | 53,00 | | 2,56 | 59,32 | 90,55 |
| 58 | 53,50 | | 2,59 | 57,05 | 90,14 |
| 59 | 52,50 | | 2,43 | 58,20 | 90,87 |
| 60 | 51,50 | | 2,38 | 56,22 | 91,75 |
| 61 | 52,62 | | 2,49 | 57,70 | 90,83 |

En la tabla 4 se describen los 30 datos del %-200m, ley de cabeza %Pb, ley de concentrado %Pb y la recuperación del plomo del proceso normal. Teniendo una población de 61 datos.

Tabla 5
Después de la implementación de la celda SK80

| N° | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
|-----------|---------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | 49,75 | 1650 | 2,23 | 61,29 | 90,39 |
| 2 | 53,25 | 1600 | 2,24 | 60,95 | 90,10 |
| 3 | 53,03 | 1620 | 2,32 | 63,45 | 90,73 |
| 4 | 51,99 | 1640 | 2,60 | 64,37 | 91,13 |
| 5 | 55,51 | 1580 | 2,69 | 59,20 | 90,69 |
| 6 | 55,00 | 1490 | 3,06 | 59,09 | 92,02 |
| 7 | 54,51 | 1520 | 3,49 | 57,51 | 92,41 |
| 8 | 54,50 | 1630 | 2,60 | 61,93 | 86,13 |
| 9 | 54,21 | 1450 | 2,65 | 58,04 | 90,70 |
| 10 | 54,38 | 1590 | 3,21 | 69,13 | 91,84 |
| 11 | 52,48 | 1500 | 3,20 | 68,00 | 89,86 |
| 12 | 53,50 | 1610 | 3,39 | 64,88 | 91,71 |
| 13 | 52,24 | 1570 | 2,65 | 60,86 | 87,85 |
| 14 | 51,50 | 1560 | 3,08 | 58,05 | 89,64 |
| 15 | 55,50 | 1610 | 3,00 | 61,65 | 91,33 |
| 16 | 51,49 | 1490 | 2,67 | 60,60 | 90,69 |
| 17 | 53,48 | 1630 | 2,50 | 62,23 | 89,20 |
| 18 | 58,50 | 1490 | 2,65 | 61,84 | 89,85 |
| 19 | 54,01 | 1570 | 2,65 | 62,54 | 90,70 |
| 20 | 58,09 | 1620 | 2,55 | 64,00 | 91,13 |
| 21 | 52,25 | 1530 | 2,35 | 64,44 | 87,87 |
| 22 | 50,50 | 1600 | 2,37 | 56,98 | 89,29 |
| 23 | 52,75 | 1570 | 2,50 | 63,38 | 90,23 |
| 24 | 54,50 | 1480 | 2,40 | 57,47 | 88,51 |
| 25 | 53,75 | 1590 | 2,44 | 62,36 | 87,64 |
| 26 | 53,70 | 1480 | 2,44 | 63,41 | 90,14 |
| 27 | 50,44 | 1610 | 2,40 | 60,96 | 88,05 |
| 28 | 57,25 | 1570 | 2,16 | 63,14 | 88,82 |
| 29 | 53,72 | 1490 | 2,25 | 57,39 | 88,02 |
| 30 | 57,12 | 1563 | 2,64 | 61,55 | 89,96 |

En la tabla 5 se describen los 30 datos del %-200m, densidad de pulpa g/L, ley de cabeza %Pb, ley de concentrado %Pb y la recuperación del plomo del proceso después de la instalación de la celda SK-80.

Tabla 6
Después de la implementación de las celdas SK80

| N° | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
|----|--------|----------------|----------|-----------|-----------|
| 31 | 52,40 | | 2,93 | 64,54 | 89,85 |
| 32 | 51,75 | | 2,87 | 62,00 | 88,60 |
| 33 | 50,00 | | 2,80 | 67,66 | 89,88 |
| 34 | 50,00 | | 2,53 | 64,45 | 87,64 |
| 35 | 54,75 | | 2,54 | 62,94 | 90,01 |
| 36 | 51,25 | | 2,72 | 61,34 | 89,70 |
| 37 | 50,80 | | 2,53 | 59,15 | 89,95 |
| 38 | 52,75 | | 2,56 | 59,69 | 90,63 |
| 39 | 54,69 | | 2,59 | 60,24 | 91,31 |
| 40 | 53,01 | | 2,51 | 65,22 | 90,75 |
| 41 | 51,84 | | 2,69 | 67,31 | 92,18 |
| 42 | 52,34 | | 2,88 | 61,96 | 92,33 |
| 43 | 53,70 | | 2,72 | 63,68 | 91,85 |
| 44 | 48,75 | | 2,71 | 67,25 | 90,85 |
| 45 | 48,90 | | 2,73 | 66,19 | 90,86 |
| 46 | 53,84 | | 2,59 | 58,51 | 90,98 |
| 47 | 53,09 | | 2,67 | 56,83 | 91,13 |
| 48 | 51,95 | | 2,59 | 62,81 | 91,11 |
| 49 | 51,95 | | 2,49 | 59,81 | 91,36 |
| 50 | 52,01 | | 2,44 | 62,38 | 89,41 |
| 51 | 54,51 | | 2,45 | 60,30 | 90,01 |
| 52 | 52,44 | | 2,65 | 60,47 | 91,01 |
| 53 | 52,13 | | 2,60 | 60,05 | 90,40 |
| 54 | 40,34 | | 2,63 | 60,31 | 89,29 |
| 55 | 50,75 | | 2,65 | 66,69 | 88,76 |
| 56 | 44,18 | | 2,54 | 62,72 | 90,30 |
| 57 | 44,38 | | 2,58 | 66,34 | 90,14 |
| 58 | 53,79 | | 2,71 | 66,86 | 90,55 |
| 59 | 52,62 | | 2,48 | 67,02 | 88,89 |
| 60 | 53,22 | | 2,34 | 65,27 | 91,04 |
| 61 | 55,56 | | 2,48 | 64,74 | 91,72 |

En la tabla 6 se describen los 31 datos del %-200m, ley de cabeza %Pb, ley de concentrado %Pb y la recuperación del plomo del proceso después de la instalación de la celda SK-80. Obteniendo un total de 61 datos para la evaluación.

Tabla 7
Concentrados de las celdas SK80 y SK240 Bulk y Con. final Pb

| N° | Fecha | SK-80 (%Pb) | SK-80 (Rec. Pb) | SK-240 (%Pb) | Bulk (% Pb) | Con. Final (% Pb) |
|----|------------|-----------------------|---------------------------|-----------------|----------------|----------------------|
| 01 | 24/09/2021 | 70,55 | 21,42 | 63,70 | 56,31 | 58,30 |
| 02 | 25/09/2021 | 63,59 | 15,92 | 62,15 | 59,87 | 57,43 |
| 03 | 26/09/2021 | 72,11 | 11,29 | 61,75 | 60,02 | 54,36 |
| 04 | 27/09/2021 | 66,55 | 31,89 | 57,47 | 60,19 | 53,39 |
| 05 | 28/09/2021 | 69,19 | 11,98 | 56,71 | 61,15 | 54,58 |
| 06 | 29/09/2021 | 62,51 | 16,81 | 56,25 | 60,29 | 53,71 |
| 07 | 30/09/2021 | 66,42 | 27,73 | 55,16 | 61,09 | 54,63 |
| 08 | 01/10/2021 | 66,89 | 33,07 | 55,93 | 59,30 | 54,27 |
| 09 | 02/10/2021 | 63,69 | 5,59 | 55,02 | 60,17 | 54,52 |
| 10 | 03/10/2021 | 65,29 | 9,58 | 57,35 | 60,61 | 57,79 |
| 11 | 04/10/2021 | 63,41 | 23,51 | 59,75 | 60,19 | 60,73 |
| 12 | 15/10/2021 | 65,57 | 20,46 | 64,39 | 62,14 | 64,37 |
| 13 | 16/10/2021 | 68,62 | 19,18 | 65,15 | 62,43 | 65,47 |
| 14 | 17/10/2021 | 58,23 | 10,44 | 63,04 | 53,25 | 67,92 |
| 15 | 18/10/2021 | 70,99 | 32,68 | 67,33 | 57,42 | 69,30 |
| 16 | 19/10/2021 | 65,20 | 12,66 | 66,31 | 58,15 | 59,23 |
| 17 | 20/10/2021 | 69,36 | 24,43 | 63,99 | 50,56 | 59,09 |
| 18 | 21/10/2021 | 62,30 | 27,84 | 58,32 | 59,06 | 61,06 |
| 19 | 22/10/2021 | 61,81 | 16,66 | 66,63 | 61,37 | 57,68 |
| 20 | 23/10/2021 | 65,89 | 19,16 | 65,85 | 54,24 | 55,37 |
| 21 | 11/11/2021 | 63,57 | 31,21 | 57,81 | 64,79 | 55,62 |
| 22 | 12/11/2021 | 61,08 | 18,43 | 56,70 | 59,66 | 48,77 |
| 23 | 13/11/2021 | 64,52 | 14,61 | 49,50 | 62,05 | 53,81 |
| 24 | 14/11/2021 | 60,54 | 24,94 | 62,82 | 58,11 | 60,13 |
| 25 | 15/11/2021 | 66,63 | 15,60 | 55,97 | 61,32 | 52,12 |
| 26 | 16/11/2021 | 61,90 | 11,66 | 52,35 | 62,88 | 52,44 |
| 27 | 17/11/2021 | 61,68 | 21,37 | 52,58 | 54,89 | 52,40 |
| 28 | 18/11/2021 | 71,90 | 38,94 | 59,16 | 61,59 | 61,11 |
| 29 | 19/11/2021 | 72,47 | 12,59 | 65,29 | 63,07 | 65,20 |
| 30 | 20/11/2021 | 72,96 | 30,41 | 61,95 | 61,19 | 64,19 |
| 31 | 21/11/2021 | 68,99 | 35,23 | 71,16 | 62,72 | 66,97 |
| 32 | 22/11/2021 | 68,60 | 25,69 | 62,18 | 62,73 | 65,51 |

En la tabla 7 se describen los 32 datos de la calidad de plomo %Pb SK-80, Recuperación de %PbSK-80, calidad de plomo %Pb SK-240, calidad de plomo %Pb flotación bulk, calidad de plomo %Pb concentrado final.

4.1.2. Resultados del análisis antes y después de la instalación de la celda SK-80.

Los resultados de los concentrados de la celda SK-80 se describen en las tablas 8, 9 figura 2 y figura 3.

Tabla 8

Promedio de los parámetros antes de implementación de la SK80.

| | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
|----------|--------|----------------|----------|-----------|-----------|
| Mínimo | 50,00 | 1450,00 | 1,27 | 45,37 | 81,84 |
| Promedio | 53,78 | 1565,67 | 2,26 | 56,77 | 88,68 |
| Máximo | 58,49 | 1650,00 | 2,80 | 61,95 | 91,75 |

En la tabla 8 el rango de la liberación pasante a la malla 200 se tiene límite inferior de 50.00%, promedio de 53.78%, límite superior de 58.49%; para la densidad límite inferior de 1450 g/L, promedio de 1565.67 g/L, límite superior de 1650 g/L; ley de cabeza límite inferior de 1.27% Pb, promedio de 2.26% Pb, límite superior de 2.80% Pb; ley de concentrado límite inferior de 45.37% Pb, promedio de 56.77% Pb, límite superior de 61.95% Pb; la recuperación límite inferior de 81.84%, promedio de 88.68%, límite superior de 91.75%.

Tabla 9

Promedio de los parámetros después de la implementación de la SK80

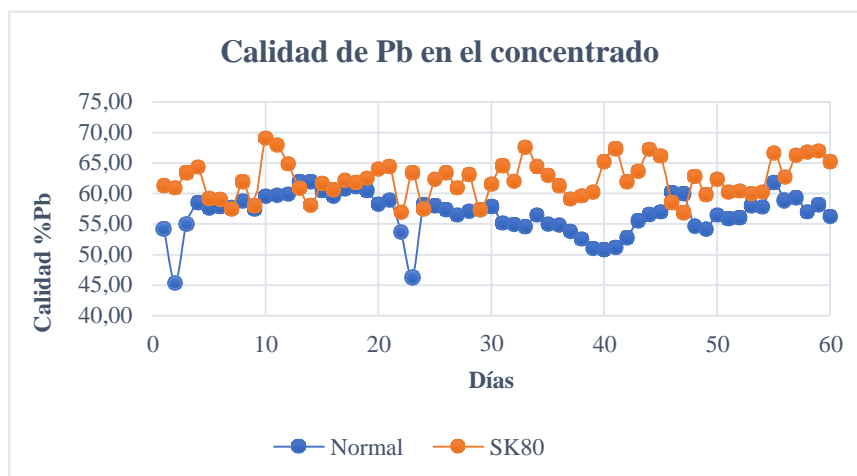
| | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
|----------|--------|----------------|----------|-----------|-----------|
| Mínimo | 40,34 | 1450,00 | 2,16 | 56,83 | 86,13 |
| Promedio | 52,57 | 1563,45 | 2,63 | 62,38 | 90,15 |
| Máximo | 58,50 | 1650,00 | 3,49 | 69,13 | 92,41 |

En la tabla 9 el rango de la liberación pasante a la malla 200 se tiene límite inferior de 40.34%, promedio de 52.57%, límite superior de 58.50%; para la densidad límite inferior de 14040 g/L, promedio de 1563.45 g/L, límite superior de 1650 g/L; ley de cabeza límite inferior de 2.15% Pb, promedio de 2.63% Pb, límite superior de 3.49% Pb; ley de concentrado límite inferior de

56.83% Pb, promedio de 62.38% Pb, límite superior de 69.13% Pb; la recuperación límite inferior de 86.13%, promedio de 90.15%, límite superior de 92.41%.

Figura 2

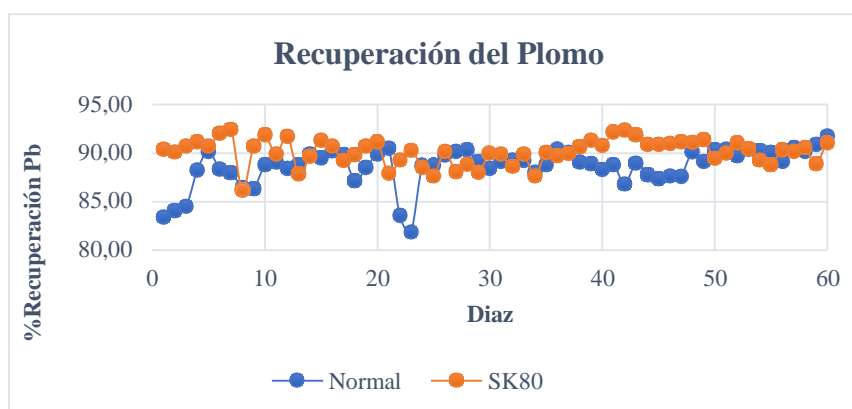
Calidad del concentrado de Pb antes y después de la implantación de la celda SK80



En la figura 2 la curva de la calidad del plomo en el concentrado después de la implementación de la celda SK80 se incrementa la calidad del plomo en el concentrado de plomo de cuerdo la curva de la calidad SK80 supera a la curva de calidad normal.

Figura 3

Recuperación del Pb antes y después de la implantación de la celda SK80



En la figura 3 la curva de la recuperación del plomo después de la implementación de la celda SK80 se incrementa ligeramente de acuerdo a la curva de la recuperación SK80 superando la recuperación normal.

4.1.3. Resultados del análisis de la calidad del concentrado en las celdas SK80, SK240, bulk y concentrado final.

La calidad del concentrado de plomo en la celda SK-80, SK240, concentrado bulk y concentrado final se describen en la tabla 10 y las figuras 4, 5,6,7,8.

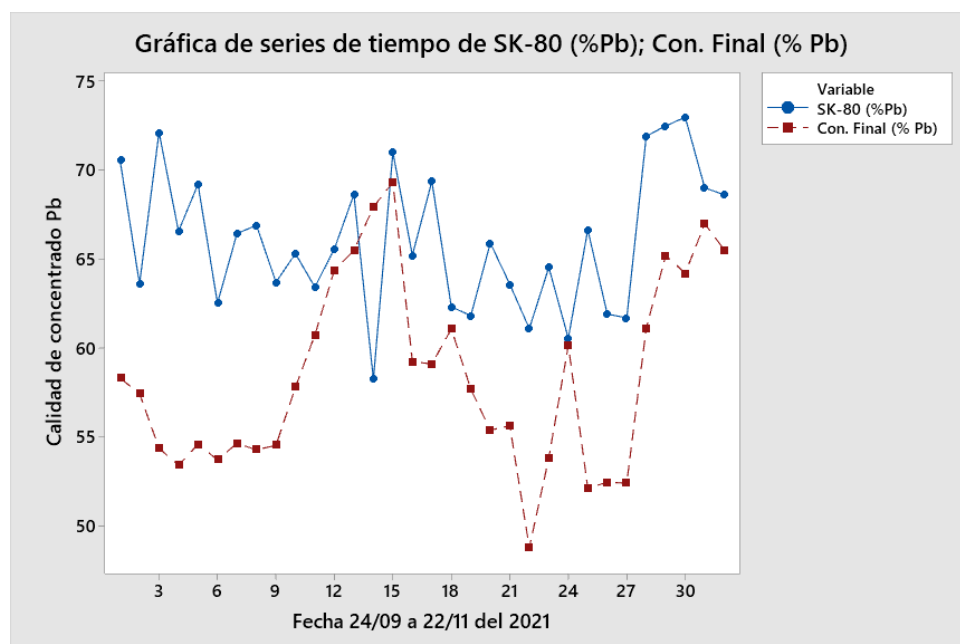
Tabla 10

Calidad de concentrado Pb SK80, SK240, bulk y concentrado final

| | SK-80 | SK-80 | SK-240 | Bulk | Con. Final |
|---------------------|-------|-----------|--------|--------|------------|
| | (%Pb) | (Rec. Pb) | (%Pb) | (% Pb) | (% Pb) |
| Máximo | 72,96 | 38,94 | 71,16 | 64,79 | 69,30 |
| Promedio | 66,03 | 21,03 | 60,30 | 59,77 | 58,48 |
| Mínimo | 58,23 | 5,59 | 49,50 | 50,56 | 48,77 |
| Desviación Estándar | 3,91 | 8,60 | 5,80 | 3,12 | 5,36 |

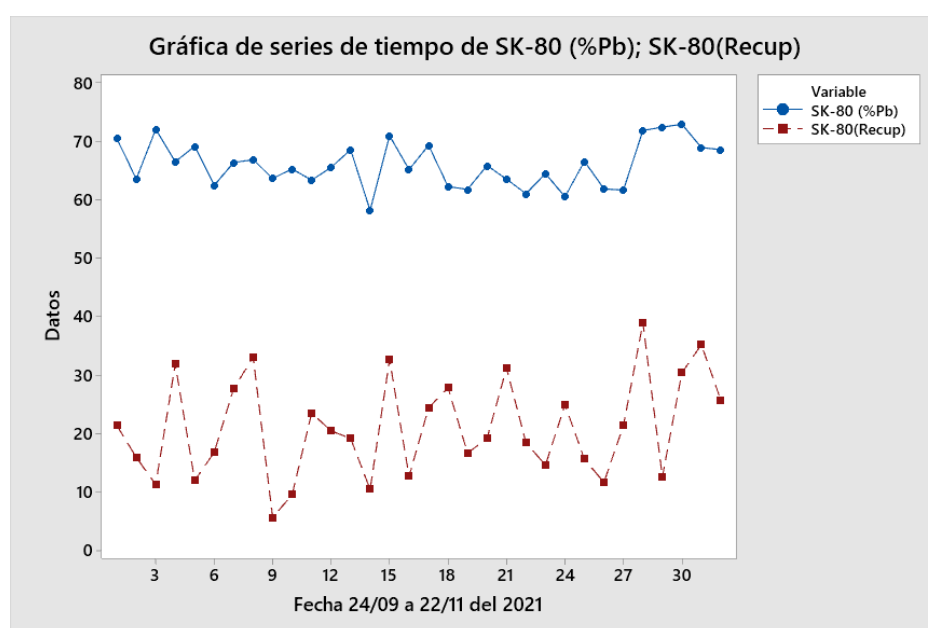
En la tabla 10 la calidad de plomo en el concentrado de la celda SK-80 se obtuvo como máximo 72.96%, promedio de 66.03%, mínimo de 58.23% con una desviación del orden del 3.91, con una recuperación máxima de 38.16%, promedio 21.03%, mínima 5.59% con una desviación de 8.60; en la celda SK240 se obtuvo máximo 71.16%, promedio de 60.30%, mínimo de 49.50% con una desviación del orden del 5.8; en el circuito bulk máximo 64.79%, promedio de 59.77%, mínimo de 50.56% con una desviación del orden del 3.12; en el concentrado final se obtuvo máximo 69.30%, promedio de 58.48%, mínimo de 48.77% con una desviación del orden del 5.36.

Figura 4
Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y final



En la figura 4 la calidad del plomo en el concentrado proveniente de la celda SK80 tiene mejor calidad que en el concentrado final, de acuerdo la curva de SK-80(%Pb) es superior a la curva del conc. final(%Pb).

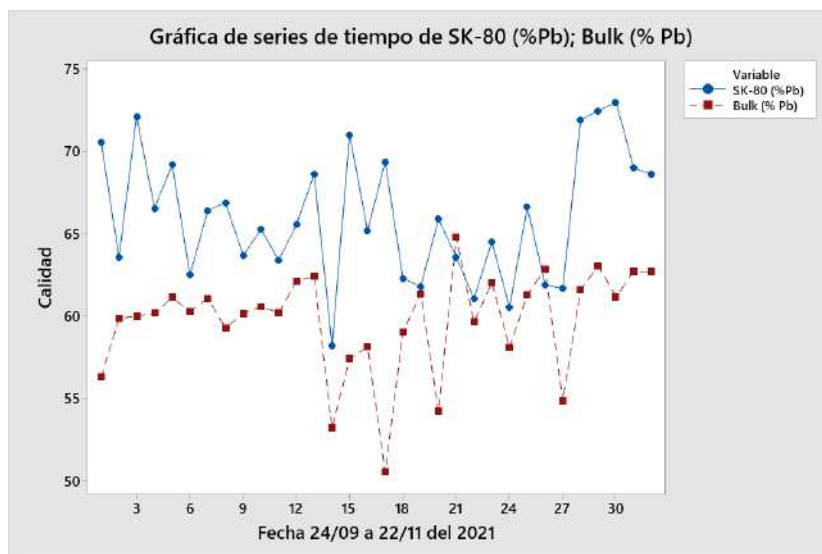
Figura 5
Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y recuperación



En la figura 5 la curva de calidad del plomo de la SK-80(%Pb) se encuentra en la parte superior con una oscilación adecuada, mientras que en la parte inferior es la recuperación del plomo SK-80(Rec.Pb) teniendo una oscilación muy variada.

Figura 6

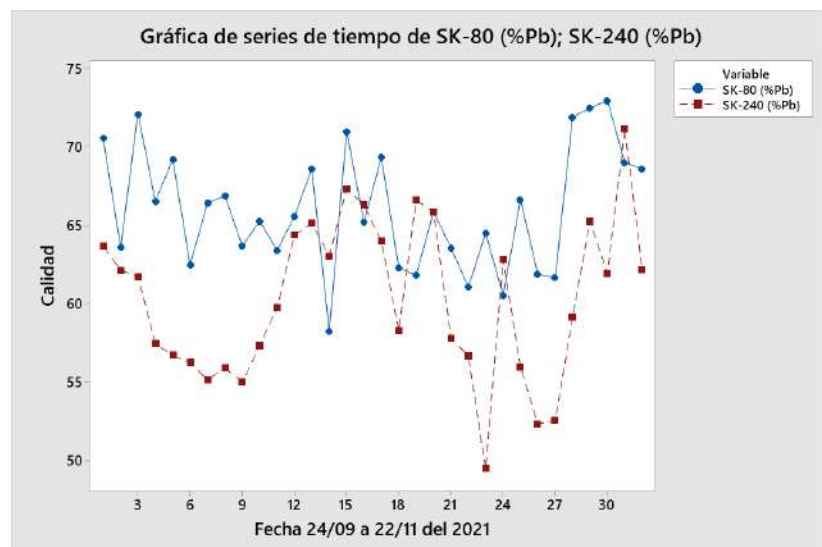
Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y bulk.



En la figura 6 la calidad del plomo en el concentrado proveniente de la celda SK80(%Pb) tiene mejor calidad que en el concentrado Bulk(%Pb), de acuerdo a la curva de SK-80 (%Pb) es superior a la curva de Bulk(%Pb).

Figura 7

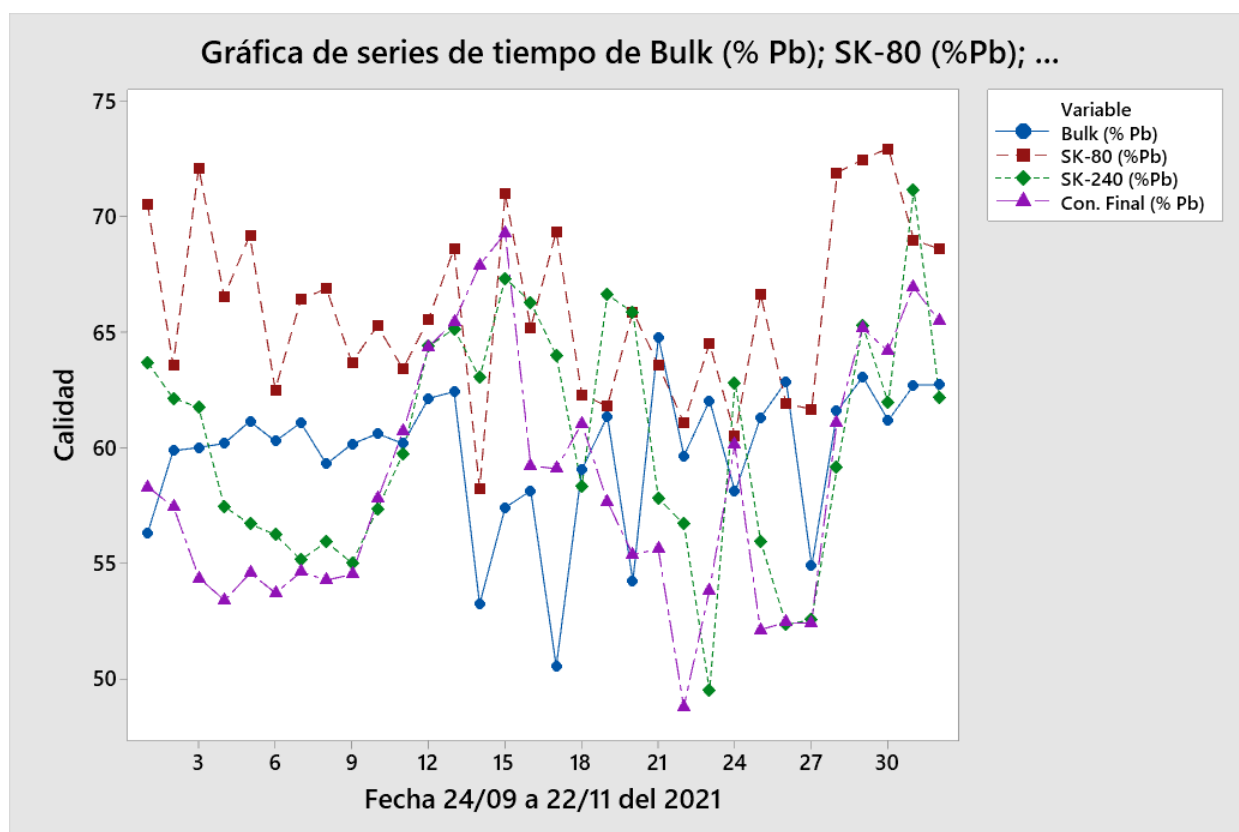
Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80 y SK240



En la figura 7 la calidad del plomo en el concentrado proveniente de la celda SK80(%Pb) tiene mejor calidad que en el concentrado SK240(%Pb) con una oscilación ligera, de acuerdo a la curva de SK-80(%Pb) es superior a la curva de SK240(%Pb) teniendo una oscilación muy variante.

Figura 8

Calidad del Pb en el concentrado en la celda SK80, SK240, Bulk y final



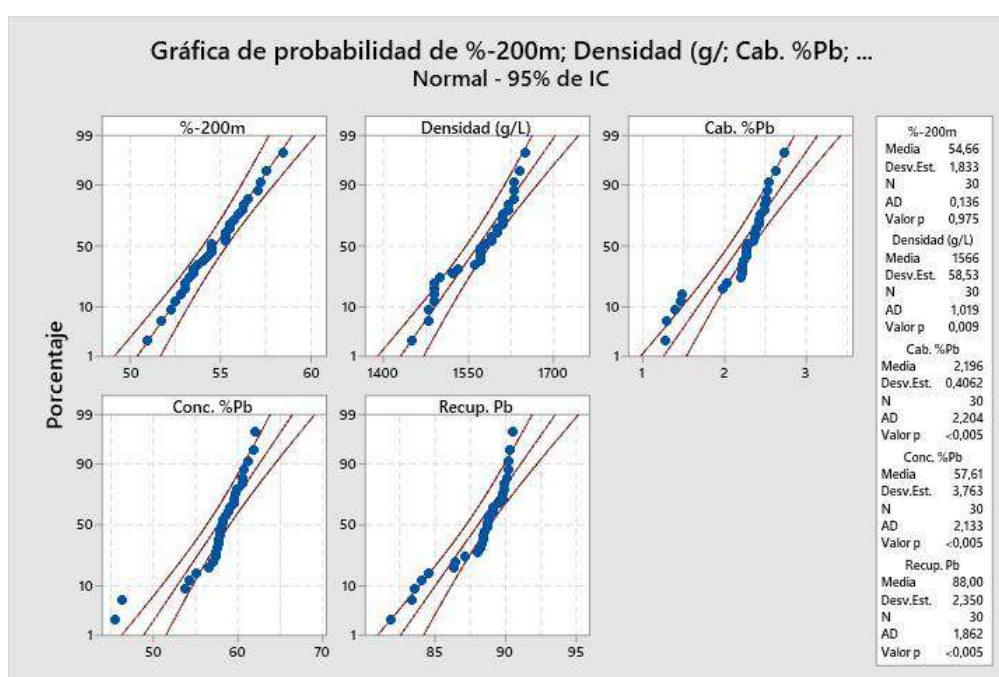
En la figura 8 las curvas de la calidad del plomo en el concentrado proveniente de las celdas SK80(%Pb), SK240(%Pb), Bulk(%Pb) y Conc. Final(%Pb) teniendo una oscilación muy variante.

4.1.4. Resultados del análisis control de probabilidad del concentrado en las celdas SK80, SK240, Bulk y concentrado final.

Los datos de control de probabilidades de las condiciones y concentrados en los diferentes puntos del plomo en la celda SK80, SK240, Bulk y concentrado final se describen en las figuras 9, 10, 11 y 12.

Figura 9

Gráfica de probabilidad antes de la implementación de la celda SK80 de % -200m; Densidad (g/L); Cab. %Pb; Conc. %Pb; Recup. Pb

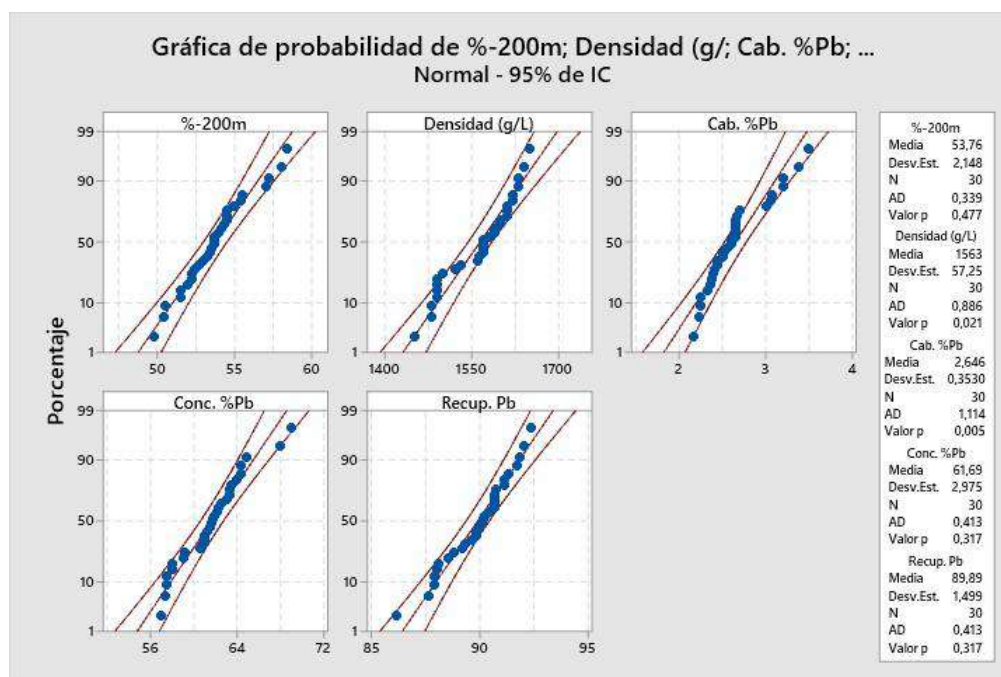


En la figura 9 el porcentaje pasante a la malla 200 se tiene un promedio de 54.66% pasante a la malla 200 con una desviación estándar 1.833 para 30 muestras AD 0.136 y un valor de p 0.975 mayor a 0.05 que permite predecir los datos están dentro del parámetro de control. La densidad de pulpa tiene un promedio de 1566 g/L con una desviación estándar de 58.53, para 30 datos, AD 1.019 y p calculado de 0.009 menor que 0.05 que indican que los datos están fuera del parámetro de control. La ley de cabeza tiene promedio de 2.196% Pb, desviación estándar de 0.4062 para 30 datos, AD 2.204 y p calculado <0.005 menor a 0.05 que determina que los datos están fuera del parámetro de control. La calidad del plomo en el concentrado tiene un promedio de 57.61%, desviación estándar 3.763, 30 datos, AD 2.133 y p calculado <0.005 menor a 0.05 que

indica los datos están fuera de parámetro de control. La recuperación del plomo tiene un promedio de 88%, desviación estándar de 2.35, numero de dato 30, AD 1.862 y p calculado <0.005 menor a 0.05 los datos se encuentran dispersa fuera de parámetro de control.

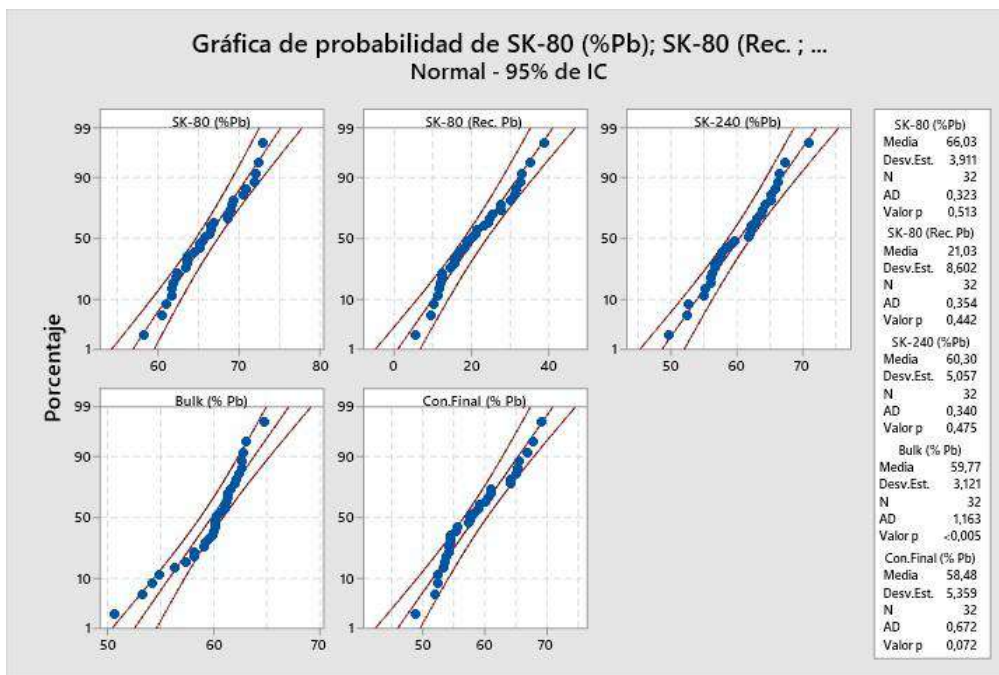
Figura 10

Gráfica de probabilidad después de la implementación de las celdas SK80 de %-200m; Densidad (g/L); Cab. %Pb; Conc. %Pb; Recup. Pb



En la figura 10 el porcentaje pasante a la malla 200 se tiene un promedio de 53.76% pasante a la malla 200 con una desviación estándar de 2.148 para 30 muestras AD 0.339 y un valor de p 0.477 mayor a 0.05 que permite predecir los datos están dentro del parámetro de control. La densidad de pulpa tiene un promedio de 1563 g/L con una desviación estándar de 57.25, para 30 datos, AD 0.886 y p calculado de 0.021 menor que 0.05 que indica los datos están fuera del parámetro de control. La ley de cabeza tiene un promedio de 2.646% Pb, desviación estándar de 0.353 para 30 datos, AD 1.14 y P calculado 0.005 menor a 0.05 que determina que los datos están fuera del parámetro de control. La calidad del plomo en el concentrado tiene un promedio de 61.69%, desviación estándar 2.975, 30 datos, AD 0.413 y p calculado 0.317 mayor a 0.05 que indica los datos están dentro del parámetro de control. La recuperación del plomo tiene un promedio de 89.89%, desviación estándar de 1.499, número de datos 30, AD 0.413 y p calculado 0.317 mayor a 0.05 los datos se encuentran dentro del parámetro de control.

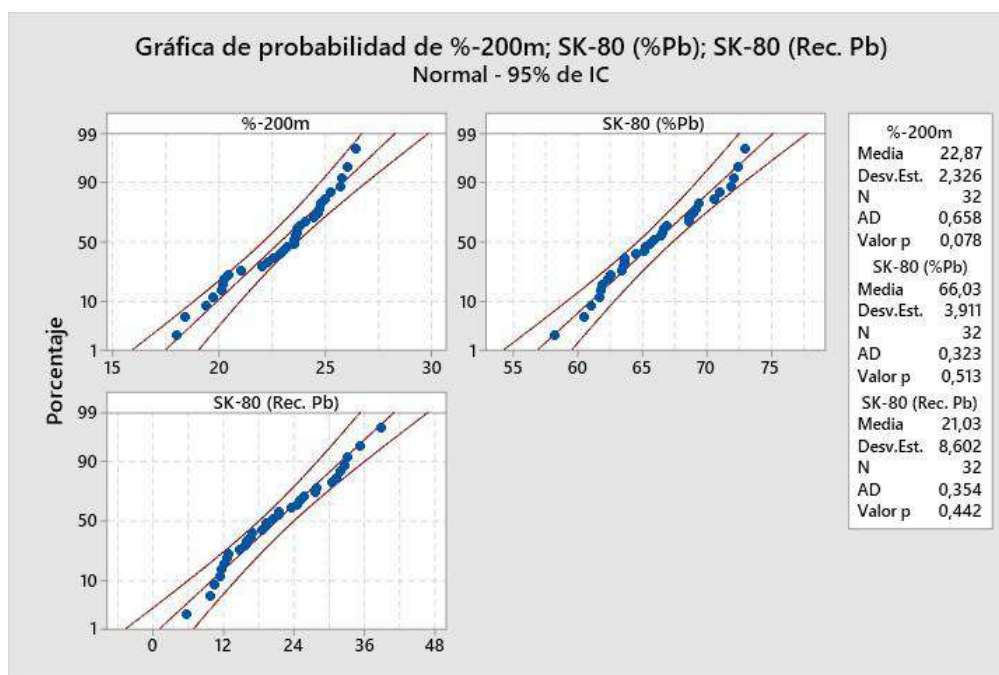
Figura 11
Gráfica de probabilidad de concentrado de SK-80 (%Pb); SK-80 (Rec. Pb);
SK-240 (%Pb); Bulk (% Pb); Con. Final (% Pb)



En la celda SK-240 se tiene una calidad de concentrado de 60.30% de plomo con una desviación de 5.057 para 32 AD 0.340 para un P calculado de 0.475. En el circuito bulk se tiene una calidad de concentrado de 59.77% de plomo con una desviación de 3.121 para 32 AD 1.163 para un P calculado de <0.005. En el concentrado final se tiene una calidad de concentrado de 58.48% de plomo con una desviación de 5.359 para 32 AD 0.672 para un P calculado de 0.072.

Figura 12

Gráfica de probabilidad de SK80 %-200m; SK-80 (%Pb); SK-80 (Rec. Pb)



En la figura 12 en la celda SK-80 se tiene %-200m de 22.87% con una desviación estándar de 2.326 para 32 datos AD 0.658 con un p calculado de 0.078, con una calidad de concentrado en promedio de 66.03% con una desviación estándar 3.911 para 32 muestras AD 0.323 y un valor de p 0.513, con una recuperación del plomo en promedio de 21.03% con una desviación estándar 8.602 para 32 muestras AD 0.354 con un p calculado 0.442.

4.2. Contrastación de hipótesis.

4.2.1. Contrastación de hipótesis general.

Ha: Con una implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C.

Ho: Con una implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria no permitirá mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera Kolpa S.A.C.

Con la implementación de la celda SK-80 a una malla pasante %-200m del 22.87% se tiene una calidad del 66.03% de plomo y una recuperación del 21.03% del plomo total con un valor de p calculado de 0.078, 0.513 y 0.442 por lo que los datos se encuentran dentro de un parámetro de control (figura 11). El concentrado de plomo antes de la instalación de la SK-80, la calidad de plomo en promedio fue de 56.77% con una recuperación de 88.68% a una malla de 53.78% pasante a la malla 200 (tabla 8). Mientras que después de la instalación de la SK-80 se obtuvo una calidad de 62.38% plomo con una recuperación de 90.15% (tabla 9).

De acuerdo los resultados predeterminan la hipótesis alternativa ya que la calidad pasade 56.77% a 62.38% de plomo y la recuperación de 88.68% a 90.15% en promedio.

4.1.2 Contrastación de hipótesis específicos.

- **Ha:** Con una granulometría gruesa adecuada alimentación a la celda unitaria de alta densidad permite una flotación de menas de plomo incrementado la calidad del concentrado.
 - **Ho:** Con una granulometría gruesa adecuada alimentación a la celda unitaria de alta densidad no permite una flotación de menas de plomo incrementado la calidad del concentrado.
- Con la implementación de la celda SK-80 a una malla pasante %-200m del 22.87% se tiene una calidad del 66.03% de plomo con un valor de p calculado de 0.078, 0.513 es mayor a 0.05, celda SK-240 se tiene una calidad del 60.30% de plomo con un valor de p calculado de 0.475 encontrándose los datos dentro de un parámetro de control (figura 12). Por lo que predetermina la hipótesis alternativa.
- **Ha:** Una celda unitaria de alta densidad permite una flotación de mineral grueso incrementar la recuperación.

- **Ho:** Una celda unitaria de alta densidad no permite una flotación de mineral grueso incrementar la recuperación.

Con la implementación de la celda SK-80 a una malla pasante %-200m del 22.87% se tiene una recuperación del 21.03% del plomo total con un valor de p calculado de 0.442 (figura 12).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

Para una liberación pasante a la malla 200 en promedio del 53.78% a una densidad de pulpa de 1565 gr/lit con una de cabeza de 2.26% de plomo en un proceso normal de la planta antes de la modificación se tiene en promedio la calidad del plomo en el concentrado de 56.77% con unarecuperación del 88.68% de plomo (tabla 8). Una vez habilitado la celda SK-80 pasante a la malla 200 en promedio del 52.57% a una densidad de pulpa de 1563 gr/lit con una de cabeza de 2.63% de plomo se tiene en promedio la calidad del plomo en el concentrado de 62.38% con una recuperación del 90.15% de plomo (tabla 9). Antes de la modificación porcentaje %-200m la desviación estándar 1.833 con un p calculado de 0.975, densidad de pulpa desviación estándar de 58.53 p calculado de 0.009, ley de cabeza desviación estándar de 0.4062p calculado de < 0.005 , ley de concentrado desviación estándar de 3.763 p calculado de < 0.005 ,recuperación la desviación estándar de 2.350 p calculado de < 0.005 .

Después de la instalación de la celda SK-80 porcentaje %-200m la desviación estándar 2.148 con un p calculado de 0.477, densidad de pulpa desviación estándar de 57.25 p calculadode 0.021, ley de cabeza desviación estándar de 0.3530 p calculado de 0.005, ley de concentrado desviación estándar de 2.975 p calculado de 0.317, recuperación la desviación estándar de 1.499 p calculado de 0.317.

El producto de la celda SK-80 para una liberación del 22.87% desviación estándar de 2.326 y p calculado de 0.078, calidad de concentrado del 66.03% Pb desviación estándar de 3.911 y p calculado de 0.323, recuperación de 21.03% de Pb desviación estándar de 8.602 y p calculado de 0.442.

Por otra parte, en los estudios realizado al empleo de una celda flash Denver de 32"x32" en

la descarga de la molienda se obtuvo una recuperación del orden de 20% a 30% permitiendo una optimización en la recuperación (Gonzales, 2018) , mientras que con el empleo de una celda SK air 240 a una densidad de pulpa 1.81 g/cm³ y con un P80 de 325 μ m tiene una calidadde concentrado de 57.83% de plomo con una recuperación de 85.23% obteniendo un concentrado grueso evitando la recirculación a l molino y generación de lamas con una filtración optima(Gonzales, 2018). Para el empleo de una celda flash a nivel laboratorio en la flotación de minerales auríferos al 50% pasante a la malla 200 se incrementa una recuperación de oro de 76.42% a 77.54% (Huancca, 2021).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En el trabajo realizado sobre “implementación de una celda unitaria en el circuito de moliendasecundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera kolpa S.A.C, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Con la instalación de la SK-80 la calidad de plomo se incrementa de 57.61% a 61.69% y la recuperación de 88.00% a 89.89% en promedio con un p calculado < 0.005 , 0.317 donde los datos antes de la implantación se encuentran fuera del parámetro de control mientras que después de la implantación se encuentran dentro del parámetro de control.

Con la implementación de la celda SK-80 a una malla pasante %-200m del 22.87% se tiene una calidad del 66.03% de plomo con un valor de p calculado de 0.078, 0.513 es mayor a 0.05, celda SK-240 se tiene una calidad del 60.30% de plomo con un valor de p calculado de 0.475 encontrándose los datos dentro de un parámetro de control.

Con la implementación de la celda SK-80 a una malla pasante %-200m del 22.87% se tiene una recuperación del 21.03% del plomo total con un valor de p calculado de 0.442.

6.2 Recomendaciones

En relación al trabajo sobre “implementación de una celda unitaria en el circuito de molienda secundaria para mejorar la flotación de plomo grueso en la compañía minera kolpa S.A.C, se recomienda:

Realizar una evaluación del proceso de comparación de la calidad de concentrado y en las diferentes etapas en relación a las variables intervinientes como la densidad de pulpa, %-200m, las leyes.

La evaluación de las recuperaciones en cada etapa para poder tener una evaluación de la optimización y el costo de proceso.

Evaluar las variables independientes y dependientes estableciendo los parámetros de control con una población superior a los 300 datos.

REFERENCIAS

7.1 Fuentes bibliográficas

- Azañero, A. (2015). *Flotación y concentración de minerales*. Lima: Editorial colecciones jóvic.
- Carrasco, S. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Castellares, P. (2009). *Optimización en la planta de beneficio de la Compañía Minera Volcán S.A.A. de la unidad de producción Animón, mediante el uso de una celda de flotación flash*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_a26f0b6789be1ba10fe34ddaef76d665/Details
- Castro, A. (1998). Recuperación de metales preciosos, oro y plata, de los relaves de flotación por el método de segregación. *Ingeniero Químico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7858>
- Cobos, C. (2018). Flotación rougher de un mineral aurífero complejo asociado a sulfuros polimetálicos. *Ingeniero de minas*. Universidad del Azuay, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7913/1/13653.pdf>
- Corrie, J., & Chia, J. (1984). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Lima.
- Cortes, M. (2009). *Estudio de la reducción del desplazamiento de plomo a concentrados de cobre, zinc y al relave final mediante la implementación de celdas unitarias Skim-Air (sk-240 y sk-80) en la descarga de los molinos en C.I.A. Minera Raura*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2218>

- Cytec. (2002). *Manual de productos químicos para minería*. Obtenido de [https:// ion](https://ion)
- Egas, J. (1985). *Evaluación de plantas concentradoras*. Lima.
- Fernández, A. (2004). *Investigación y técnicas de mercado*. Madrid: ESIC.
- Galiano, M. (2004). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín: Fondo editorial universal.
- Gonzales, D. (2018). Implementación de una unidad de flotación rápida en la descarga del molino de bolas secundario en la Empresa Minera Silver MINSPERU S.A.C. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12701>
- Henan Daiwo Machinery. (02 de 07 de 2020). *Máquina de flotación SF*. Obtenido de Daiwo: <https://www.daiwomining.com/products/Contact-Us.html>
- Huancca, W. (2021). Optimización del proceso de flotación de minerales auríferos en celda flash para mejorar la recuperación de oro en la empresa minera Cori Puno. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16958>
- Jaico, J. (2009). *Problemas de procesamiento de minerales*. Trujillo.
- Kelly, E., & Spottiswood, D. (1990). *Introducción al procesamiento de los minerales*. México DF: Editorial LIMUSA S.A.
- Manzaneda, J. (2004). *Celdas flash en flotación de plomo atacocha*. Obtenido de https://www.academia.edu/38462263/CELDAS_FLASH_EN_ATACOCHA

- Martínez, C., & Galán, A. (2014). *Técnicas e instrumentos de recogida y análisis de datos*. Madrid: UNED.
- Mills, B. (1994). *Tecnología de procesamiento de minerales*. México DF: Editorial LIMUSA SA.
- Morales, E. (2016). Extracción de plata y oro del relave sulfurado de la Minera Santa Fe por lixiviación con adición de peróxido de hidrógeno y acetato de plomo. *Ingeniero Metalúrgico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. ¿Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5518/Morales_le.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ñaupas, H., Palacios, J., Romero, H., & Valdivia, M. (2018). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá DC: Ediciones de la U.
- Porras, D. (1997). *procesamiento de minerales*. Cerro de Pasco: UNDAC.
- Qian, W., Liuyang, D., Wenqing, Q., Fen, J., Zhongxu, Q, . . . Shunyuan, X. (2021). Efficient flotation recovery of lead and zinc from refractory lead-zinc ores under low alkaline conditions. *Geochemistry*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemer.2021.125769>
- Quiroz, I. (1986). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Curso.
- Rosales, G., Andrade, J., Alvarado, G., Espinosa, E., & Nava, D. (2020). Investigación experimental en el consumo de energía específica y reducción de tamaño en la molienda de bolas usando diferentes tipos de levantador. *Ingeniería, investigación y tecnología*. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2020.21n2.020>
- Runge, K., Tabosa, E., Crosbie, R., & McMaster, J. (2012). Effect of flotation feed density on the operation of a flotation cell. *researchgate*.

Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos.

sutulov, A (1963). *Flotación de minerales*. Concepción: Instituto tecnológico de investigación.

Valderrama, L., Espoz, C., & Bolívar, J. (s/f). Efecto del acondicionamiento turbulento en la recuperación de partículas finas de sulfuros y óxidos de cobre. *Artigos*, 275-281. Obtenido de [/www.artigos.entmme.org/download/2004/métodos_físicos_de_concentração_de_minérios/1442%20-%20Valderrama,L.Espoz,C._J.C.Bolivar%20-%20EFECTO%20DEL%20ACONDICIONAMIENTO%20TURBULENTO%20EN%20LA%20RECUPERACIÓN%20DE%20PARTÍCULAS%20FINAS%20DE%20SÚLFUROS%20Y%20ÓXI](http://www.artigos.entmme.org/download/2004/métodos_físicos_de_concentração_de_minérios/1442%20-%20Valderrama,L.Espoz,C._J.C.Bolivar%20-%20EFECTO%20DEL%20ACONDICIONAMIENTO%20TURBULENTO%20EN%20LA%20RECUPERACIÓN%20DE%20PARTÍCULAS%20FINAS%20DE%20SÚLFUROS%20Y%20ÓXI)

Yanatos, J. (2005). *Flotación de minerales*. Valparaiso.

Yapo, M. (2021). xxx. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13973/IMyafima.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zuchao, P., Jingjing, X., Yanfang, C., Qian, W., Wenhao, J., Zhengquan, Z., . . . Wenqing, Q. (2022). Mecanismo de efecto de los materiales carbonosos en la separación por flotación del mineral de plomo-zinc. *separation and purification technology*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121101>

ANEXOS

Anexo 1 localización de la compañía minera kolpa SA



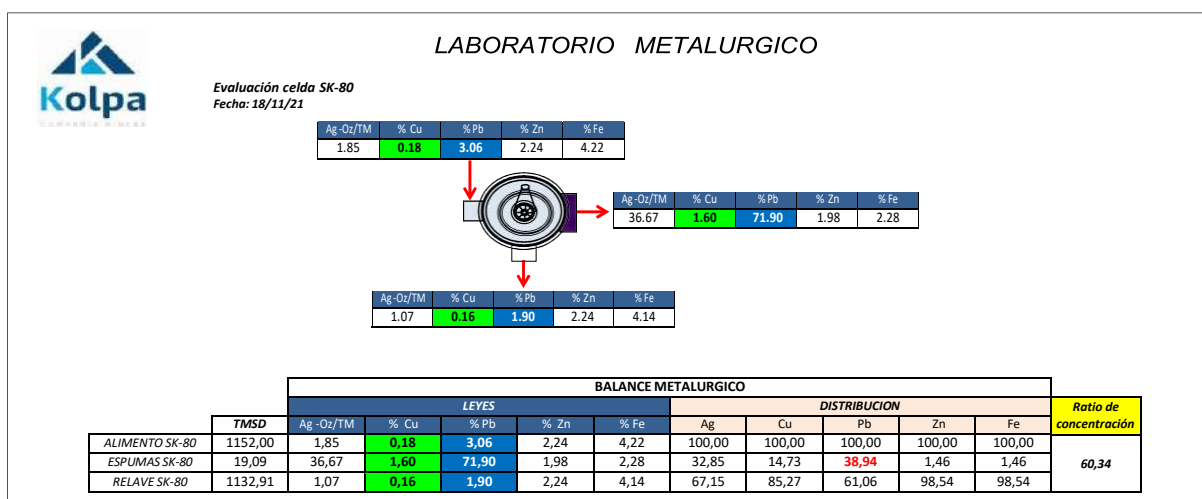
Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos

| Antes de la Zaranda | | | | | |
|---------------------|--------|--------------|----------|-----------|-----------|
| N° | %-200m | Densidad g/L | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | | | | | |
| 29 | | | | | |

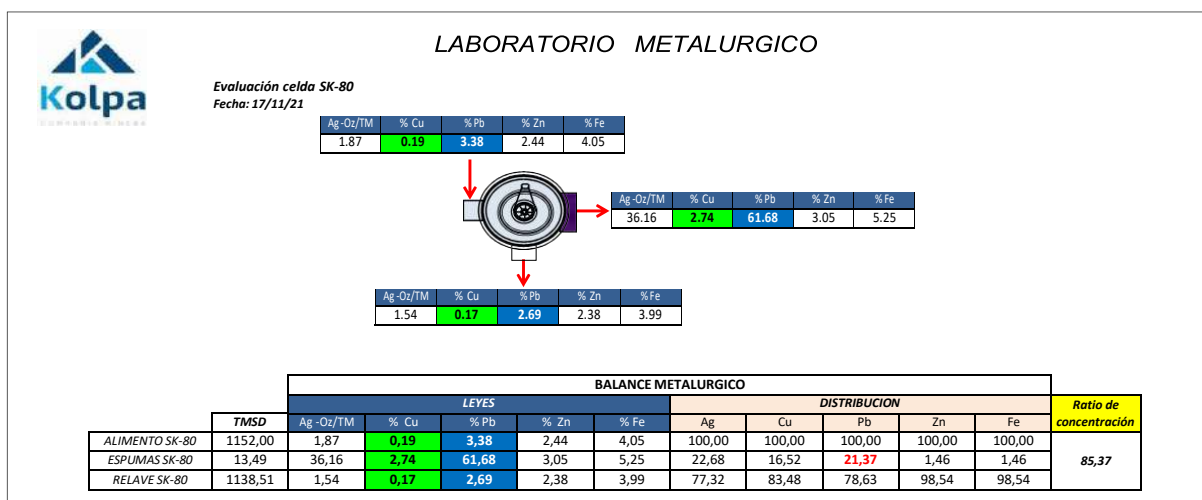
| Después de la Zaranda | | | | | |
|-----------------------|--------|----------------|----------|-----------|-----------|
| N° | %-200m | Densidad (g/L) | Cab. %Pb | Conc. %Pb | Recup. Pb |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | | | | | |
| 29 | | | | | |

| | | LEYES | | | | |
|-----------------|-------------|--------------|------|------|------|------|
| <i>SK-80</i> | TMSD | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
| <i>ALIMENTO</i> | | | | | | |
| <i>ESPUMAS</i> | | | | | | |
| <i>RELAVE</i> | | | | | | |

Anexo 3 Resultados de laboratorios de la SK-80, SK-240, Bulk, Conc. Final.



| | LEYES | | | | |
|------------------|-----------|-------|-------|------|-------|
| | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
| Conc. SK-240 | 32,76 | 2,59 | 59,16 | 4,51 | 7,24 |
| IV Limpieza Bulk | 37,80 | 4,31 | 61,59 | 7,53 | 4,69 |
| Conc. Final Pb | 27,28 | 0,77 | 61,11 | 6,95 | 4,35 |
| Conc. Cu | 77,43 | 24,47 | 15,04 | 5,79 | 20,89 |



| | LEYES | | | | |
|------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
| Conc. SK-240 | 29,62 | 2,38 | 52,58 | 6,68 | 6,84 |
| IV Limpieza Bulk | 31,93 | 3,24 | 54,89 | 13,37 | 3,82 |
| Conc. Final Pb | 23,38 | 0,99 | 52,40 | 9,72 | 5,10 |
| Conc. Cu | 80,03 | 22,12 | 14,79 | 6,40 | 19,02 |

Anexo 4 Resultados de laboratorios de la SK-80, SK-240, VII CL Bulk.



LABORATORIO METALURGICO

Para:
Fecha: **05/03/2022**

El día 04-03-22 se realizó el muestreo de las espumas de las celdas SK-80, SK-240 y de la VII CL Bulk desde las 08:00 am hasta las 04:30 pm.

Se presenta los resultados reportados.

| Muestra | ANÁLISIS DE LABORATORIO | | | | |
|-------------|-------------------------|------|--------------|------|------|
| Descripcion | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
| SK-80 | 42,27 | 1,33 | 72,30 | 1,75 | 1,57 |
| SK-240 | 46,69 | 2,64 | 61,30 | 4,01 | 3,50 |
| VII CL Bulk | 70,86 | 7,30 | 57,30 | 5,00 | 5,46 |



LABORATORIO METALURGICO

Para:
Fecha: **06/03/2022**

El día 05-03-22 se realizó el muestreo de las espumas de las celdas SK-80, SK-240 y de la VII CL Bulk desde las 08:00 am hasta las 04:30 pm.

Se presenta los resultados reportados.

| Muestra | ANÁLISIS DE LABORATORIO | | | | |
|-------------|-------------------------|------|--------------|------|------|
| Descripcion | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
| SK-80 | 42,90 | 1,43 | 70,10 | 2,04 | 1,63 |
| SK-240 | 51,36 | 3,07 | 58,60 | 4,25 | 3,51 |
| VII CL Bulk | 74,51 | 7,30 | 54,30 | 5,50 | 5,40 |



LABORATORIO METALURGICO

Para:
Fecha: **07/03/2022**

El día 06-03-22 se realizó el muestreo de las espumas de las celdas SK-80, SK-240 y de la VII CL Bulk desde las 08:00 am hasta las 04:30 pm.

Se presenta los resultados reportados.

| Muestra | ANÁLISIS DE LABORATORIO | | | | |
|-------------|-------------------------|------|--------------|------|------|
| Descripcion | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
| SK-80 | 43,58 | 1,78 | 71,30 | 1,90 | 1,85 |
| SK-240 | 52,78 | 3,60 | 59,60 | 5,35 | 3,96 |
| VII CL Bulk | 70,22 | 6,80 | 53,70 | 7,51 | 5,28 |

Anexo 5 Resultados de laboratorios de la SK-80.

| N° | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
|----|-----------|------|-------|------|------|
| 4 | 42,27 | 1,33 | 72,30 | 1,75 | 1,57 |
| 5 | 42,90 | 1,43 | 70,10 | 2,04 | 1,63 |
| 6 | 43,58 | 1,78 | 71,30 | 1,90 | 1,85 |
| 7 | 45,36 | 2,04 | 71,10 | 2,51 | 2,58 |
| 8 | 41,56 | 1,62 | 64,10 | 4,99 | 4,06 |
| 9 | 46,90 | 2,62 | 66,76 | 1,86 | 2,87 |
| 10 | 45,16 | 1,50 | 68,80 | 1,69 | 2,00 |
| 11 | 44,50 | 1,42 | 73,80 | 1,72 | 1,92 |
| 13 | 41,54 | 1,58 | 71,20 | 1,77 | 2,10 |
| 14 | 44,83 | 1,62 | 75,00 | 1,18 | 1,65 |
| 15 | 51,31 | 2,34 | 70,60 | 1,83 | 2,55 |
| 16 | 50,01 | 2,50 | 66,30 | 1,97 | 2,29 |

Anexo 6 Resultados de laboratorios de la SK-240.

| | Ag -Oz/TM | % Cu | % Pb | % Zn | % Fe |
|----|-----------|------|-------|------|------|
| 4 | 46,69 | 2,64 | 61,30 | 4,01 | 3,50 |
| 5 | 51,36 | 3,07 | 58,60 | 4,25 | 3,51 |
| 6 | 52,78 | 3,60 | 59,60 | 5,35 | 3,96 |
| 7 | 52,08 | 3,63 | 58,50 | 5,04 | 4,31 |
| 8 | 53,30 | 3,13 | 62,00 | 4,17 | 3,65 |
| 9 | 45,50 | 2,91 | 58,40 | 4,16 | 3,76 |
| 10 | 58,91 | 3,04 | 62,10 | 3,94 | 3,86 |
| 11 | 52,21 | 2,49 | 63,40 | 3,70 | 3,31 |
| 13 | 49,69 | 3,80 | 61,10 | 4,30 | 4,29 |
| 14 | 49,16 | 4,16 | 58,70 | 4,33 | 4,39 |
| 15 | 47,04 | 3,01 | 56,70 | 5,10 | 3,88 |
| 16 | 46,91 | 2,73 | 57,70 | 4,73 | 3,77 |

[M(o) Joaquín José Abarca Rodríguez]
ASESOR

[Dr. Sánchez Guzmán, Alberto Irhaam]
PRESIDENTE

[M(o) Jaime Iman Mendoza]
SECRETARIO

[Dr. Coca Ramírez, Víctor Raúl]
VOCAL

**NOTA: PARA LLENAR ESTOS DATOS OBSERVE LOS GRADOS DE LOS DOCENTES EN LAS RESOLUCIONES DE NOMBRAMIENTO DE JURADOS Y
ASESOR**