



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



**OPTIMIZACION DE LA FLOTACIÓN DE PLOMO EN CELDA
FLASH EN LA UNIDAD SUYCKUTAMBO, ESPINAR - CUSCO**
TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELEAZAR NELSON SUNI HUAYHUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

OPTIMIZACION DE LA FLOTACIÓN DE PL
OMO EN CELDA FLASH EN LA UNIDAD S
UYCKUTAMBO, ESPINAR - CUSCO

AUTOR

ELEAZAR NELSON SUNI HUAYHUA

RECuento DE PALABRAS

15481 Words

RECuento DE CARACTERES

79212 Characters

RECuento DE PÁGINAS

108 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 23, 2024 10:35 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 23, 2024 10:37 PM GMT-5

● **11% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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



H. G.
Dr. HIPOLITO GORDONIA GOTTENBERG
Director EPIM

F. C.
Dr. FÉLIX FERRERA CARRERA
asesor



DEDICATORIA

A dios creador de todo, a mis padres Santiago y Rufina que con su constante apoyo absoluto en cada momento de mi preparación profesional. A mis hermanos Wiliam, Javier, Neymar, Flor de María y Rosa Luz que fueron mi motivación que cada una de estas letra es por ustedes.

Eleazar Nelson.



AGRADECIMIENTOS

"Agradezco a Dios por guiarme en el mejor camino para desarrollar este trabajo."

"Agradezco a toda mi familia por apoyarme económicamente; tengo la suerte de tenerlos a mi lado."

"A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano, y a nuestra querida Escuela de Ingeniería Metalúrgica que me permitió vivir una experiencia académica."

"A la empresa AMG S.A.C. por la oportunidad que me brindó para realizar el trabajo de investigación."

"A mi asesor, Dr. Héctor Clemente Herrera Córdova, por el compromiso, apoyo y orientación en el trabajo de investigación."

"A mis jurados, Dr. Pedro Álvaro Edwin Gallegos Pasco, MSc. Fernando Bernedo Colca, Ing. Benito Hugo Fernández Ochoa, por su aporte a la tesis."

Eleazar Nelson.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	19
ABSTRACT.....	21
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2.1 Problema General.....	23
1.2.2 Problemas Específicos	23
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.3.1 Justificación teórica.....	23
1.3.2 Justificación practica	24
1.3.3 Justificación metodológica.....	24
1.3.4 Justificación económica	24
1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.4.1 Hipótesis General	25
1.4.2 Hipótesis Especificas	25
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25



1.5.1	Objetivo General	25
1.5.2	Objetivos Específicos	26

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES	27
2.2	MARCO TEÓRICO	32
2.2.1	Mineralogía de la Galena	32
2.2.2	Muestreo	33
2.2.3	Flotación	33
2.2.4	Marco Teórico de Flotación Flash	34
2.2.4.1	Descripción del Proceso de Flotación Flash.	35
2.2.4.2	Partes de una celda de flotación flash.	36
2.2.4.3	Descripción del Funcionamiento del Controlador de Nivel por Válvula Pinch.	36
2.2.4.4	Finalidad de la Flotación Flash.	37
2.2.4.5	Usos Principales de las Celdas de Flotación Flash	38
2.2.4.6	Ventajas del Uso de una Celda de Flotación Flash	38
2.3	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA OPERACIÓN ACTUAL (500 TMSD) DE LA PLANTA CONCENTRADORA ANA MARÍA DE AMG S.A.C.....	39
2.3.1	Recepción de Mineral	40
2.3.2	Circuito de Chancado	41
2.3.2.1	Datos de Chancado.....	41
2.3.3	Equipos Usados en el Circuito de Chancado	42
2.3.4	Descripción de Equipos.....	42



2.3.4.1	Apron Feeder 30" x 62 placas	42
2.3.4.2	Chancadora de Quijadas 18" x 24"	43
2.3.4.3	Faja Transportadora N°1 de 24" x 26 m	43
2.3.4.4	Zaranda Vibratoria 4' x 12'	43
2.3.4.5	Chancadora Secundaria SYMONS DE 3' STD	44
2.3.4.6	Faja Transportadora N°2 de 24" x 29 m	44
2.3.4.7	Faja Transportadora N°3 de 24" x 8 m	44
2.3.4.8	Faja Transportadora N°4 de 24" x 8 m reversible.....	45
2.3.4.9	Capacidad Teórica de la Faja	45
2.3.4.10	Tolva de Finos	45
2.3.4.11	Cálculo de Capacidad de la Tolva de Finos	46
2.3.4.12	Sección Molienda	46
2.3.4.13	Molienda Primaria y Secundaria	47
2.3.4.14	Molino Primario de Bolas 8' x 36"	47
2.3.4.15	Cálculo de la Velocidad Crítica	48
2.3.4.16	Cálculo de la Velocidad de Operación.....	49
2.3.4.17	Energía Total Suministrada.....	49
2.3.4.18	Consumo de Energía	49
2.3.4.19	Tonelaje Máximo que se Puede Tratar.....	49
2.3.4.20	Eficiencia del Molino	50
2.3.4.21	Cálculo de la Carga Inicial de Bolas	50
2.3.4.22	Determinación de la Carga de Inicial de Bolas por Tamaño de Bolas.....	50
2.3.4.23	Molino de Bolas Marcy 6' x 6'	51
2.3.4.24	Cálculo de la Velocidad Crítica	51



2.3.4.25	Cálculo de la Velocidad de Operación.....	52
2.3.4.26	Energía Total Suministrada.....	52
2.3.4.27	Consumo de Energía	52
2.3.4.28	Tonelaje Máximo que se Puede Tratar.....	53
2.3.4.29	Eficiencia del Molino	53
2.3.4.30	Cálculo de la Carga Inicial de Bolas	53
2.3.4.31	Determinación de la Carga de Inicial de Bolas por Tamaño de Bolas.....	54
2.3.4.32	Molino de Bolas Marcy 6' x 6'	54
2.3.4.33	Cálculo de la Velocidad Crítica	55
2.3.4.34	Cálculo de la Velocidad de Operación.....	55
2.3.4.35	Cálculo de Carga Circulante	55
2.3.4.36	Energía Total Suministrada.....	56
2.3.4.37	Consumo de Energía	56
2.3.4.38	Tonelaje Máximo que se Puede Tratar.....	57
2.3.4.39	Eficiencia del Molino	57
2.3.4.40	Cálculo de la Carga Inicial de Bolas	57
2.3.4.41	Determinación de la Carga de Inicial de Bolas por Tamaño de Bolas.....	57
2.3.4.42	Hidrociclón D-12	58
2.3.4.43	Cálculo de la Eficiencia del Hidrociclón D-12	58
2.3.5	Circuito de Flotación Bulk	59
2.3.5.1	Flotación bulk Cu/Pb: Rougher ws 8'x 8'	59
2.3.5.2	Flotación Bulk Cu/Pb: Scavenger – Dr-200.....	60
2.3.5.3	Acondicionador 5' x 5' y 4' x 4'	60



2.3.5.4	Flotación de Cu: Rougher Sp-15.....	60
2.3.5.5	Flotación de Cu: Scavenger Sp-18.....	60
2.3.5.6	Flotación de Cu: cleaner Sp-15	61
2.3.6	Circuito de Flotación Zn	61
2.3.6.1	Acondicionador: 8´x 8´	61
2.3.6.2	Flotación Zn: Rougher OK-10	61
2.3.6.3	Flotación Zn: Rougher ws 8´x 8´	62
2.3.6.4	Flotación Zn: Scavenger I – Dr-200.....	62
2.3.6.5	Flotación Zn: Scavenger II Dr-100	63
2.3.6.6	Limpieza del circuito Scavenger I: Sp-18.....	63
2.3.6.7	Equipos en Circuito de Flotación.....	63
2.3.6.8	Reactivos Usados en Flotación	64
2.3.6.9	Dosificación de Reactivos.....	64
2.3.7	Circuito de Sedimentación	65
2.3.8	Balance de Materia.....	66

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	68
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
3.2.1	Preparación de la Muestra	68
3.2.1.1	Toma de Muestra de la Descarga de los Molinos.	68
3.2.1.2	Procedimiento	68
3.2.1.3	Materiales Usados	69
3.2.2	Prueba de Flotación Flash	69
3.2.2.1	Optimización de parámetros	69



3.2.2.2	Procedimiento	69
3.2.2.3	Materiales Usados	70
3.2.2.3.1	Software.....	70
3.2.2.3.2	Equipos de Planta	70
3.2.2.3.3	Equipos de Planta	71
3.3	UBICACIÓN	71
3.4	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	71
3.4.1	Técnicas.....	71
3.4.2	Observación.....	71
3.4.3	Determinación de Aspectos tecnológicos	72
3.5	DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS	72
3.5.1	Determinación de la Dosificación de Z-11.	72
3.5.2	Determinación de la Dosificación de Metil Isobutil Carbinol (MIBC). .	73
3.5.3	Estandarización del Porcentaje de Solidos (%S).	73

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN FLASH A NIVEL LABORATORIO Y EVALUACION DE VARIABLES.....	74
4.1.1	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 7 gr/tn y % Solido Igual a 40%.	74
4.1.2	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 7 gr/tn y % Solido Igual a 40%.....	75



4.1.3	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % solido igual a 40%.....	75
4.1.4	Resultados de la Flotación Flash bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % Solido Igual a 40%.	76
4.1.5	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 7 gr/tn y % Solido Igual a 60%.	77
4.1.6	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) igual a 7 gr/tn y % solido igual a 60%.....	77
4.1.7	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % Solido Igual a 60%.....	78
4.1.8	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % Solido Igual a 60%.	79
4.1.9	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 12 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 14 gr/tn y % Solido Igual a 50%.	79
4.1.10	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 12 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 14 gr/tn y % Solido Igual a 50%.	80



4.1.11	Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 12 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) igual a 14 gr/tn y % solido igual a 50%.....	81
4.2	RESULTADOS ESTADÍSTICO DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN ..	81
4.3	DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN	82
4.3.1	Muestreo de Mineral	83
4.3.2	Tamizaje Malla -35	83
4.3.3	Cuarteo del Mineral.....	83
4.3.4	Determinación de la Gravedad Especifica del Mineral.....	83
4.3.5	Procedimiento de la Prueba de Flotación.....	85
4.3.6	Prueba de Cinética de Flotación Flash	86
4.3.6.1	Análisis Químico de los Concentrados y Relave Obtenido de la Prueba de Cinética de Flotación Flash.	87
4.3.6.2	Recuperaciones Individuales de la Prueba de Cinética de Flotación Flash.....	88
4.3.6.3	Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Cinética de Flotación Flash.	88
4.3.6.4	Recuperaciones Acumuladas Ajustadas a los Modelos Matemáticos Klimpell de la Prueba de Flotación Flash.....	89
4.3.7	Resultados de Pruebas Metalúrgicas de Laboratorio Flotación Flash	89
4.3.8	Análisis del Experimento - Recuperación.....	90
4.4	APLICACIÓN A NIVEL DE PLANTA	96
4.4.1	Parámetros de Operación	96
4.4.2	Leyes Reportadas de la Celda Flash Sk-80.....	96
4.5	ANTES Y DESPUÉS DEL USO DE LA CELDA FLASH	97



4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
V. CONCLUSIONES	100
VI. RECOMENDACIONES.....	101
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	105

Área:

Tema:

Fecha de sustentación:



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema específica que explica los fenómenos hidrofílicos e hidrofóbicos	34
Figura 2. Esquema que explica el funcionamiento de la celda flash.....	35
Figura 3. Partes importantes de la celda flash sk-80	36
Figura 4. Esquema de funcionamiento del ultrasónico	37
Figura 5. Diagrama de flujos de la planta concentradora “Ana María”, 500 TMD	40
Figura 6. Curva de distribución granulométrica hidrociclón D-12	59
Figura 7. Balance de materia	67
Figura 8. Prueba de flotación en celda flash N°1	74
Figura 9. Prueba de flotación en celda flash N°2	75
Figura 10. Prueba de flotación en celda flash N°3	75
Figura 11. Prueba de flotación en celda flash N°4	76
Figura 12. Prueba de flotación en celda flash N°5	77
Figura 13. Prueba de flotación en celda flash N°6.....	77
Figura 14. Prueba de flotación en celda flash N°7	78
Figura 15. Prueba de flotación en celda flash N°8	79
Figura 16. Prueba de flotación en celda flash N°9	80
Figura 17. Prueba de flotación en celda flash N°10	80
Figura 18. Prueba de flotación en celda flash N°11	81
Figura 19. Diagrama de prueba de flotación	83
Figura 20. Determinar la gravedad específica.....	85
Figura 21. Las pruebas de flotación se realizan bajo el siguiente procedimiento:	86
Figura 22. Resultados del análisis químico de los concentrados	87



Figura 23. Diagrama de Pareto estandarizada para recuperación Pb	90
Figura 24. Efectos especiales para recuperación de Pb.....	96



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Equipos Usados en el Circuito de Chancado	42
Tabla 2. Capacidad de Fajas	45
Tabla 3. Determinación del Tamaño de Bolas	50
Tabla 4. Según Taggart:	51
Tabla 5. Determinación del Tamaño de Bolas	54
Tabla 6. Según Taggart:	54
Tabla 7. Determinación del Tamaño de Bolas	58
Tabla 8. Según Taggart:	58
Tabla 9. Análisis Granulométrico Hidrociclón D-12.....	59
Tabla 10. Equipos de Sección Flotación	64
Tabla 11. Reactivos de Flotación	64
Tabla 12. Dosificación de Reactivos.....	65
Tabla 13. Resultados Estadísticos de las Pruebas de Flotación	81
Tabla 14. Variables de Estudio	82
Tabla 15. Recuperaciones Individuales de la Prueba de Cinética de Flotación Flash .	88
Tabla 16. Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Cinética de Flotación Flash.....	88
Tabla 17. Recuperaciones Acumuladas Ajustadas a los Modelos Matemáticos Klimpell de la Prueba de Flotación Flash	89
Tabla 18. Resumen del Resultado de las Pruebas de Realizadas Según el Diseño.....	89
Tabla 19. Efectos Estimados para la Recuperación (%)	90
Tabla 20. Análisis de Varianza para Recuperación de Pb Diseño Laboral.....	91
Tabla 21. Coeficiente de Regresión para Recuperacion Pb – Diseño Factorial	92



Tabla 22. Resultados Estimados para Recuperación de Pb	94
Tabla 23. Camino de Máximo Ascenso para Recuperación de Pb	95
Tabla 24. Optimizar Respuesta Recuperación de Pb	95
Tabla 25. Condiciones de Operación de la Celda Flash sk-18, Planta Concentradora	96
Tabla 26. Leyes Reportadas de Alimento	97
Tabla 27. Resultados Antes del Uso de la Celda Flash Sk-80	98
Tabla 28. Resultados Después del Uso de la Celda Flash sk-80.....	98



ACRÓNIMOS

G	: Gramos
Oz/T	: Onzas Por Tonelada
Ag	: Plata
Seg	: Segundo
Tm	: Toneladas Métricas
Cc	: Centímetro Cubico
-200	: Pasante Malla 200
Pb	: Plomo
Cu	: Cobre
Zn	: Zinc
Sk-80	: Skimair 80
Vc	: Velocidad Critica
Mibc	: Metil Isobutil Carbonil
Z-11	: Colector de Sulfuros
%S	: Porcentaje de Solidos



RESUMEN

El estudio encontró que existía una notable segregación en la molienda de sulfuros, originando que los diferentes minerales sean molidos en diferentes grados y de manera no controlada; el mineral de plomo, ha sido ratificado como el sulfuro más friable en los componentes de la mina el santo por ser enteramente polimetálica, ya que se ha detectado que comúnmente es el sulfuro que pasa con mayor facilidad a formar mallas finas; por lo indicado, un gran porcentaje de pérdidas de plomo ocurre en mallas finas, lo cual se explica mediante un fenómeno de segregación en la clasificación, es decir, la enorme diferencia que existe entre la densidad composito mineral, que en nuestro caso es de 2.8 y la densidad de la galena que es de 7.58; lo que constituye la razón para que se originó sobremolienda del plomo, lo cual afecto la flotabilidad debido a las bajas recuperaciones de plomo con un 89.31%, teniendo una pérdida del 10.69% en relaves, desplazamientos de mineral de plomo al circuito de cobre y zinc. Para el presente estudio tiene el objetivo de optimizar la flotación de minerales de plomo en celda flash en la unidad minera Suyckutambo – Espinar, Cusco. Teniendo como nivel experimental con un enfoque cuantitativo, que permitio investigar los efectos (resultados) que se obtuvieron de las pruebas experimentales, con el uso de la celda flash, en el proceso de la flotación de plomo que se realizó en la unidad minera suyckutambo. La metodología utilizada para optimizar el proceso de flotación de minerales de plomo es la experimentación del diseño factorial 2^3 , con las variables de Z-11, metil isobutil carbinol, % solidos, teniendo 8 experimentaciones más tres puntos centrales, se realizó 11 experimentaciones, y las recuperaciones son ingresados al software statgraphics; como resultado optimo mediante el software es 53.48% de



recuperación de plomo en celda flash, y a nivel industrial llegando a una recuperación del 93.97% en promedio.

Palabras Claves. celda flash, minerales de plomo, optimización de la flotación, recuperación, desplazamiento.



ABSTRACT

The study found that there was a notable segregation in the grinding of sulfides, causing the different minerals to be ground to different degrees and in an uncontrolled manner; Lead ore has been confirmed as the most friable sulfide in the components of the El Santo mine because it is entirely polymetallic, since it has been detected that it is commonly the sulfide that most easily forms fine meshes; As indicated, a large percentage of lead losses occur in fine meshes, which is explained by a segregation phenomenon in the classification, that is, the enormous difference that exists between the mineral composite density, which in our case is 2.8 and the density of galena which is 7.58; which constitutes the reason why overgrinding of lead occurred, which affected buoyancy due to low recoveries of lead with 89.31%, having a loss of 10.69% in tailings, displacement of lead ore to the copper and zinc circuit . The objective of this study is to optimize the flotation of lead minerals in a flash cell in the Suyckutambo – Espinar mining unit, Cusco. Having as an experimental level with a quantitative approach, which allowed us to investigate the effects (results) that were obtained from the experimental tests, with the use of the flash cell, in the lead flotation process that was carried out in the Suyckutambo mining unit. The methodology used to optimize the flotation process of lead minerals is the experimentation of the 23 factorial design, with the variables of Z-11, methyl isobutyl carbinol, % solids, having 8 experiments plus three central points, 11 experiments were carried out, and the results are entered into the statgraphics software; The optimal result through the software is 53.48% lead recovery in the flash cell, and at an industrial level reaching a recovery of 93.97% on average.

Keywords. flash cell, lead minerals, flotation optimization, recovery, displacement.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La flotación de minerales es un proceso crucial en la industria minera para la separación de minerales valiosos de la ganga. Dentro de este proceso, la flotación de plomo en celdas flash representa un área específica que, aunque eficiente en ciertos aspectos, enfrenta desafíos significativos en términos de optimización. Estos desafíos incluyen la necesidad de mejorar las tasas de recuperación del plomo, reducir el consumo de reactivos y energía, y minimizar los impactos ambientales asociados con el proceso.

En el contexto actual, las operaciones de flotación de plomo en celdas flash a menudo se ven limitadas por prácticas operativas subóptimas y un entendimiento incompleto de los mecanismos de flotación a nivel microscópico. Esto resulta en una eficiencia inconsistente y en la producción de concentrados de plomo de calidad variable. Además, las preocupaciones ambientales y la legislación cada vez más estricta exigen un enfoque más sostenible y eficiente en el uso de recursos en estos procesos.

La relevancia de este problema se hace más evidente al considerar la importancia del plomo en diversas aplicaciones industriales y la creciente demanda del mercado. La ineficiencia en la flotación de plomo no solo afecta la rentabilidad económica de las operaciones mineras, sino que también tiene implicaciones ambientales y de sostenibilidad. Por lo tanto, existe una necesidad crítica de explorar métodos avanzados y estrategias innovadoras para optimizar el proceso de flotación de plomo en celdas flash.



Auplata Mining Group S.A.C. es una empresa polimetálica que cuenta con una planta concentradora de flotación de minerales polimetálicos. Se obtienen bajas recuperaciones de plomo en el proceso de flotación, causadas por distintos factores como reactivos, granulometría, % de sólidos, mineralogía, entre otros.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Será posible la optimización de la flotación de minerales de plomo en celda flash como buen aporte tecnológico en la unidad minera Suyckutambo – Espinar, Cusco?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cómo determinar la dosificación del colector Z-11 en el proceso de flotación para incrementar el porcentaje de recuperación de plomo?

¿Cómo determinar la dosificación adecuada del espumante metil isobutil carbinol para incrementar un mayor porcentaje de recuperación en el proceso de flotación de plomo?

¿Cómo establecer el porcentaje de sólidos óptimo para la recuperación de minerales de plomo en celda flash?

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación teórica

La razón que motivó el presente estudio de investigación es la baja recuperación de plomo y las pérdidas en relave que se están experimentando en la planta concentradora de la unidad Suyckutambo de la empresa minera Auplata



Mining Group S.A.C. En este proceso de procesamiento de minerales polimetálicos, que incluye plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn) y plata (Ag) mediante la flotación, se observa una baja recuperación de plomo, especialmente en las mallas finas. Esta situación se debe al fenómeno de separación en la clasificación, donde existe una diferencia significativa de peso específico entre el mineral (2.8) y la galena (7.58).

1.3.2 Justificación practica

La principal consecuencia de esta disparidad es la sobremolienda del plomo, lo que afecta la flotabilidad y el desplazamiento de valores en los circuitos de separación, Zinc y relave final. Para abordar este problema, se decidió realizar el presente estudio e investigación utilizando una unidad de flotación rápida de valores de plomo en el propio circuito de clasificación. El objetivo es permitió que los circuitos posteriores generen un concentrado bulk de Plomo-Cobre con un menor contenido de plomo, enriqueciendo así el cobre.

1.3.3 Justificación metodológica

La metodología utilizada para optimizar el proceso de flotación de minerales de plomo es la experimentación del diseño factorial 2^3 , con las variables de Z-11, metil isobutil carbinol, % solidos, teniendo 8 experimentaciones más tres puntos centrales, se realizó 11 experimentaciones, y los resultados son ingresados al software statgraphics; como resultado optimo mediante el software es 53.48% de recuperación de plomo en celda flash, y a nivel industrial llegando a una recuperación del 93.97% en promedio.

1.3.4 Justificación económica



Este enfoque, además, tiene el beneficio adicional de reducir el consumo del complejo B (metabisulfito, CMC y fosfato monosódico) en la etapa de separación Plomo-Cobre (depresor de Galena), mejorando tanto el factor metalúrgico y reducción de costo de la operación metalúrgica total en la planta concentradora Suykutambo.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Hipótesis General

la optimización de la flotación de minerales de plomo en celda flash será de un buen aporte tecnológico en la unidad minera Suykutambo – Espinar, Cusco

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Influye positivamente la dosificación de colector Z-11 en el proceso de flotación para incrementar el porcentaje de recuperación de minerales de plomo.
- Influye la dosificación adecuada del espumante de metil isobutil carbinol para incrementar mayor porcentaje de recuperación en el proceso de flotación de plomo.
- Influye positivamente el porcentaje de sólidos óptimo para la recuperación de minerales de plomo en celda flash.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General



Optimizar la flotación de minerales de plomo en celda flash como un buen aporte tecnológico en la unidad de Suyckutambo – Espinar, Cusco.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la dosificación del colector Z-11 en el proceso de flotación para aumentar el porcentaje de recuperación de plomo.
- Determinar la dosificación adecuada del espumante metil isobutil carbinol para lograr un mayor porcentaje de recuperación en el proceso de flotación de plomo.

Establecer el porcentaje de sólidos óptimo para la recuperación de minerales de plomo en la celda flash.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Huacca Mamani (2021) en su artículo "Optimización del proceso de flotación de minerales auríferos en celda flash para mejorar la recuperación de oro en la empresa Cori Puno" evalúa los parámetros ideales de concentración y la instalación de una celda flash como piloto en la planta de beneficio de la empresa Cori Puno. Concluye que el factor metalúrgico sin el uso de la celda flash tiene un promedio de recuperación del 76.42%, mientras que con el uso de la celda flash se logra obtener el 77.54%.

Quispe de la Cruz (2018) en su estudio "Estudio mediante la realización de pruebas experimentales de flotación flash SkimAir 80, en la compañía minera Las Bambas" indica que trabajó con el underflow del hidrociclón, logrando una calidad de concentrado bulk de cobre del 35%, oro de 7.5 ppm y plata de 170 ppm. Las recuperaciones obtenidas son del 59%, 64% y 57%, respectivamente. La celda de flotación rápida (celda flash SK-80) como una celda unitaria en la minera Las Bambas mejoró el proceso metalúrgico en favor de la planta de beneficio de la minera Las Bambas, ya que minimizó la producción de lamas de minerales valiosos. Esta celda permitirá la recuperación de concentrados antes de sufrir una sobre molienda y, a su vez, ayuda en la filtración, ya que los concentrados de granulometría gruesa son fáciles de filtrar.

Castellares Torres (2009) en su trabajo "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" indica que el uso de la celda de flotación rápida (celda flash SK-240) en la unidad de producción Animón permitió mejorar el proceso



metalúrgico polimetálico en favor de la recuperación de plomo en la planta de beneficio de la compañía minera Volcán S.A.A, ya que minimizó la generación de partículas finas de minerales valiosos. Permite recuperar concentrados de alta ley en una sola etapa, alivia las celdas subsiguientes generando menor desplazamiento del plomo hacia el concentrado de zinc, mejora la metalurgia del plomo y captura el plomo liberado antes de sufrir una molienda fina de minerales de plomo. También se disminuye la humedad de concentrados de plomo y se logra reducir el uso de reactivos de flotación, así como de colectores y espumantes.

Yapo Figueroa (2021) en su artículo "Evaluación de los parámetros de la recuperación de plomo con la implementación de una celda SK Air – 240 en la planta concentradora Toma la Mano S.A." permitió mejorar el factor metalúrgico en la planta de beneficio de Toma la Mano S.A. con parámetros de operación como porcentaje de sólidos promedio (64%), nivel de colchón de espuma promedio (320 mm), dosificación de reactivos (3418, Z-11), granulometría de alimentación (P80 345) y RPM (165). Minimizó la sobre molienda de los minerales valiosos y permitió obtener concentrados con una granulometría fina y gruesa de alta calidad, recuperados en una sola etapa. Señala que los concentrados con granulometría gruesa proporcionados por la celda son fáciles de filtrar y evitan el desplazamiento del plomo fino al concentrado de zinc. También destaca la importancia de la ubicación de la celda.

Gonzales Guevara (2018) considera la "Implementación de una unidad de flotación rápida en la descarga del molino de bolas secundario en la empresa minera Silver Minsperu S.A.C.". Mediante la aplicación del Método de Flotación Rápida en la empresa minera Silver Minsperu S.A.C., el uso de la unidad de Flotación Rápida (Denver de 32" x 32") incrementa la eficiencia del circuito de flotación subsiguiente



para lograr mejores resultados en las celdas. Al disminuir la cantidad de mineral valioso para la misma cantidad de celdas existentes, se incrementa el tiempo de flotación.

Cornejo Flores (2018) relaciona el "Incremento de la recuperación de oro en concentrados de cobre, estudio y adecuación de las variables de flotación flash". Busca incrementar la recuperación de oro al 70% desde el 39.89% obtenido en pruebas preliminares de flotación a nivel piloto. Realiza modificaciones en las variables de proceso en campo para obtener el mejor resultado posible. A nivel de laboratorio, se estudia la dosificación de Z-6, dosificación de MX-945, dosificación de F-549 mediante un diseño factorial 23 con 3 réplicas. Se encuentra que Z-6, MX-945, F-549 y la interacción de Z-6 con MX-945 tienen influencia sobre la recuperación de Au, siendo MX-945 el que tiene mayor influencia. Se obtiene como mejor resultado una recuperación del 74.06% de Au y una ley de concentrado del 42.54% de Cu, con dosis de Z-6 = 70 g/t, dosis de MX-945 = 22 g/t, dosis de F-549 = 11 g/t. Gonzales Canchari & Arroyo Robles, (2021) sostiene que "estudio de los parámetros de la materia prima, operación, recuperación y optimización del circuito de flotación minera raura S.A.C". indica trabajando con el "Alimento del Hidrociclón" (Feed del Hidrociclón), logró obtener leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 56.53 % y 745.9 g/t; y Recuperaciones de 81.9 % y 71.9% respectivamente.

El uso de una Celda de Flotación Rápida (Celda Flash SK-240) en la Unidad de Producción Catuva permitió optimizar el proceso metalúrgico polimetálico en favor de la Planta Concentradora de la Compañía Minera Raura S. A., ya que minimizó la sobre molienda de los minerales valiosos. Además, permitió obtener concentrados de alta ley, recuperados en una sola etapa, con una considerable cantidad de minerales valiosos. Los concentrados de gruesa granulometría fueron fáciles de filtrar, y se redujeron los



desplazamientos del plomo hacia el concentrado de cobre, mejorando así la metalurgia del plomo.

Se propone el "Proyecto del circuito de flotación flash en mejora de la recuperación de oro grueso". La flotación flash solo ha sido probada a nivel de laboratorio, obteniendo recuperaciones del 88.4% de este oro que recircula, un resultado muy superior a la gravimetría que recircula el 27.57% del oro. La siguiente etapa es realizar una prueba piloto de la flotación flash para confirmar los resultados obtenidos a nivel de laboratorio. Debido a la falta de la celda de pilotaje, se realizó un programa de simulación matemática con el método de recuperaciones parciales para predecir su efecto. Según los motivos detallados en este trabajo, se concluye que la recuperación de oro y plata puede ser incrementada con la instalación de un equipo Skim Air de Outokumpu. Una mejora mínima del 1% en la recuperación de oro significa un ingreso de 16,295 dólares mensuales. Los resultados de la flotación flash a nivel de laboratorio indican una mejora mayor al 2,148 y 3%.

Quispe Yerba (2022) indica que la "Optimización del proceso de flotación de cobre arsenical en Sociedad Minera El Brocal". Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio metalúrgico de Sociedad Minera El Brocal, determinando que los reactivos seleccionados presentan una buena sinergia con las siguientes dosificaciones: Z-6 con 65 g/t, A3894 con 10 g/t y MIBC con 35 g/t a un pH de 10.5. Se logró obtener una recuperación de Cu del 91.4%, frente al 88% que se tenía con los reactivos Z-11, H-325 a un pH de 11.0. Se optimizó así en un 3.4% el proceso de flotación, y la calidad del concentrado se incrementó al 27%, mejorando la ley en un 3% de cobre.

Díaz Reaño (2015) revela que la "Evaluación del tamaño de partícula en el proceso de flotación para la recuperación de oro grueso" señala que la implementación



de un proceso que recupere este oro que recircula incrementaría la recuperación de oro actual. Para ello, existen dos procesos probados: la gravimetría mediante un concentrador centrífugo (Falcón) y la flotación flash. La flotación flash solo ha sido probada a nivel de laboratorio, obteniendo recuperaciones del 88.4% de este oro que recircula, un resultado muy superior al 27.57% de la gravimetría del oro recirculante. La siguiente etapa es realizar una prueba piloto de la flotación flash para confirmar el resultado obtenido a nivel de laboratorio.

Bustamante Rúa, Naranjo Gomez, Daza Aragón, Bustamante Baena, & Osorio Botero (2018) en su trabajo "Flash Flotation of free coarse gold using dithiophosphate and dithiocarbamate as a replacement for traditional amalgamation" desarrolla la flotación flash como un método alternativo a la separación gravitacional y la amalgamación para lograr una mayor recuperación de oro nativo grueso a través de la hidrofobicidad selectiva. Esta puede ser usada directamente en la descarga de los molinos y/o clasificadores para recuperar oro libre y grueso, cuyo tamaño sea mayor a micrómetros aproximadamente.

Feng, Liu, Liu, & Chen (2022) en su artículo "Mineralogy and Innovative Flash Flotation Separation of Cu-Pb-Zn Polymetallic Ore in weak Acidic pulp" indica que el conocimiento íntimo del conjunto mineralógico del mineral del complejo Yushui, rico en Cu, Pb y Ag, es esencial si se desea realizar un procesamiento de separación eficiente. Con la ayuda de instrumentos de prueba como el microscopio electrónico de barrido (SEM), el difractómetro de rayos X (XRD) y el analizador de liberación mineral (MLA), combinados con el análisis de rayos X de dispersión de energía (EDX), se investigó la distribución del tamaño, la diseminación y la asociación de los minerales. Los resultados demuestran que el mineral consta de 35 categorías de minerales, con un contenido de Cu del 7.99%, Pb del 9.39% y Zn del 1.96%, en forma de calcopirita,



galena y esfalerita, respectivamente. La plata, con un contenido de 157.9 g/t, está estrechamente asociada con estos sulfuros. Los sulfuros están presentes en cantidades del 80.31% del total, las gangas tradicionales solo el 19.69%, y la pirita actúa como mineral portador de Cu-Pb-Zn-Ag hasta el 44.80%.

Cobos Granda (2018) en esta investigación da a entender la hidrofobia selectiva que permite flotar un grupo de minerales valiosos, teniendo en cuenta la mojabilidad o no, con el agua que mejora las propiedades de flotación a través del uso de distintos reactivos. Aumenta el factor metalúrgico a partir de la elección de colectores como zantatos (PAX y Allylthionocarmabamate), usando como modificador al sulfato de cobre (Cu SO_4), y depresores (Zn SO_4), y espumantes (MIBC y AEROFROTH 65) con un grado de acidez entre 7-9 controlado con la cal. Se realizaron 8 pruebas experimentales con el estudio y aplicación de parámetros óptimos en flotación Rougher para recuperación no menor a 30 g/t.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Mineralogía de la Galena

El depósito está ubicado en el cinturón volcánico occidental de los Andes. Un sistema de vetas epitermales de baja sulfuración es visible en el sur de Perú. Enterrado en andesita y dacita, está mineralizado con plata, oro, plomo, cobre y zinc. La mineralización está asociada con la intrusión del batolito subyacente. Por ejemplo, se pueden observar secuencias clásticas y carbonatadas en minas cercanas, como la mina de Tintaya. La mineralogía se compone de minerales como pirita, esfalerita y galena. Además, se han identificado minerales como pirrotita, hematita, tetraedrita, bornita, azurita y calcopirita en las



muestras. También se descubrió oro en cuarzo, calcopirita y ganga, que está compuesta principalmente por cuarzo y rodonita.

2.2.2 Muestreo

Para lograr la optimización de un proceso metalúrgico, lo primero que se debe hacer es identificar el problema del proceso metalúrgico y definir los puntos de muestreo.

Para poder realizar una mejora en la planta concentradora.

Muestra. - parte o porción extraída de un conjunto que es representativa.

Población o lote. - conjunto completo de observaciones que deseamos estudiar.

Incremento. - Cantidad extraída del lote en una sola operación.

Atributo. - Características que es de interés

Espécimen. - Parte de un lote que es tomada sin respetar la teoría de muestreo (único)

Comportamiento crítico. – lo que se desea cuantificar.

2.2.3 Flotación

La flotación es un proceso de separación de materias de distinto origen que se lleva a cabo desde sus pulpas acuosas mediante burbujas de gas, basándose en sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas. Es un proceso aplicable a minerales metálicos, no metálicos, sulfuros, silicatos, carbonatos, fosfatos y metales nativos, así como a carbones. Consiste en separar el mineral

valioso del material estéril que lo acompaña. Por ejemplo, en el caso de un sulfuro de plomo como la galena, se busca separarlo de los aluminio-silicatos que lo acompañan, conocidos como ganga.

Estas separaciones pueden adoptar diversas formas:

- **Flotación colectiva**

Se produce la separación en dos grupos, de los cuales el concentrado, contiene por lo menos dos o más componentes.

- **Flotación selectiva**

Realiza la separación en diferentes concentrados, uno por cada valor metálico.

Cuando las especies útiles constituyen una fracción menor del mineral y las especies estériles son de gran volumen, la separación por flotación adquiere el aspecto de un proceso de concentración. Por ejemplo, en el caso de la flotación Bulk. Por otro lado, cuando la parte estéril es una fracción menor del mineral, las separaciones por flotación adquieren el carácter de un proceso de purificación. Un ejemplo de esto es la flotación Cleaner. (Ortiz, 2015)

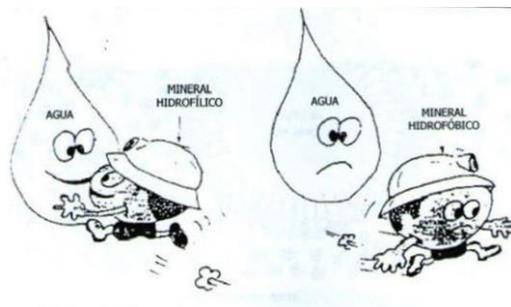


Figura 1. Esquema específica que explica los fenómenos hidrofílicos e hidrofóbicos

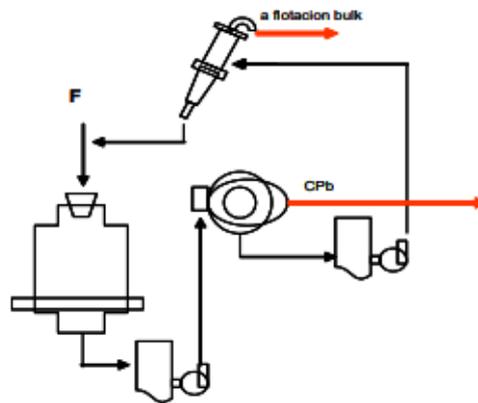
Fuente: Ortiz, (2015)

2.2.4 Marco Teórico de Flotación Flash

Es un método de flotación instantánea de partículas valiosas liberadas de peso específico alto, como la galena, desde un circuito de molienda – flotación. Se debe considerar una celda de flotación flash cuando los minerales valiosos tienen suficiente liberación con respecto a la ganga, y cuando los minerales a recuperar tienen un alto peso específico en comparación con la ganga, lo que lleva a su concentración en las cargas circulantes de molienda. Las celdas de flotación flash proporcionan beneficios como menor remolienda de valores de galena, un aumento típico en la recuperación de la galena y una mejor humedad de los concentrados.

2.2.4.1 Descripción del Proceso de Flotación Flash.

En la siguiente imagen se muestra un esquema de la celda de



flotación flash en circuito molienda clasificación.

Figura 2. Esquema que explica el funcionamiento de la celda flash

Fuente. Cabala, (2003)

2.2.4.2 Partes de una celda de flotación flash.

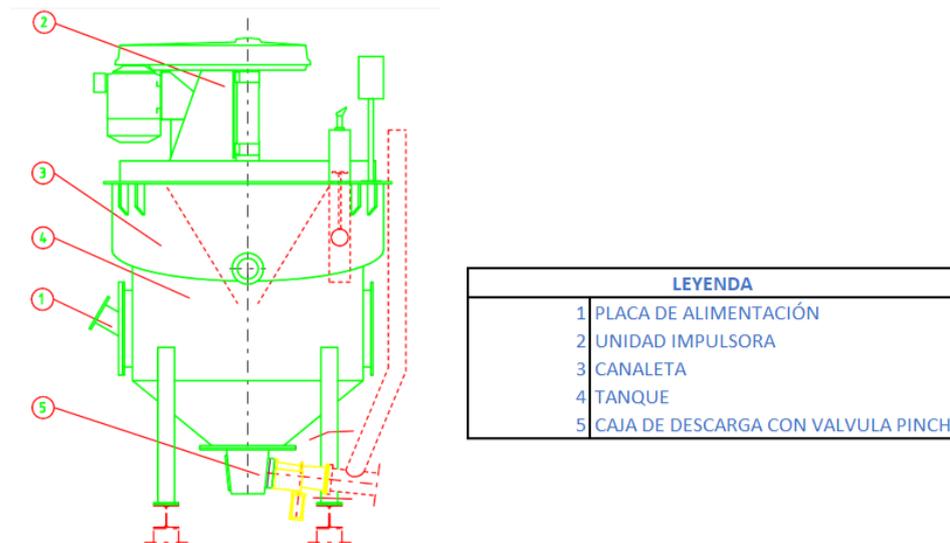


Figura 3. Partes importantes de la celda flash sk-80

2.2.4.3 Descripción del Funcionamiento del Controlador de Nivel por Válvula Pinch.

El monitor ultrasónico de nivel debe ser fijado al brazo de soporte con el tubo amortiguador, conectándolo a la viga de soporte en la parte superior del tanque, cerca del extremo del orificio de descarga. Conecte el agua de enjuague si es necesario. Coloque el flotador dentro del tubo porta flotador con su eje fijo, de manera que la parte superior del eje en su posición más alta quede a 25 cm por debajo del nivel anticipado del sensor. Fije la placa de señal en la parte superior del eje y la plancha del indicador sobre la placa de señal. Realice la calibración del transmisor de nivel de acuerdo con las instrucciones en el manual del fabricante.

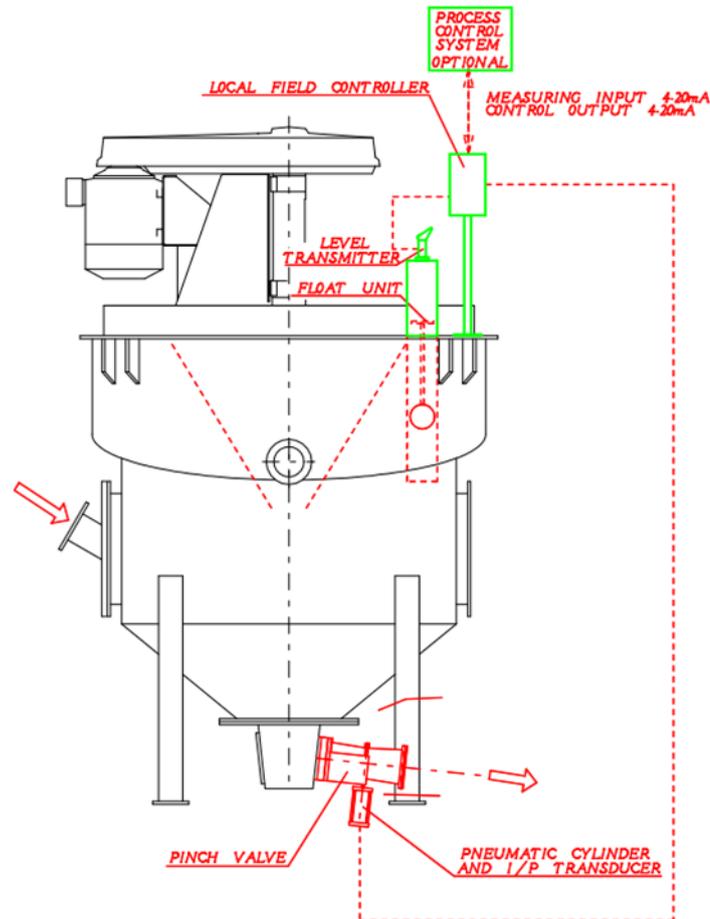


Figura 4. Esquema de funcionamiento del ultrasónico

Fuente: Outokumpu, (2018)

2.2.4.4 Finalidad de la Flotación Flash.

Como método, la flotación flash, en su aplicación, constituye una herramienta que sirve para el proceso de optimización de plantas concentradoras polimetálicas. En estas plantas, donde existen diferentes gravedades específicas para cada especie mineralógica, el sulfuro de plomo (galena) generalmente experimenta sobremolienda debido a su mayor tiempo de residencia recirculando en el underflow del hidrociclón. Estas partículas, posteriormente, se convierten en pérdidas metálicas de valores (Castellares, 2009)

- Recuperación del proceso entre 40% - 60%.



- Tamaño de 350 micrones.
- Celdas Dimensionales: las celdas son dimensionadas en función a su tonelaje de alimentación y normalmente opera con el flujo de la carga circulante dentro del circuito de molienda.
- Capacidad: de 15 a 2400 TPH.
- Densidad recomendable es de 1800 gr/l.

2.2.4.5 Usos Principales de las Celdas de Flotación Flash

El método de las celdas de flotación flash, principales son usados para: Minería de metales pesados en general, Minería de oro (Au), Minería de plomo (Pb) (Castellares, 2009)

2.2.4.6 Ventajas del Uso de una Celda de Flotación Flash

En la minería polimetálica, como el caso materia de estudio donde se extraen minerales como plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu), plata (Ag), y otros; el uso de una celda de flotación flash (rápida), frente a una flotación convencional, permite dar ventajas en el proceso, en los aspectos que se indican:

- Minimiza la sobremolienda de los minerales valiosos
- Concentrados finales de alta ley
- Volúmenes menores en las celdas convencionales



- Ser reduce también la carga circulante en el circuito de molienda, posibilitándose así una tasa de procedimientos más alta y un control más constante
- Mejora en el proceso de filtración.
- Aumenta la recuperación global, aprovechando las buenas características del mineral para la flotación. (Castellares, 2009)

2.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA OPERACIÓN ACTUAL (500 TMSD) DE LA PLANTA CONCENTRADORA ANA MARÍA DE AMG S.A.C.

El proceso en la planta concentradora Ana maría es la flotación polimetálica de minerales, se identifican proceso de recepción, chancado, molienda, flotación, filtro, recirculación de agua y relave estos procesos se detallan en seguida.



mineral en la planta concentradora es pesado y depositado en la cancha de gruesos na ley uniforme de baja ley y alta ley esta mezcla ingresa ala tolva de gruesos.

2.3.2 Circuito de Chancado

El mineral recepcionado es ingresado directamente a la tolva de gruesos de 150 TM de capacidad para ser descargad o, la tolva cuenta con unas parrillas de 6” para evitar el paso de las rocas más grandes. De la tolva se alimenta mediante un alimentador tipo apron feeder de 30” x 62 placas, a un gryzzly estacionario de batidores 3´ x 6´ cuya apertura es de 2” para clasificar los finos de los gruesos.

El producto +2” alimentan a una chancadora de quijadas FUNVESA de 18” x 24” con un set de descarga 1 ½”. El producto de chancadora de quijadas con el -2” del gryzzly es recepcionado por una faja transportadora de 24 de ancho por 26 m de longitud (N° 1), que alimenta a una zaranda vibratoria 3.5´ x 10´, con malla en el primer y segundo sector de 5/8”, el tercero y cuarto sector de ½”.

El producto +5/8 y +1/2 alimentara a una chancadora de cono Symons NORDBERG 3´ con un set de descarga de 1/2. El producto de la chancadora es recepcionado por una faja 24” de ancho por 29 m (N°2), que conduce el mineral a la faja (N°1); el material -1/2 de la zaranda vibratoria que es el producto final es recepcionado a una faja transportadora de 24” de ancho por 8 m de longitud (N°3) que conduce el mineral a la faja transportadora de 24” de ancho por 9 m de longitud (N°4) reversible que alimenta a las tolvas de fino.

2.3.2.1 Datos de Chancado



Apertura de la parrilla.	6"
Capacidad de la tolva de gruesos.	150 TM
Chancado primario de 18" x 24" set de descarga 2".	26.13
TM/h	
Chancadora de cono secundaria 3"	
Zaranda vibratoria	
Tolva de finos	

2.3.3 Equipos Usados en el Circuito de Chancado

Tabla 1.

Equipos usados en el circuito de chancado

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	tolva de gruesos
2	1	apron feeder de 30" x 64 placas
3	1	chancadora de quijada FUNVESA 18" X 24
4	1	Faja transportadora N°1 24" x 26 m
5	1	zaranda vibratoria
6	1	chancadora de cono de 3'
7	1	Faja transportadora N°2 24" x 29 m
8	1	Faja transportadora N°3 24" x 8 m
9	1	Faja transportadora N°4 24" x 8 m reversible
10	3	tolva de finos

2.3.4 Descripción de Equipos

2.3.4.1 Apron Feeder 30" x 62 placas

Equipo modelo oruga de 8d, con 30" de ancho y 62 placas, el equipo es accionado por un motor marca BENJING de 25 HP, 1180 RPM, Sprocket 16d y catalina de 75d, cuenta con un variador de velocidad.



2.3.4.2 Chancadora de Quijadas 18” x 24”

Recibe la carga el producto grueso del Gryzzly vibratorio 2”, y alimenta a la faja transportadora N°1. Marca FUNVESA, accionado por un motor de 60 HP y 1170 rpm.

Tonelaje: 627.12

Potencia: 60 HP

Voltaje: 440 v

Intensidad: 40 Amp. (practico)

Intensidad nominal: 61 Amp (información del motor)

Cos0: 0.6

2.3.4.3 Faja Transportadora N°1 de 24” x 26 m

Conduce el producto de triturado y los finos del grizzli hasta la zaranda tipo convencional de jebe y 3 pliegues, soporte de acero estructural, con polea de cabeza y cola de 14 diámetro, accionada con un motor SIEMENS de 7.5 HP y reductor de velocidad DODGE.

2.3.4.4 Zaranda Vibratoria 4’ x 12’.

Se encarga de clasificar los finos de los gruesos, comuna abertura de malla de ½” el producto grueso pasa la chancadora de cono y el producto fino cae a la faja N°3 y conduce a las tolvas de fino.

Capacidad: 15 – 60 TMD



Potencia: 20 HP

Voltaje: 440 v

2.3.4.5 Chancadora Secundaria SYMONS DE 3' STD

Tritura el producto grueso de la zaranda vibratoria y descarga en la faja trasportadora N°2, tipo cono marca Symonds hecha de acero al manganeso, con accionamiento hidráulico, accionado por un motor de 70 HP y 1175 rpm.

Tonelaje :528.07 TMD

Potencia:70 HP

Voltaje: 440 v

Intensidad: 55 Amp practico

Intensidad nominal: 75 Amp placa

Cos0: 0.87

2.3.4.6 Faja Transportadora N°2 de 24" x 29 m

Conduce el producto de triturado por la chancadora de cono hasta la faja N°1, tipo convencional de jebe y 3 pliegues, soporte de acero estructural, con polea de cabeza y cola de 14 diámetro, accionada con un motor SIEMENS de 7.5 HP, 1750 rpm y reductor de velocidad DODGE.

2.3.4.7 Faja Transportadora N°3 de 24" x 8 m



Conduce el producto fino pasante de la zaranda a la faja reversible N°4 quien reparte la carga a dos tolvas de finos, tipo convencional de jebe y 3 pliegues, soporte de acero estructural, con polea de cabeza y cola de 14 diámetro, accionada con un motor SEW EURODRIVE de 5.5 HP Rr 1745/42.

2.3.4.8 Faja Transportadora N°4 de 24” x 8 m reversible

Conduce el producto de la faja N°3 a la tolva de finos N°1 y N°3, tipo convencional de jebe y 3 pliegues, soporte de acero estructural, con polea de cabeza y cola de 14 diámetro, accionada con un motor SEW EURODRIVE de 5.5 HP Rr 1745/42.

2.3.4.9 Capacidad Teórica de la Faja

Se presenta la siguiente ecuación para hallar la capacidad de las fajas:

$$T = \frac{(1980000 * P)}{L + H}$$

Tabla 2.

Capacidad de fajas

N°faja	LONG. (m)	MOTOR (HP)	ALTURA (Ft)	CAP. TEORICA (lb/hr)	CAP. TEORICA (TM/hr)
1	88.13	10	26.5	172729.65	76.89771045
2	91.84	10	13.55	187873.61	83.63966741
3	26.01	5.5	7.81	321998.82	143.3510202
4	28.372	5.5	1	370761.27	165.0596317

2.3.4.10 Tolva de Finos

Recibe el producto final triturado, tipo cilíndrico 3.80 m de diámetro x 3.60 altura y la parte de cono 3.80 m de diámetro x 2.00 m



altura; construido de planchas de acero ASTM A-36 de $\frac{1}{4}$ ", soportados con vigas H de 8". La capacidad de la tolva va a depender de la gravedad específica de los minerales provenientes de la mina el santo, la planta concentradora Ana maría cuenta con tres tolvas de fino dos de la misma capacidad y otra distinta.

2.3.4.11 Cálculo de Capacidad de la Tolva de Finos

Volumen del Cilindro

Donde:

D: 3.80 m

H: 3.60 m

Vcil.=	40.83	m ³
--------	-------	----------------

Volumen del Cono

Donde:

d: 0.60 m

h: 2.00 m

Vcono=	8.94	m ³
--------	------	----------------

Capacidad de las Dos Tolvas de Fino

mineral	% de espacio vacios	G.E.	capacidad TM	capacidad total TM
santo	5	2.7	130.35	260.70

2.3.4.12 Sección Molienda



El objetivo en el circuito de molienda es obtener el óptimo grado de liberación de los elementos valiosos del mineral y esta se realizará en dos etapas: molienda primaria y molienda secundaria, la liberación de tamaño promedio es 140 micras, se usa molienda en medio húmedo.

2.3.4.13 Molienda Primaria y Secundaria

El mineral almacenado en la tolva de finos 260.7 THM, se extrae mediante un chute de descarga con una compuerta graduable, a través de la faja N° 5, N° 6 (18" x 2.5 m). De las dos fajas se entregará la carga de mineral a la faja N° 8, quien conducirá la carga al molino 8' x 36" y la faja N° 7 alimentará directamente al molino primario 6' x 6' N° 01. esto con el fin de cumplir con el tonelaje deseado. En este circuito tenemos dos etapas de tratamiento:

Molienda Primaria: se compone de un molino de bolas 8' x 36" y el molino 6' x 6' son molinos primarios, la bomba horizontal 5" x 4" N°1 y bomba horizontal 5" x 4" N°2 (Stand by).

Molienda Secundaria: se componía de un molino 6' x 6', su descarga de este molino ira por gravedad a la bomba horizontal 5" x 4" N°1 y bomba horizontal 5" x 4" N°2 (Stand by).

2.3.4.14 Molino Primario de Bolas 8' x 36"

Trabaja con un motor de 200 HP y alimenta mineral para un tratamiento de 291.6 TMD a un ritmo de 12.15 TMSH. La granulometría promedio de alimentación al molino primario es de 3/8" (F80 = 10545.91 - 6350 micrones), Y la eficiencia del producto granulométrico de



molienda primaria se encontrará en un promedio de un $P80 = 533.54$ micrones. El producto es enviado a una bomba horizontal Espiasa 5" x 4" N° 1 el cual bombea hacia a un ciclón de D – 12.

Modelo: HARDINGE

Potencia: 200 HP

Voltaje: 440 volt

Amperaje: 215 Amp (practico)

mineral: 2.70 gr/cc

2.3.4.15 Cálculo de la Velocidad Critica

$$V_c = \frac{76.63}{\sqrt{D}}$$

$V_c =$	27.09
---------	-------

Donde:

V_c = velocidad critica del molino (RPM)

D = diámetro exterior del molino 8' (ft)

Cálculo del % de la velocidad critica

$$\%V_c = \frac{\text{RPM (Actual)}}{V_c}$$



%Vc=	83.89
------	-------

2.3.4.16 Cálculo de la Velocidad de Operación

Se recomienda una velocidad de operación solo para molinos de bolas un 75 a 85%.

$$V_o = 57 - 40 * \log (D)$$

V _o =	20.88
------------------	-------

2.3.4.17 Energía Total Suministrada

$$P = \frac{(E * I * \sqrt{3} * \cos\phi)}{1000}$$

P=	143.28
----	--------

 KW

2.3.4.18 Consumo de Energía

$$W = P/T$$

W=	11.79
----	-------

 KW-Hr/Tc

Donde:

P = Energía total suministrada al motor (KW)

T = Tonelaje total al molino (Tc/Hr)

2.3.4.19 Tonelaje Máximo que se Puede Tratar



$$T. \max = \frac{0.746 * Hp. instalada}{W}$$

T. max=	12.65	Tc/hr
---------	-------	-------

2.3.4.20 Eficiencia del Molino

$$\%E = \frac{\text{Tonelaje.Practico}}{\text{Tonelaje.maximo}} * 100$$

%E=	96.05
-----	-------

2.3.4.21 Cálculo de la Carga Inicial de Bolas

Calculando la carga de bolas mediante la siguiente expresión matemática, para la distribución de tamaños de bolas usamos el método Taggart.

$$W = 80 * D^2 * L$$

W=	15360.00	lbs
----	----------	-----

2.3.4.22 Determinación de la Carga de Inicial de Bolas por Tamaño de Bolas

Tabla 3.
Determinación del tamaño de bolas

Diametro	% Distribución	Peso (lbs)	peso de bola c/u (lbs)	N° de bolas
4	32	4915	7.5	655
3.5	28	4301	6	717
3	24	3686	5	737
2	16	2458	3	819
12.5	100	15360		



Tabla 4.

Según taggart:

diámetro	% distribución	peso (lbs)	peso de bola c/u (lbs)	N° de bolas
4	40	6144	7.5	819
3.5	30	4608	6	768
3	20	3072	5	614
2	10	1536	3	512
	100	15360		

2.3.4.23 Molino de Bolas Marcy 6' x 6'

El molino de bolas 6' x 6' N°1 también es un molino primario que trabajara con un motor de 150 HP y alimentaran mineral para un tratamiento de 220 TMD y a un ritmo de 9.17 TMD. la granulometría promedio de alimentación al molino es de 3/8" (F80 = 10545.91 - 6350 micrones), Y la eficiencia del producto granulométrico de molienda primaria se encontrará en un promedio de un P80 = 533.54 micrones. El producto es enviado a una bomba horizontal Espiasa 5" x 4" N° 1 el cual bombea hacia a un ciclón de D – 12.

Modelo: FUNCAL

Potencia: 150 HP

Voltaje: 440 volt

Amperaje: 156 Amp (practico)

Cos0:0.8

Capacidad:9.17 TMH

p mineral: 2.70 gr/cc

2.3.4.24 Cálculo de la Velocidad Critica

$$V_c = \frac{76.63}{\sqrt{D}}$$



Vc=	31.28
-----	-------

Donde:

Vc = velocidad critica del molino (RPM)

D = diámetro exterior del molino 6' (ft)

Cálculo del % de la velocidad critica

$$\%Vc = \frac{\text{RPM (Actual)}}{Vc}$$

%Vc=	67.14
------	-------

2.3.4.25 Cálculo de la Velocidad de Operación

Se recomienda una velocidad de operación solo para molinos de bolas un 75 a 85% .

$$Vo = 57 - 40 * \log (D)$$

Vo=	25.87
-----	-------

2.3.4.26 Energía Total Suministrada

$$P = \frac{(E * I * \sqrt{3} * \cos\phi)}{1000}$$

P=	95.11	KW
----	-------	----

2.3.4.27 Consumo de Energía



$$W = P/T$$

W=	9.41
----	------

 KW-Hr/Tc

Donde:

P = energía total suministrada al motor (KW)

T = tonelaje total al molino (Tc/Hr)

2.3.4.28 Tonelaje Máximo que se Puede Tratar

$$T. \max = \frac{0.746 * Hp. instalada}{W}$$

T. max=	11.89
---------	-------

 Tc/hr

2.3.4.29 Eficiencia del Molino

$$\%E = \frac{\text{Tonelaje. Practico}}{\text{Tonelaje. maximo}} * 100$$

%E=	85.03
-----	-------

2.3.4.30 Cálculo de la Carga Inicial de Bolas

Calculo la carga de bolas mediante la siguiente expresión matemática, para la distribución de tamaños de bolas usamos el método taggart.

$$W = 80 * D^2 * L$$

W=	17280.00
----	----------

 lbs



2.3.4.31 Determinación de la Carga de Inicial de Bolas por Tamaño de Bolas

Tabla 5.
Determinación del tamaño de bolas

diametro	% distribución	peso (lbs)	peso de bola c/u (lbs)	N° de bolas
4	32	5530	7.5	737
3.5	28	4838	6	806
3	24	4147	5	829
2	16	2765	3	922
12.5	100	17280		

Tabla 6.
Según Taggart:

diametro	% distribución	peso (lbs)	peso de bola c/u (lbs)	N° de bolas
4	40	6912	7.5	922
3.5	30	5184	6	864
3	20	3456	5	691
2	10	1728	3	576
	100	17280		

2.3.4.32 Molino de Bolas Marcy 6' x 6'

El molino de bolas 6' x 6' es secundario que trabajara con un motor de 125 HP y alimentaran mineral para un tratamiento de 220 TMD y a un ritmo de 9.17 TMD. la granulometría promedio de alimentación al molino es de 3/8" (F80 = 10545.91 - 6350 micrones), Y la eficiencia del producto granulométrico de molienda primaria se encontrará en un promedio de un P80 = 533.54 micrones. El producto es enviado a una bomba horizontal Espiasa 5" x 4" N° 1 el cual bombea hacia a un ciclón de D – 12.

Modelo: FUNCAL

Potencia: 150 HP



Voltaje: 440 volt

Amperaje: 150 Amp (practico)

Cos0:0.8

2.3.4.33 Cálculo de la Velocidad Critica

$$V_c = \frac{76.63}{\sqrt{D}}$$

Vc=	31.28
-----	-------

Donde:

Vc = velocidad critica del molino (RPM)

D = diámetro exterior del molino 6' (ft)

Cálculo del % de la velocidad critica

$$\%V_c = \frac{\text{RPM (Actual)}}{V_c}$$

%Vc=	67.14
------	-------

2.3.4.34 Cálculo de la Velocidad de Operación

Se recomienda una velocidad de operación solo para molinos de bolas un 75 a 85%.

$$V_o = 57 - 40 * \log (D)$$

Vo=	25.87
-----	-------

2.3.4.35 Cálculo de Carga Circulante

En función de densidades



$$R_{cc} = \frac{(D_c - 1)(D_d - D_o)}{(D_o - 1)(D_c - D_d)}$$

Donde:

Dd: Densidad de pulpa en la descarga del molino

Do: densidad de pulpa en la descarga del clasificador

Dc: densidad de pulpa en las arenas del clasificador

Rcc: relación de carga circulante

molino	densidades (kg/L)			Rcc
	Dd	Do	Dc	
6' x 6'	1.7	1.38	2.16	2.12

Si el molino pasa 520 TM entonces su carga circulante será.

$$\text{Carga circulante} = 520 * 2.12$$

$$\text{Carga circulante} = 1102.4 \text{ TMD}$$

2.3.4.36 Energía Total Suministrada

$$P = \frac{(E * I * \sqrt{3} * \cos\phi)}{1000}$$

$$P = \boxed{91.45} \text{ KW}$$

2.3.4.37 Consumo de Energía

$$W = P/T$$

$$W = \boxed{10.48} \text{ KW-Hr/Tc}$$



Donde:

P = energía total suministrada al motor (KW)

T = tonelaje total al molino (Tc/Hr)

2.3.4.38 Tonelaje Máximo que se Puede Tratar

$$T. \max = \frac{0.746 * Hp. instalada}{W}$$

T. max=	8.90	Tc/hr
---------	------	-------

2.3.4.39 Eficiencia del Molino

$$\%E = \frac{\text{Tonelaje. Practico}}{\text{Tonelaje. maximo}} * 100$$

%E=	76.62
-----	-------

2.3.4.40 Cálculo de la Carga Inicial de Bolas

Calculando la carga de bolas mediante la siguiente expresión matemática, para la distribución de tamaños de bolas usamos el método taggart.

$$W = 80 * D^2 * L$$

W=	17280.00	lbs
----	----------	-----

2.3.4.41 Determinación de la Carga de Inicial de Bolas por Tamaño de Bolas

Tabla 7.
Determinación del tamaño de bolas

Diámetro	% distribución	Peso (lbs)	Peso de bola c/u (lbs)	Nº de bolas
4	32	5530	7.5	737
3.5	28	4838	6	806
3	24	4147	5	829
2	16	2765	3	922
12.5	100	17280		

Tabla 8.

Según taggart:

Diámetro	% distribución	Peso (lbs)	Peso de bola c/u (lbs)	Nº de bolas
4	40	6912	7.5	922
3.5	38	5184	6	864
3	20	3456	5	691
2	10	1728	3	576
	100	17280		

2.3.4.42 Hidrociclón D-12

Este hidrociclón recibe la pulpa impulsada por una bomba horizontal ESPIAZA 5" x 4" N°1 accionada por un motor de 40 HP genera los productos:

Over Flow (finos), con una granulometría de 55% malla -200 y una densidad de pulpa de 1280 gr/lt, que alimenta a la celda WS 8" x 8" de 402.12 pies³, la cual trabaja con un motor eléctrico de 40 kw. La celda constituye la etapa Rougher de flotación bulk Cu/Pb.

Under Flow (gruesos), con una densidad de 2030 gr/lt, constituye el alimento para el molino 6' x 6' que se ha implementado para aumentar la capacidad de la planta concentradora.

2.3.4.43 Cálculo de la Eficiencia del Hidrociclón D-12

Tabla 9.
Análisis granulométrico hidrociclón D-12

# malla	micrones	alimentación al clasificador				over flow				under flow			
		peso	reten. %	acum. %	pasante %	peso	reten. %	acum. %	pasante %	peso	reten. %	acum. %	pasante %
40	425	27.32	13.71	13.71	86.29	1.69	0.86	0.86	99.14	35.79	17.62	17.62	82.38
70	212	64.15	32.19	45.90	54.10	43.13	21.87	22.73	77.27	75.25	37.05	54.67	45.33
100	150	31.83	15.97	61.88	38.12	33.9	17.19	39.92	60.08	34.45	16.96	71.63	28.37
120	106	24.75	12.42	74.30	25.70	34.45	17.47	57.39	42.61	23.82	11.73	83.35	16.65
200	75	19.56	9.82	84.12	15.88	29.66	15.04	72.44	27.56	15.8	7.78	91.13	8.87
-200	-75	31.65	15.88	100.00	0.00	54.35	27.56	100.00	0.00	18.01	8.87	100.00	0.00
		199.26	100			197.18				203.12			

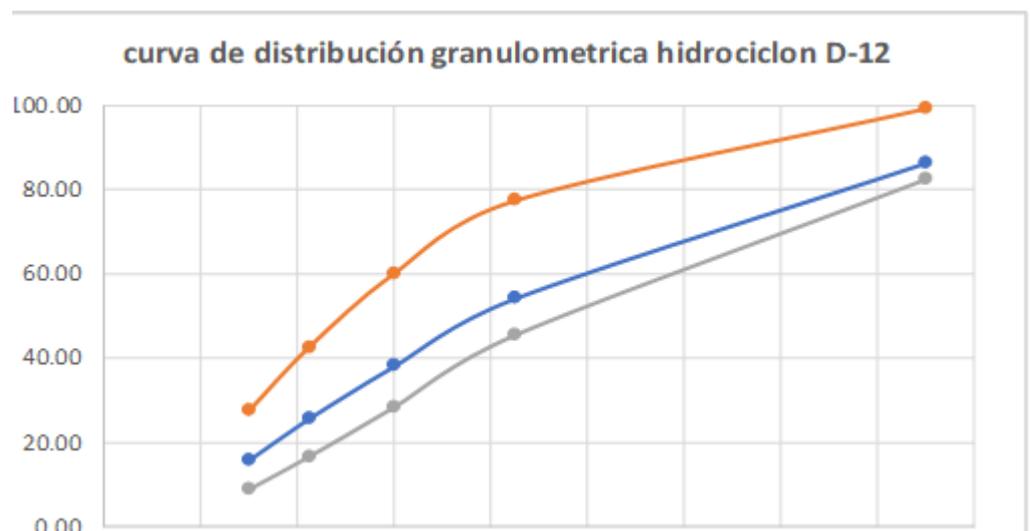


Figura 6. Curva de distribución granulométrica hidrociclón D-12

2.3.5 Circuito de Flotación Bulk

2.3.5.1 Flotación bulk Cu/Pb: Rougher ws 8' x 8'

Se tiene una celda ws 8' x 8', el cual recibe como alimento el over Flow del hidrociclón D-12, con densidad de 1320 g/l y la granulometría de 53 a 55% malla -200. Este equipo constituye el equipo Rougher I el cual produce un pre concentrado en una sola etapa de flotación, esta celda esta accionada por un motor eléctrico de 40 HP.



El concentrado de la celda WS 8' x 8', pasa al acondicionador 5' x 5' de etapa de separación de Cu/Pb bombeado por una bomba 3'' x 3'', accionada por un motor eléctrico de 20 HP.

2.3.5.2 Flotación Bulk Cu/Pb: Scavenger – Dr-200

El relave proveniente de la celda WS 8' x 8', sirve como alimento a las tres celdas de Dr-200, que son accionado por un motor eléctrico 40 HP. Los cuales producen un pre concentrado. Este pre concentrado pasa por dos etapas de limpieza, a través de un banco de 04 celdas SP-18 accionada por un motor eléctrico 12.5 HP, el pre concentrado producto de la SP-18, pasa a un banco de 04 celdas SP-15 accionada por un motor eléctrico 7.5 HP. El relave del circuito Scavenger constituye el relave final del circuito bulk Cu/Pb.

2.3.5.3 Acondicionador 5' x 5' y 4' x 4'

Se alimenta del pre concentrado de la flotación bulk Cu/Pb accionada con un motor eléctrico de 20 HP cada uno.

2.3.5.4 Flotación de Cu: Rougher Sp-15

Recibe como alimento el producto del condicionador 4' x 4' ingresa al banco de 4 celda de Sp-15, este equipo constituye la etapa Rougher I, el cual produce un pre concentrado de Cu en una sola etapa de flotación, accionada cada dos celdas por un motor eléctrico de 10 HP.

2.3.5.5 Flotación de Cu: Scavenger Sp-18



Recibe como alimento el relave del banco de celda Sp-15, enviada por una bomba vertical de 2 ½, accionada por un motor 7.5 HP. Este equipo constituye la etapa de Scavenger, accionada por un motor eléctrico de 15 HP, el cual produce un pre concentrado que se mezcla con el producto del acondicionador 4' x 4' en circuito cerrado. el relave es el concentrado de Pb que es enviada al cono sedimentador de concentrado por una bomba horizontal de 2 ½'' x 2''. Accionada por un motor eléctrico de 10 HP

2.3.5.6 Flotación de Cu: cleaner Sp-15

Recibe como alimento las espumas del banco de Sp -15 de cuatro celdas, constituye dos celdas de Sp – 15 como cleaner que produce el concentrado final de Cu, que trabaja con un motor eléctrico de 7.5 HP, su relave pasa al banco de celda Sp – 15 mediante el desarenador. el concentrado de Cu es enviado a cono sedimentador de Cu mediante una bomba horizontal de 2 ½'' x 2''. Accionada por un motor eléctrico de 10 HP.

2.3.6 Circuito de Flotación Zn

2.3.6.1 Acondicionador: 8' x 8'

Recibe como alimento el relave final del circuito bulk enviada mediante una bomba vertical 2 ½'' x 48 N° 6, accionada por un motor eléctrico 15 HP. Este acondicionador es accionado por un motor 25 HP.

2.3.6.2 Flotación Zn: Rougher OK-10



Se tiene una celda OK-10, el cual recibe como alimento la pulpa acondicionada por gravedad, del acondicionador 8' x 8', este equipo constituye la etapa Rougher I, el cual produce el concentrado final en una sola etapa de flotación. Esta celda esta accionada por un motor eléctrico 50 HP.

El concentrado de la celda OK-10 ingresa aun sumidero de concentrado final y es enviada mediante una bomba 2 ½'' x 2'' accionada por un motor 10 HP.

El relave de la celda OK-10 se envía a la bomba vertical 2 ½ '' x 48 N° 7, que trabaja con un motor eléctrico de 25 HP, el cual alimenta a la celda WS 8'x 8'.

2.3.6.3 Flotación Zn: Rougher ws 8'x 8'

Se tiene una celda ws 8'x 8', el cual recibe como alimento el relave de la ok-10. Este equipo constituye el equipo Rougher II el cual produce concentrado final en una sola etapa de flotación, esta celda esta accionada por un motor eléctrico de 40 HP.

El producto de la celda WS 8'x 8', es enviada mediante una tubería al cajón de concentrado final y bombeado por una bomba 1 ½ '' x 1 ¼ '', accionada por un motor eléctrico de 20 HP.

2.3.6.4 Flotación Zn: Scavenger I – Dr-200

El relave proveniente de la celda WS 8'x 8' es mezclada con el relave de la limpieza Sp-18, es enviada por una bomba vertical N° 04 de 2 1/2 '' x 2'' accionada por un motor eléctrico de 15 HP, que sirve como



alimento a la celda Dr-200 compuesto por 4 celdas, que es accionada por un motor eléctrico de 40 HP cada uno, que produce un pre concentrado. Este pre concentrado pasa por una etapa de limpieza, a través de un banco de 04 celda de Sp-18. El relave del circuito Scavenger pasa a un banco de 02 celdas de dr-100 por gravedad.

2.3.6.5 Flotación Zn: Scavenger II Dr-100

Recibe el relave del banco de 04 celdas de Dr-200 es enviada por gravedad, que es accionada por un motor eléctrico de 30 HP, los cuales producen un pre concentrado, este pre concentrado es mezclado con el relave de la 8' x 8' y relave de la limpieza Sp-18 ' es enviada por una bomba N° 04 vertical de 2 1/2 '' x 2'' accionada por un motor eléctrico de 15 HP que conduce otra vez a la Dr-200. El relave del banco de DR-200 es el relave final de la flotación.

2.3.6.6 Limpieza del circuito Scavenger I: Sp-18

Recibe el pre concentrado de la Dr-200 como alimento por gravedad, está constituida por 04 celda, accionadas con dos motores de 12.5 HP, las cuales producen el concentrado final que ingresa aun sumidero de concentrado final y es enviada mediante una bomba 2 1/2'' x 2'' accionada por un motor 10 HP. El relave regresa a la bomba N°04 y sirve como alimento a la Dr-200.

2.3.6.7 Equipos en Circuito de Flotación

Tabla 10.
Equipos de sección flotación

ITE M	DESCRIPCION	CANTID AD	NOMINAL m3	Total, m3	m3
Flotación Bulk					
1	Celda WS 8' x 8' bulk	1	10.52	10.52	8.94
2	Celda sk 80	1	2.27	2.27	1.93
3	Banco de celda Dr-200 Scavenger Bulk	3	5.66	16.99	14.4 4
4	Banco de celda Sp-18 1ra limpieza Bulk	4	0.51	2.04	1.73
5	Banco de celda sp-15 2da limpieza Bulk	4	0.42	1.70	1.44
Separación Cu/Pb					
6	Acondicionador 5' x 5'	1	2.78	2.78	2.36
7	Acondicionador 4' x 4'	1	1.42	1.42	1.21
8	Banco de separación SP-15	6	0.42	2.55	2.17
9	Celda SP-18 Scavenger	1	0.51	0.51	0.43
Flotación de zinc					
10	Acondicionador 8' x 8'	1	11.41	11.41	9.70
11	Celda ok-10 1ra Rougher Zn	1	9.75	9.75	8.29
12	Celda WS 8' x 8' 2da Rougher Zn	1	10.52	10.52	8.94
13	Banco de celda DR-200 1ra Scavenger Zn	4	5.66	22.65	19.2 6
14	Banco de celda Sp-18 1ra limpieza Zn	4	0.51	2.04	1.73
15	Banco de celda DR-100 2da Scavenger Zn	2	2.83	5.66	4.81

2.3.6.8 Reactivos Usados en Flotación

Tabla 11.
Reactivos de flotación

PUNTO DE ADICIÓN	REACTIVOS
Chute alimen. Del molino 8' x 36"	Complejo nacr/znsO4
Chute alimen. Del molino 8' x 36"	ZnsO4
Descarga del molino 8' x 36"	Z-11
Rougher bulk	Mibc
Acondicionador 5' x 5' separación	Nah2po4/C6H9OCH2COONa/Na2S2O5
Acondicionador 8' x 8' Zn	Cuso4. 5H2O
Acondicionador 8' x 8' Zn	Z-11
Rougher zn	Df-250
Filtrado de concentrados	Floculante Aero-104

2.3.6.9 Dosificación de Reactivos

Tabla 12.
Dosificación De Reactivos

Punto de adición	Reactivo	% concentración	cc/m in	consumo
Chute alimen. Del molino 8' x 36"	complejo NaCN/ZnSO4	6.25	460	82.8
Chute alimen. Del molino 8' x 36"	ZnSO4	10	420	120.96
Descarga del molino 8' x 36"	Z-11	10	21	6.048
Rougher bulk	MIBC	100	2	5.76
Acondicionador 5' x 5' separación	NaH2PO4/C6H9OCH2COONa/ Na2S2O5	5	750	108
Acondicionador 8' x 8' Zn	CuSO4. 5H2O	10	360	103.68
Acondicionador 8' x 8' Zn	Z-11	10	25	7.2
Rougher zn	DF-250	100	5	14.4
Filtrado de concentrados	floculante Aero-104	100		

2.3.7 Circuito de Sedimentación

Es la etapa donde se produce la separación sólida – líquida, la separación de agua es apoyada por la adición de floculante, su dosificación es continua en los conos de sedimentación.

El concentrado bulk final del circuito de flotación es enviado al cono espesador obteniendo mayor densidad para luego enviar al filtro de discos mediante una bomba 2 ½" x 2 ¼" que trabaja con un motor eléctrico de 7.5 HP. Trabaja con una bomba de vacío NASH CL1003 que está accionada por motores



eléctricos de 50 HP, obteniendo concentrados bulk filtrados con una humedad de 14%, el rebose del cono sedimentador pasa a cochas.

El concentrado de Zn final del circuito de flotación es enviado al cono espesador obteniendo mayor densidad para luego enviar al filtro de discos mediante una bomba 2 ½” x 2 ¼” que trabaja con un motor eléctrico de 7.5 HP. Trabaja con una bomba de vacío NASH CL1003 que esta accionada por motores eléctricos de 50 HP, obteniendo concentrados bulk filtrados con una humedad de 12%, el rebose del cono sedimentador pasa a cochas.

El concentrado de Cu final del circuito de flotación es enviado al cono espesador obteniendo mayor densidad para luego enviar a las cochas la cantidad es poco para pasar a un filtro de discos, tiene mayor humedad, es secado en la cancha de concentrados.

Todos los concentrados producidos son almacenados separadamente mediante usando el minicargador.

2.3.8 Balance de Materia

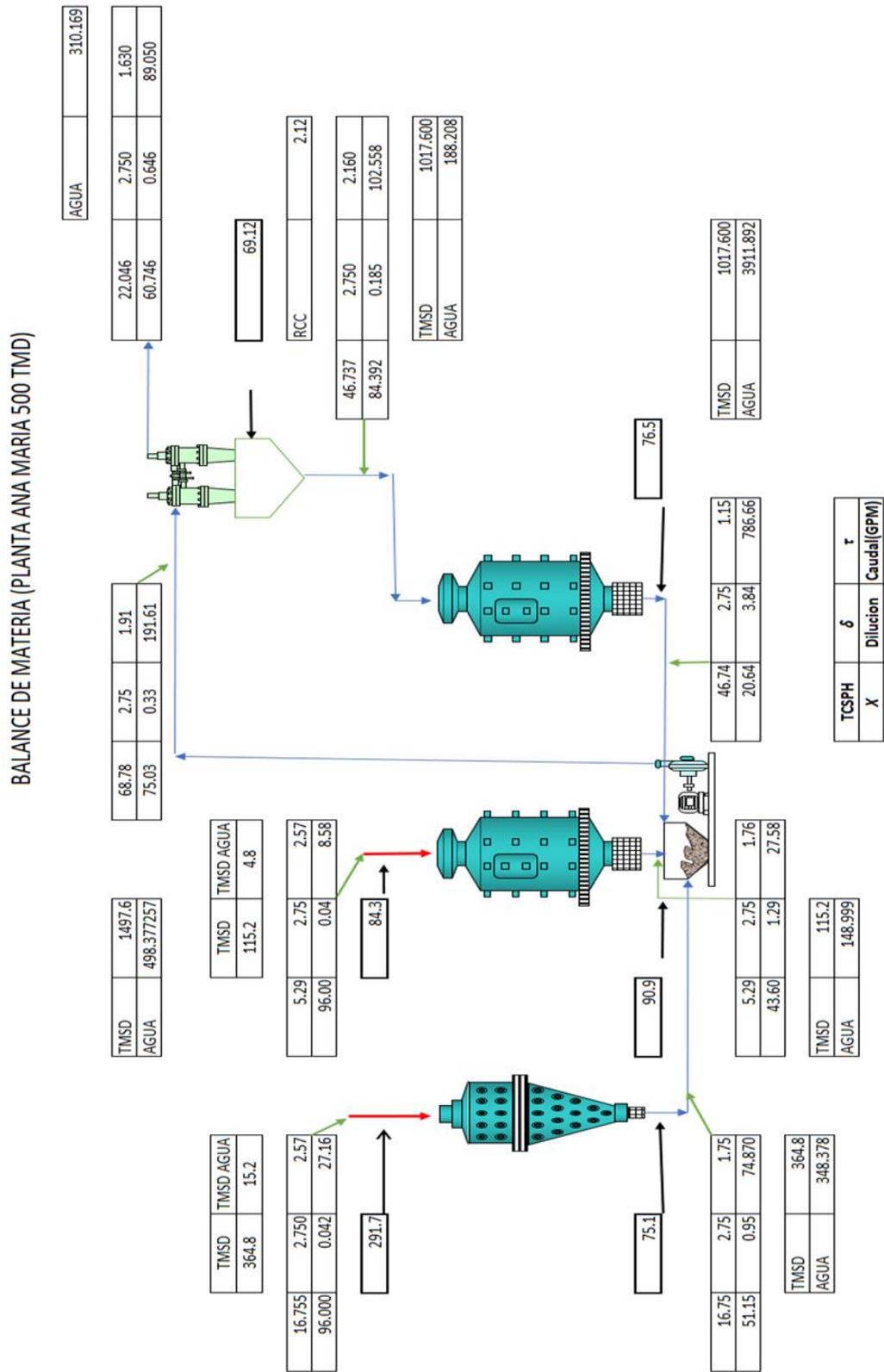


Figura 7. Balance de materia



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental, ya que tiene una naturaleza de carácter cuantitativo con el fin de ser aplicado en la operación.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene como fin lograr los objetivos planteados. Para ello, se llevó a cabo el procedimiento propuesto en la metodología, que incluyó el diseño experimental, la realización de pruebas de flotación flash y su aplicación en la operación.

3.2.1 Preparación de la Muestra

3.2.1.1 Toma de Muestra de la Descarga de los Molinos.

Para lograr el primer objetivo se realizó el muestreo del mineral polimetálico, esta fue secada, pesada y enviada al laboratorio químico para conocer los ensayos químicos.

3.2.1.2 Procedimiento

1. Se realizó la investigación bibliográfica
2. Se realizó el muestreo de mineral polimetálico en pulpa en la descarga de los molinos.
3. Se realizó la decantación y secado del mineral
4. Se realizo el tamizado al 100 % -35 Tyler



5. Se realizó la homogenización y cuarteo del mineral separado en muestra de 1kg.

6. Se envía la muestra para análisis químico

7. Se registró los datos

3.2.1.3 Materiales Usados

- Materiales de escritorio (laptop, impresora, hojas bond, lapiceros, plumón, resaltador)
- Materiales de laboratorio (valde, tamiz malla 10 Tyler, sacos, balanza, bandejas)

3.2.2 Prueba de Flotación Flash

3.2.2.1 Optimización de parámetros

Para lograr la prueba de flotación flash se utiliza los resultados de la preparación de la muestra, tamizado de la muestra, desarrollo del diseño experimental en Statgraphics, luego se prosiguió con las pruebas de flotación flash variando los parámetros según diseño experimental.

3.2.2.2 Procedimiento

1. Muestreo del mineral polimetálico de la descarga de los molinos
2. Tamizado de la muestra malla -10 Tyler
3. Adecuación del porcentaje de solidos de la pulpa según diseño experimental



4. Dosificación de reactivos según diseño experimental
5. Se realizó la prueba número 01 hasta la prueba número 11.
6. Se obtiene el porcentaje de recuperación de cada prueba
7. Análisis de resultados con el software Statgrafics
8. Instalación de la celda flash en la planta de operación
9. Dosificación de los reactivos según resultados de pruebas de laboratorio.
10. Realización de la flotación en celda flash
11. Registro de resultados de recuperación de cada guardia
12. Reporte

3.2.2.3 Materiales Usados

Materiales: laptop, cuadernillo, hojas bond, pH metro, celda flash, cuarteador rifle, balanza, medidor de densidad, malla 10 Tyler.

3.2.2.3.1 Software

- Sistema operativo de 64 bits Windows 10
- Statgrafics 19
- Blog de notas

3.2.2.3.2 Equipos de Planta

- Celda de flotación flash



- Circuito de chancado de materiales
- Circuito de molienda.
- Dosificador bomba peristáltica

3.2.2.3.3 Equipos de Planta

- Z-11
- MIBC
- % de solidos

3.3 UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en la UM suyckutambo en el laboratorio metalúrgico y planta concentradora del distrito de suyckutambo, provincia de Espinar, departamento de Cusco se encuentra ubicado a una latitud de 4854 m.s.n.m. a 1304 km de Arequipa, a 373 km de Espinar.

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas usadas para obtener la información necesaria que permita alcanzar los objetivos planteados en la investigación.

3.4.1 Técnicas

- Revisión bibliográfica

Con esta técnica obtendremos información: tesis, artículos de investigación, y más fuentes de información.

3.4.2 Observación



Esta técnica se fundamenta en buscar la realización de las pruebas metalúrgicas de flotación flash a nivel laboratorio, para obtener el comportamiento metalúrgico del mineral en celda flash.

3.4.3 Determinación de Aspectos tecnológicos

Con esta técnica se consulta a la empresa fabricante y/o proveedor de la celda flash, que brindan información del equipo requerido, funcionamiento y recomendaciones de los usos de equipo.

3.5 DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

3.5.1 Determinación de la Dosificación de Z-11.

Se usa el consumo del reactivo de la planta concentradora, esta se divide en la mitad, el resultado se suma y se resta al consumo de la planta concentradora. Teniendo un consumo alto y bajo, el resultado se escala para hacer una prueba de flotación Bach. Despejando la ecuación a centímetros cúbicos tenemos la dosificación se incluye los pesos de acuerdo con el porcentaje de solidos

- Escalamos a laboratorio

$$gr/tn = \frac{10 \times [\%] \times cc}{\text{peso muestra (kg)}}$$

[%]: concentración del reactivo en el laboratorio

CC: dosificación del reactivo en laboratorio

- Peso de la muestra

$$W \text{ mineral (grs)} = \frac{\text{Vol. Efect. Celda (cc)}}{\frac{100 - \%S}{\%S} + \frac{1}{G.E. \text{ mineral}}}$$



3.5.2 Determinación de la Dosificación de Metil Isobutil Carbinol (MIBC).

Se usa el consumo del reactivo de la planta concentradora, esta se divide en la mitad, el resultado se suma y se resta al consumo de la planta concentradora. Teniendo un consumo alto y bajo, el resultado se escala para hacer una prueba de flotación Bach. Despejando la ecuación a centímetros cúbicos tenemos la dosificación se incluye los pesos de acuerdo con el porcentaje de solidos

- Escalamos a laboratorio

$$gr/tn = \frac{10 \times [\%] \times cc}{\text{peso muestra (kg)}}$$

[%]: concentración del reactivo en el laboratorio

CC: dosificación del reactivo en laboratorio

- Peso de la muestra

$$W \text{ mineral (grs)} = \frac{\text{Vol. Efect. Celda (cc)}}{\frac{100 - \%S}{\%S} + \frac{1}{G.E. \text{ mineral}}}$$

3.5.3 Estandarización del Porcentaje de Solidos (%S).

Se considera el porcentaje de solidos actual de la planta concentradora como punto medio que normalmente esta 49% de sólidos, ahora tomamos como nivel alto 60 %S y nivel bajo 40 %S. el peso para cada muestra estará de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$W \text{ mineral (grs)} = \frac{\text{Vol. Efect. Celda (cc)}}{\frac{100 - \%S}{\%S} + \frac{1}{G.E. \text{ mineral}}}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN FLASH A NIVEL LABORATORIO Y EVALUACION DE VARIABLES.

Las pruebas metalúrgicas de flotación flash se realizó en el laboratorio metalúrgico de la AMG S.A.C. unidad suyckutambo – Espinar – Cusco.

4.1.1 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 7 gr/tn y % Solido Igual a 40%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-1
Peso Mineral (gr.)	1346
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	40
Malla (100)	-35
Flotación - - -	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	0.8
MIBC	1 gota
concentrado	1 minuto

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1346
W mineral (kg)	1.346

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	0.8
CC MIBC	0.01

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES					Recuperación (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1346	3.37	0.39	8.35	6.88	5.34	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
concentrado Pb	99.89	20.95	1.77	60.12	13.48	3.74	46.18	33.66	53.43	14.54	5.19	13.47
Relave	1246.11	1.96	0.28	4.20	6.35	5.47	53.82	66.34	46.57	85.46	94.81	
							100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Figura 8. Prueba de flotación en celda flash N°1

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 7 gr/tn y % Solido Igual a 40%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-2
Peso Mineral (gr.)	1346
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	40
Malla (100)	-35
Flotación + - -	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	2.4
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1346
W mineral (kg)	1.346

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	2.4
CC MIBC	0.01

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES						Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	4.74	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1346	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
concentrado Pb	94.23	27.52	3.15	62.15	9.11	7.93	49.78	44.96	52.11	9.68	11.71	14.28	
Relave	1251.77	2.09	0.29	4.30	6.40	4.50	50.22	55.04	47.89	90.32	88.29		
							100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		

Figura 9. Prueba de flotación en celda flash N°2

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % solido igual a 40%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-3
Peso Mineral (gr.)	1346
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	40
Malla (100)	-35
Flotación + - -	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	0.8
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1346
W mineral (kg)	1.346

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	0.8
CC MIBC	0.03

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES						Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	5.34	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1346	3.37	0.39	8.35	6.88	5.34	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
concentrado	91.14	24.94	2.18	64.11	12.00	3.20	50.16	37.88	51.99	11.81	4.05	14.77	
Relave	1254.86	1.80	0.26	4.30	6.51	5.50	49.84	62.12	48.01	88.19	95.95		
							100	100	100	100	100		

Figura 10. Prueba de flotación en celda flash N°3

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Resultados de la Flotación Flash bajo las Condiciones de Z-11 es

Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y %

Solido Igual a 40%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-4
Peso Mineral (gr.)	1346
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	40
Malla (100)	-35
Flotación + + -	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	2.4
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1346
W mineral (kg)	1.346

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	2.4
CC MIBC	0.03

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES					Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1346	3.37	0.39	8.35	6.88	5.34	100	100	100	100	100	
concentrado	92.75	25.02	2.12	61.02	10.90	3.00	51.20	37.44	50.36	10.92	3.87	14.51
Relave	1253.25	1.76	0.26	4.45	6.58	5.52	48.80	62.56	49.64	89.08	96.13	
							100	100	100	100	100	

Figura 11. Prueba de flotación en celda flash N°4

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 7 gr/tn y % Solido Igual a 60%.

CONDICIONES DE LA PRUEBA	
FLOTACION FLASH CELL	
PRUEBA	FFC-5
Peso Mineral (gr.)	1842
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	60
Malla (100)	-35
Flotación - - +	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.24
complejo (ml)	0.20
xantato Z-11	1.1
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1842
W mineral (kg)	1.842

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	1.1
CC MIBC	0.01

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES						Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe		
cabeza	1842	3.37	0.39	8.35	6.88	5.34	100	100	100	100	100	100	100
concentrado Pb	128.57	26.03	2.15	60.30	11.05	3.20	53.96	38.46	50.40	11.21	4.18	14.33	
Relave	1713.43	1.67	0.26	4.45	6.57	5.50	46.04	61.54	49.60	88.79	95.82		
							100	100	100	100	100		

Figura 12. Prueba de flotación en celda flash N°5

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) igual a 7 gr/tn y % solido igual a 60%.

CONDICIONES DE LA PRUEBA	
FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-6
Peso Mineral (gr.)	1842
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	60
Malla (100)	-35
Flotación + - +	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.2
xantato Z-11	3.3
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1842
W mineral (kg)	1.842

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	3.3
CC MIBC	0.01

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES						Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe		
cabeza	1842	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100	100	100	100	100	100	
concentrado	123.57	14.57	1.09	66.62	13.13	5.86	25.26	14.92	53.52	13.36	8.29	14.91	
Relave	1718.43	3.10	0.45	4.16	6.12	4.66	74.74	85.08	46.48	86.64	91.71		
							100	100	100	100	100		

Figura 13. Prueba de flotación en celda flash N°6

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 6 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % Solido Igual a 60%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-7
Peso Mineral (gr.)	1842
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	60
Malla (100)	-35
Flotación - + +	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	1.1
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1842
W mineral (kg)	1.842

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	1.1
CC MIBC	0.04

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES					Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1842	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100	100	100	100	100	
concentrado Pb	126.98	14.30	1.09	63.05	12.09	5.86	25.47	15.33	52.05	12.65	8.52	14.51
Relave	1715.02	3.10	0.45	4.30	6.18	4.66	74.53	84.67	47.95	87.35	91.48	
							100	100	100	100	100	

Figura 14. Prueba de flotación en celda flash N°7

Fuente: Elaboración Propia

4.1.8 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 18 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 21 gr/tn y % Solido Igual a 60%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-8
Peso Mineral (gr.)	1842
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	60
Malla (100)	-35
Flotación + + +	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	3.3
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1842
W mineral (kg)	1.842

factores	bajo	alto	unidad
Z-11	6	18	g/Tn
MIBC	7	21	g/Tn
% Solidos	40	60	%

CC Z-7	3.3
CC MIBC	0.04

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES					Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1842	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100	100	100	100	100	
concentrado	124.80	14.53	1.10	62.70	12.80	5.79	25.44	15.21	50.88	13.16	8.28	14.76
Relave	1717.20	3.10	0.45	4.40	6.14	4.66	74.56	84.79	49.12	86.84	91.72	
							100	100	100	100	100	

Figura 15. Prueba de flotación en celda flash N°8

Fuente: Elaboración Propia

4.1.9 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 12 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 14 gr/tn y % Solido Igual a 50%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-9
Peso Mineral (gr.)	1556
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	50
Malla (100)	-35
Flotación 0 0 0	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	1.9
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1556
W mineral (kg)	1.556

factores	medio	unidad
Z-11	12	g/Tn
MIBC	14	g/Tn
% Solidos	50	%

CC Z-7	1.9
CC MIBC	0.02

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES					Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1556	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100	100	100	100	100	
concentrado Pb	106.09	15.02	1.20	63.70	11.20	6.00	26.46	16.70	52.01	11.59	8.63	14.67
Relave	1449.91	3.05	0.44	4.30	6.25	4.65	73.54	83.30	47.99	88.41	91.37	
							100	100	100	100	100	

Figura 16. Prueba de flotación en celda flash N°9

Fuente: Elaboración Propia

4.1.10 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es

Igual a 12 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) Igual a 14 gr/tn y %

Solido Igual a 50%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-10
Peso Mineral (gr.)	1556
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	50
Malla (100)	-35
Flotación 0 0 0	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	1.9
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1556
W mineral (kg)	1.556

factores	medio	unidad
Z-11	12	g/Tn
MIBC	14	g/Tn
% Solidos	50	%

CC Z-7	1.9
CC MIBC	0.02

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES					Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe	
cabeza	1556	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100	100	100	100	100	
concentrado Pb	114.63	25.53	1.75	58.02	7.50	6.41	48.60	26.31	51.19	8.38	9.96	13.57
Relave	1441.37	2.15	0.39	4.40	6.52	4.61	51.40	73.69	48.81	91.62	90.04	
							100	100	100	100	100	

Figura 17. Prueba de flotación en celda flash N°10

Fuente: Elaboración Propia

4.1.11 Resultados de la Flotación Flash Bajo las Condiciones de Z-11 es Igual a 12 gr/tn, Metil Isobutil Carbinol (MIBC) igual a 14 gr/tn y % solido igual a 50%.

CONDICIONES DE LA FLOTACIÓN FLASH	
PRUEBA	FFC-11
Peso Mineral (gr.)	1556
% de humedad	20
Celda (cc)	2500
pH (Agua del Molino)	NATURAL
% solidos de flotación	50
Malla (100)	-35
Flotación 0 0 0	
acondicionamiento	15 seg
ZnSO4 (ml)	0.2
complejo (ml)	0.1
xantato Z-11	1.9
MIBC	1 gota

G.e.	2.8
W mineral (grs)	1556
W mineral (kg)	1.556

factores	medio	unidad
Z-11	12	g/Tn
MIBC	14	g/Tn
% Solidos	50	%

CC Z-7	1.9
CC MIBC	0.02

PRODUCTOS	PESO (GRAMOS)	LEYES						Recuperacion (%)					RATIO
		Ag (Oz/TM)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	fe (%)	Ag	Cu	Pb	Zn	fe		
cabeza	1556	3.87	0.49	8.35	6.59	4.74	100	100	100	100	100		
concentrado Pb	118.04	25.50	1.73	57.20	7.46	6.41	49.98	26.73	51.97	8.58	10.26	13.18	
Relave	1437.96	2.86	0.39	4.34	6.52	4.60	68.40	73.27	48.03	91.42	89.74		
							118	100	100	100	100		

Figura 18. Prueba de flotación en celda flash N°11

Fuente: Elaboración Propia

4.2 RESULTADOS ESTADÍSTICO DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN

El diseño experimental fue realizado mediante el uso del software, se realizará un diseño factorial de 2^3 incluyendo tres puntos centrales, los variables independientes considerados son: Z-11, MIBC, %S y variable dependiente al % de recuperación.

Tabla 13.
Resultados estadísticos de las pruebas de flotación

Factores	Bajo	Alto	Unidades	Continuo
Z-11	6	18	gr/ton	si
MIBC	7	21	gr/ton	si
% S	40	60	%	si



Nota: en la tabla se representa los puntos altos y bajos de los tres factores de experimentación

Tabla N°13 se muestra los parámetros mínimos y máximos para realizar el experimento que nos permita obtener concentrados de flotación flash con sus respectivos porcentajes de recuperación. El Z-11 se experimentará de 6 gr/ton a 18 gr/ton; el MIBC se experimentará de 7 gr/ton; y el porcentaje de solidos se experimentará de 40% a 60%.

Una vez seleccionado las variables experimentales e ingresado con los rangos bajos y altos al statgraphics, 8 experimentos con los niveles bajos y altos, 3 experimentos como puntos centrales y en total 11 experimentos a realizar con se muestra la siguiente tabla.

Tabla 14.
Variables de estudio

N° Prueba	Z-11 gr/ton	MIBC gr/ton	Solido %	Recuperación %
1	-	-	-	-
2	+	-	-	-
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	-
9	0	0	0	-
10	0	0	0	-
11	0	0	0	-

En la tabla N°14 el diseño realizado con la ayuda del software statgraphics, la combinación de todos los parámetros bajos y altos de cada uno de los reactivos y el porcentaje de sólidos.

4.3 DIAGRAMA DE LA PRUEBA DE FLOTACIÓN

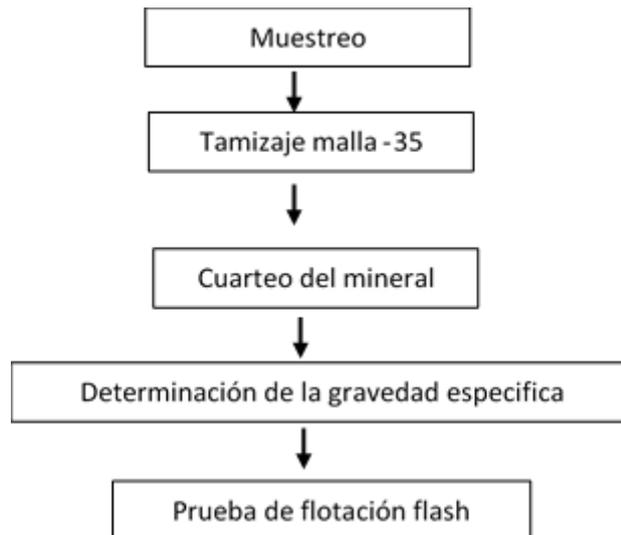


Figura 19. Diagrama de prueba de flotación

4.3.1 Muestreo de Mineral

Se realizó el muestreo en la descarga de los molinos 8' x 36'', 6' x 6' N°1 y 6' x 6' N°1 usando un muestreador de pulpa y baldes, estos fueron llevados al laboratorio para posteriormente ser secado y tamizado.

4.3.2 Tamizaje Malla -35

El mineral secado se pasa la malla -35 que será un producto para realizar los experimentos.

4.3.3 Cuarteo del Mineral

El mineral es homogenizado y se procede al cuarteo para obtener las muestras representativas de toda la muestra, una vez que se obtuvo muestra para la ley de cabeza se procede a dividir para las pruebas de flotación.

4.3.4 Determinación de la Gravedad Específica del Mineral

La gravedad específica o peso específico del mineral es el número que expresa la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua a 4°C de



temperatura. Corresponde así al expreso al peso expresado en gramos de un centímetro cúbico de dicha sustancia. Así, si un mineral tiene un peso específico de 2, significa que una muestra determinada de dicho mineral pesa dos veces lo que pesaría un volumen igual que el agua, se usa el método de la Fiola y los datos se muestran en la tabla, teniendo los datos de:

P1 peso de la muestra

P2 peso de la Fiola con agua

P3 peso de la Fiola con pulpa

Reemplazando los datos de la tabla en la siguiente fórmula:

$$Ge = \frac{P1}{(P1 + P2 - P3)}$$

Teniendo el resultado de la gravedad específica de la muestra del mineral de cabeza un valor de

LABORATORIO METALURGICO AMG S.A.C.	
GRAVEDAD ESPECIFICA	
Planta:	auplata mining group S.A.C.
Fecha:	
Objetivo:	determinar la gravedad especifica
descr. De la muestra:	mineral de cabeza pulverizada
$Ge = \frac{P1}{(P1 + P2 - P3)}$	
Prueba N°1: muestra de cabeza mineral el santo	
FIOLA	
volúmen de fiola:	250 cc
RESULTADOS	
P1 peso de la muestra	5 gr
P2 peso de la fiola con agua	158.4348 gr
P3 peso de la fiola con pulpa	161.5619 gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	
Calculada	2.7
Prueba N°3: muestra de cabeza mineral el santo	
FIOLA	
volúmen de fiola:	250 cc
RESULTADOS	
P1 peso de la muestra	10 gr
P2 peso de la fiola con agua	167.441 gr
P3 peso de la fiola con pulpa	173.8606 gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	
Calculada	2.8
Prueba N°1: muestra de cabeza mineral el santo	
FIOLA	
volúmen de fiola:	250 cc
RESULTADOS	
P1 peso de la muestra	15 gr
P2 peso de la fiola con agua	166.23 gr
P3 peso de la fiola con pulpa	175.7932 gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	
Calculada	2.8

Figura 20. *Determinar la gravedad especifica*

4.3.5 Procedimiento de la Prueba de Flotación

Teniendo los reactivos preparados. Los reactivos de flotación varían de acuerdo a las condiciones de cada prueba de flotación. El tiempo de acondicionamiento se considera un tiempo de 15 segundos. Los reactivos usados en cada prueba serán los mismo que se usan en la planta concentradora, los

reactivos que no son variables de investigación se escalan de planta a laboratorio.

Al inicio se prepara el mineral pasado malla # 35 Tyler, considerando la variable del porcentaje de sólidos, dosificación del espumante MIBC y dosificación del colector Z-11 para cada prueba de flotación.

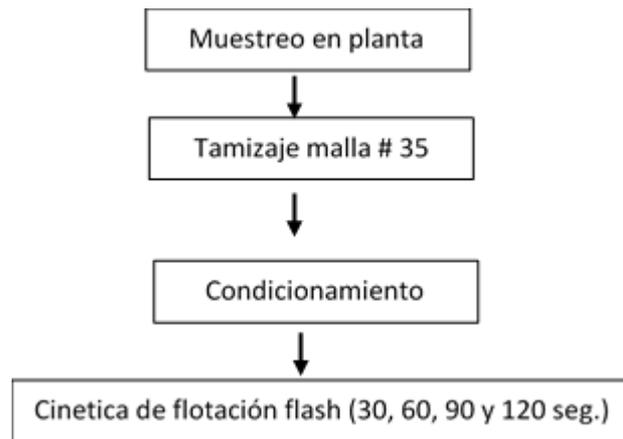


Figura 21. Las pruebas de flotación se realizan bajo el siguiente procedimiento:

4.3.6 Prueba de Cinética de Flotación Flash

Se realizó las pruebas de cinética de flotación flash en una celda Denver de laboratorio de 2.5 L con la finalidad de determinar el comportamiento metalúrgico de mineral y el tiempo requerido para obtener un alto grado de concentrados y la recuperación en celda flash.

4.3.6.1 Análisis Químico de los Concentrados y Relave Obtenido de la Prueba de Cinética de Flotación Flash.

LABORATORIO METALURGICO AMG S.A.C. CINETICA DE FLOTACIÓN						
Planta:		auplata mining group S.A.C.				
Fecha:						
Objetivo:		determinar el tiempo de flotación flash a nivel laboratorio				
descr. De la muestra:		mineral de cabeza				
DESCRIPCIÓN FLASH FLOTACIÓN	PESO (gr)	LEYES				
		% Pb	% Zn	%Cu	Ag Oz/t	% Fe
cabeza calculada	1842	8.35	6.59	0.49	3.87	4.74
Concentrado I (30 seg)	79.35	69.80	2.73	0.18	10.78	1.20
Concentrado II (60 seg)	36.63	61.20	4.05	0.28	10.92	2.60
Concentrado III (90 seg)	14.46	56.50	6.70	0.41	13.11	4.20
Concentrado IV (120)	8.37	34.10	8.24	0.49	9.77	5.30
Relave	1703.19	3.81	6.82	0.51	3.29	4.95

Figura 22. Resultados del análisis químico de los concentrados

Resultados del análisis químico de los concentrados y relave obtenidos de la cinética de flotación flash de la muestra tomada en la descarga de los tres molinos

Los concentrados se recogieron en bandejas diferentes después de 30, 60, 90 y 120 segundos. El concentrado se removió de la cámara con una paleta en movimientos repetitivos y uniformes luego de lo cual las muestras de concentrado tomadas en diferentes momentos y el relave general se enviaron para el análisis químico, el peso de cada concentrado y relave se registró como se muestra en la figura.

4.3.6.2 Recuperaciones Individuales de la Prueba de Cinética de Flotación Flash

Tabla 15.

Recuperaciones individuales de la prueba de cinética de flotación flash

RECUPERACIONES					
	Pb	Zn	Cu	Ag	Fe
Cabeza calculada	100	100	100	100.00	100
Concentrado I	36.01	1.78	1.58	11.99	1.09
Concentrado II	14.57	1.22	1.14	5.61	1.09
Concentrado III	5.31	0.80	0.66	2.66	0.70
Concentrado IV	1.85	0.57	0.45	1.15	0.51
Relave	42.18	95.63	96.17	78.58	96.62

Recuperaciones individuales de la prueba de cinética de flotación flash de la muestra tomada en la descarga de los 3 molinos.

4.3.6.3 Recuperaciones Acumuladas Reales de la Prueba de Cinética de Flotación Flash.

Tabla 16.

Recuperaciones acumuladas reales de la prueba de cinética de flotación flash.

Tiempo	RECUPERACIONES ACUMULADAS REALES			
	Pb	Zn	Cu	Fe
seg.				
30	36.01	1.78	1.58	1.09
60	50.58	3.00	2.72	2.18
90	55.89	3.66	3.38	2.88
120	57.74	4.23	3.83	3.39

En la tabla N°16 se muestra las recuperaciones acumuladas reales de la prueba de cinética de flotación flash muestra tomada en la descarga de los 3 molinos.

Las recuperaciones acumuladas reales del concentrado de plomo en los tiempos de 30, 60, 90 y 120 segundos. La máxima recuperación acumulada en 120 segundos es de 57.74 % y con una activación de zinc al 4.23%, este resultado indica que se puede realizar flotación flash para evitar la sobremolienda.

4.3.6.4 Recuperaciones Acumuladas Ajustadas a los Modelos Matemáticos Klimpell de la Prueba de Flotación Flash

Tabla 17.
Recuperaciones acumuladas ajustadas a los modelos matemáticos klimpell de la prueba de flotación flash

KLIMPELL				
seg.	Pb	Zn	Cu	Fe
30	36.63%	2.53%	2.48%	1.90%
60	49.70%	2.82%	2.82%	2.82%
90	55.46%	2.91%	3.78%	3.88%
120	58.51%	2.96%	4.83%	4.39%

4.3.7 Resultados de Pruebas Metalúrgicas de Laboratorio Flotación Flash

Tabla 18.
Resumen del resultado de las pruebas de realizadas según el diseño

N° PRUEBA	Z-11	MIBC	SOLIDO	RECUPERACIÓN
	gr/ton	gr/ton	%	%
1	-	-	-	53.43
2	+	-	-	52.11
3	-	+	-	51.99
4	+	+	-	50.36
5	-	-	+	50.4
6	+	-	+	53.52
7	-	+	+	52.05
8	+	+	+	50.88
9	0	0	0	52.01
10	0	0	0	51.19
11	0	0	0	51.97

Nota: en la tabla se muestra las pruebas realizadas con los niveles altos y bajos según el diseño de cribado 2^3 con respectiva dosificación de reactivos en g/t, el sólido y la recuperación en porcentaje para cada prueba.

La tabla, es el diseño de la experimentación realizada en el laboratorio metalúrgico de la unidad Suyckutambo, los resultados de la recuperación son optimizado por el software Statgraphics, por el diseño de cribado 2^3 .

4.3.8 Análisis del Experimento - Recuperación

Tabla 19.
Efectos estimados para la recuperación (%)

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	51.81	0.117866	
A: Z-11	-0.25	0.276421	1
B: MIBC	-1.045	0.276421	1
C: solidos	-0.26	0.276421	1
AB	-1.15	0.276421	1
AC	1.225	0.276421	1
BC	0.55	0.276421	1
ABC	-0.995	0.276421	1

Nota: Esta tabla N°19 muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones.

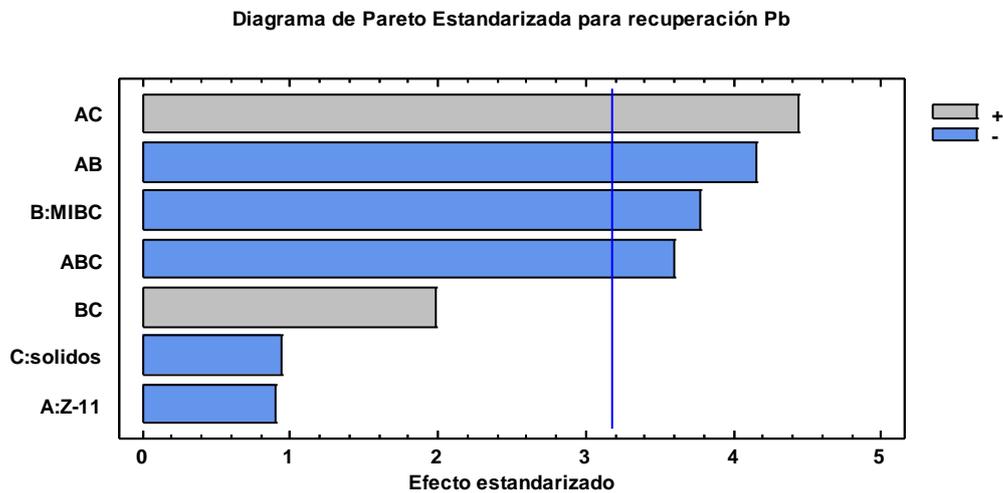


Figura 23. Diagrama de Pareto estandarizada para recuperación Pb

Nota: la figura muestra el diagrama de Pareto con sus interacciones.

La figura N°21 muestra lo siguiente: se presenta un gráfico de barras. Las barras que están antes de la línea vertical indican que las fuentes de variación, reactivos y

porcentaje de sólidos, son relevantes, pero no importantes porque no superan el valor crítico. Los signos (+ y -) indican cómo impacta en la respuesta de recuperación de Pb. Tanto la interacción de zantato (Z-11) y porcentaje de sólidos como la interacción espumante (MIBC) y % sólidos aumentan el porcentaje de recuperación, mientras que las otras interacciones disminuyen la recuperación de Pb. Con esta gráfica, podemos tener un mejor control en la operación de la planta concentradora de las tres variables para optimizar la flotación de Pb.

Tabla 20.

Análisis de varianza para recuperación de Pb diseño laboral

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razó n-F	Valo r-P	F (0.05;1;3)	Significancia
A: Z-11	0.125	1	0.125	0.82	0.4324	10.13	No
B: MIBC	2.18405	1	2.18405	14.29	0.0324	10.13	Si
C: solidos	0.1352	1	0.1352	0.88	0.4163	10.13	No
AB	2.645	1	2.645	17.31	0.0253	10.13	Si
AC	3.00125	1	3.00125	19.64	0.0213	10.13	Si
BC	0.605	1	0.605	3.96	0.1407	10.13	No
ABC	1.98005	1	1.98005	12.96	0.0368	10.13	Si
Error total	0.45845	3	0.152817				
Total (corr.)	11.134	10					

R-cuadrada = 95.8824 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 86.2748 porciento

Error estándar del est. = 0.390918

Error absoluto medio = 0.112727

Estadístico Durbin-Watson = 2.85496 (P=0.9166)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.456552

Nota: La tabla ANOVA particiona la variabilidad de recuperación Pb en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.



En este caso, 4 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica el 95.8824% de la variabilidad en la recuperación de Pb. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con un número diferente de variables independientes, es del 86.2748%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es de 0.390918. El error medio absoluto (MAE) de 0.112727 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-p es mayor al 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

Tabla 21.
Coefficiente de regresión para recuperación Pb – diseño factorial

Coefficiente	Estimado
Constante	70.28
A: Z-11	-1.16875
B: MIBC	-0.8175
C: solidos	-0.3895
AB	0.0455357
AC	0.0267917
BC	0.0181429
ABC	-0.00118452

Nota: la tabla muestra el coeficiente de regresión para la recuperación de Pb.

Esta ventana despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos.

La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{RECUPERACIÓN Pb} = 70.28 - 1.16875*Z-11 - 0.8175*MIBC - 0.3895*solidos + 0.0455357*Z-11*MIBC + 0.0267917*Z-11*solidos + 0.0181429*MIBC*solidos - 0.00118452*Z-11*MIBC*solidos.$$



En esta ecuación de recuperación de Pb, se puede observar que el primer valor es la constante del coeficiente de regresión, el segundo es el factor colector (Z-11), seguido del factor espumante (MIBC), luego el factor sólido (%), y los demás son las interacciones.



Tabla 22.
Resultados estimados para recuperación de Pb

	Observados	Ajustados	R	R ²
Fila	Valores	Valores	Valores	Valores
1	53.43	53.3975	0.0325	0.0011
2	52.11	52.0775	0.0325	0.0011
3	51.99	51.9575	0.0325	0.0011
4	50.36	50.3275	0.0325	0.0011
5	50.4	50.3675	0.0325	0.0011
6	53.52	53.4875	0.0325	0.0011
7	52.05	52.0175	0.0325	0.0011
8	50.88	50.8475	0.0325	0.0011
9	52.01	51.81		
10	51.19	51.81		
11	51.97	51.81		

$$\sum R^2 = 0.0085$$

$$SCMR = \frac{\sum R^2}{N - TM} = \frac{0.0085}{8 - 4} = 0.0021$$

$$Fo = \frac{SCMR}{CMerror} = \frac{0.0021}{0.1528} = 0.0138$$

$$Fo < F(0.05;4;3)$$

$$0.0138 < 9.12 \text{ (el modelo es aceptado)}$$

Nota: en la tabla el Promedio de 3 puntos centrales = 51.7233 y el Promedio de las predicciones del modelo al centro = 51.81.

Esta tabla contiene información sobre los valores de recuperación de Pb generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- (1) los valores observados de recuperación Pb (si alguno)
- (2) el valor predicho de recuperación Pb usando el modelo ajustado
- (3) intervalos de confianza del 95.0% para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su archivo de datos. Para generar pronósticos para las combinaciones

adicionales de los factores, agregue filas al final de su archivo de datos. En cada nueva fila, introduzca valores para los factores experimentales, pero deje vacía la celda para la respuesta. Cuando regrese a esta ventana, se habrán agregado pronósticos a la tabla para las nuevas filas, pero el modelo no se verá afectado.

Tabla 23.
Camino de máximo ascenso para recuperación de Pb

Z-11	MIBC	Solidos	Predicción para recuperación Pb
(gr/t)	(gr/t)	(%)	(%)
12.0	14.0	50.0	51.81
11.8389	13.0	49.5631	51.894
11.7505	12.0	48.9793	51.9821
11.706	11.0	48.2766	52.0777
11.6749	10.0	47.4765	52.1823
11.6279	9.0	46.5879	52.2974
11.5367	8.0	45.6058	52.4254
11.3717	7.0	44.5117	52.5714
11.1015	6.0	43.2749	52.7452
10.6927	5.0	41.8568	52.9639
10.1149	4.0	40.2201	53.2556

Nota: Esta tabla muestra despliegue el trayecto de máximo ascenso (o descenso).

Optimizar respuesta

objetivo: mejorar la recuperación Pb

recuperación óptima = 53.4875 %

Tabla 24.
Optimizar respuesta recuperación de Pb

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Z-11	6	18	18
MIBC	7	21	7
Solidos	40	60	60

Nota: Esta tabla muestra las variables óptimas desarrolladas por el software.

Gráfica de Efectos Principales para recuperación Pb

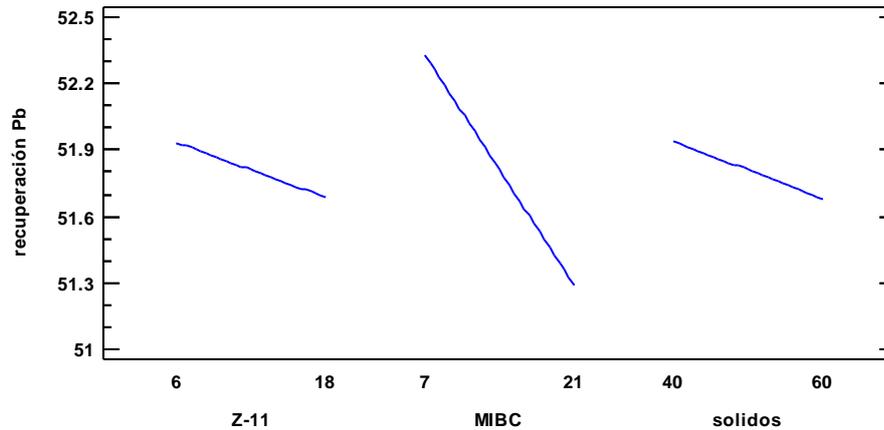


Figura 24. Efectos especiales para recuperación de Pb

En la Figura N°24 se indica que el Z-11, MIBC y % de sólidos disminuyen la recuperación, lo que tiene un efecto negativo. La máxima recuperación se obtiene cuando las variables están en el nivel bajo. Se debe trabajar con los valores más bajos para lograr un mejor factor metalúrgico.

4.4 APLICACIÓN A NIVEL DE PLANTA

4.4.1 Parámetros de Operación

Tabla 25.

Condiciones de operación de la celda flash sk-80, planta concentradora

Operación	Unidades	Valor
gravedad específico		2.75
densidad de pulpa	Kg	1.350
Solidos	%	40

4.4.2 Leyes Reportadas de la Celda Flash Sk-80

Durante el funcionamiento de la celda flash Sk-80 se realizó muestro de ley de cabeza, calidad de concentrado y relave a continuación se muestra una tabla de resumen de las leyes obtenidas por la celda flash en una prueba piloto.

Tabla 26.

Leyes reportadas de alimento

MUESTRA	Fecha de muestreo	Fecha de envío a lab.	ley de Pb (%)
Alimento celda flash 1ra G	2/08/2023	2/08/2023	4.5
Concentrado celda flash 1ra G	2/08/2023	2/08/2023	64.2
Relave celda flash 1ra G	2/08/2023	2/08/2023	2.2
Alimento celda flash 2ra G	2/08/2023	2/08/2023	5.2
Concentrado celda flash 2ra G	2/08/2023	2/08/2023	66.5
Relave celda flash 2ra G	2/08/2023	2/08/2023	2.6
Alimento celda flash 1ra G	3/08/2023	3/08/2023	5.5
Concentrado celda flash 1ra G	3/08/2023	3/08/2023	63.4
Relave celda flash 1ra G	3/08/2023	3/08/2023	2.9
Alimento celda flash 2ra G	3/08/2023	3/08/2023	3.9
Concentrado celda flash 2ra G	3/08/2023	3/08/2023	65
Relave celda flash 2ra G	3/08/2023	3/08/2023	2
Alimento celda flash 1ra G	4/08/2023	4/08/2023	4.3
Concentrado celda flash 1ra G	4/08/2023	4/08/2023	64.7
Relave celda flash 1ra G	4/08/2023	4/08/2023	2.2
Alimento celda flash 2ra G	4/08/2023	4/08/2023	5.1
Concentrado celda flash 2ra G	4/08/2023	4/08/2023	64.1
Relave celda flash 2ra G	4/08/2023	4/08/2023	2.6

Nota: en la tabla se muestra las leyes reportadas de alimento, concentrado y relave de la celda flash, se a muestreado en las dos guardias, se observa que los concentrados pasan la calidad requerida para su comercialización.

4.5 ANTES Y DESPUÉS DEL USO DE LA CELDA FLASH

Tabla 27.
Resultados antes del uso de la celda flash Sk-80

PRODUCTOS	T.M.S	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES				
		%Pb	%Zn	%Cu	Ag (Oz/T)	%Fe	Pb	Zn	Cu	Ag	Fe	%Pb	%Zn	%Cu	Ag	%Fe
CABEZA	500	3.074	4.382	0.262	1.841	3.120	15.370	21.910	1.310	686.76	15.35	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc.Cu	2.65	6.823	1.940	25.790	21.879	25.670	0.181	0.051	0.683	57.91	0.68	1.17	0.23	52.10	8.43	4.43
Conc.Pb	20.24	67.838	4.389	0.865	22.956	1.740	13.727	0.888	0.175	464.52	0.35	89.31	4.05	13.36	67.64	2.29
Conc.Zn	40.10	1.500	49.825	0.834	1.984	5.965	0.601	19.979	0.334	79.55	2.39	3.91	91.18	25.53	11.58	15.58
RELAVE	437.02	0.197	0.227	0.027	0.194	2.729	0.861	0.992	0.118	84.78	11.93	5.60	4.53	9.01	12.35	77.70
		Rc Pb = 24.71		Rc Zn = 12.47		Rc Cu = 188.92										

Nota: en este balance metalúrgico se observa una recuperación de Pb en 89.31 %

Tabla 28.
Resultados después del uso de la celda flash sk-80

PRODUCTOS	T.M.S	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES				
		%Pb	%Zn	%Cu	Ag (Oz/T)	%Fe	Pb	Zn	Cu	Ag	Fe	%Pb	%Zn	%Cu	Ag	%Fe
CABEZA	500	4.421	5.646	0.230	1.891	2.841	22.105	28.230	1.150	916.85	13.40	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Conc.Cu	0.91	6.230	2.838	30.070	62.372	27.440	0.057	0.026	0.274	56.81	0.25	0.26	0.09	23.81	6.20	1.87
Conc.Pb	30.95	67.125	5.195	0.873	23.120	1.828	20.772	1.608	0.270	715.46	0.57	93.97	5.69	23.49	78.03	4.22
Conc.Zn	51.06	0.890	50.050	1.048	1.778	5.769	0.454	25.554	0.535	90.78	2.95	2.06	90.52	46.53	9.90	21.99
RELAVE	417.09	0.197	0.250	0.017	0.129	2.310	0.822	1.043	0.071	53.80	9.63	3.72	3.69	6.17	5.87	71.92
		Rc Pb = 16.16		Rc Zn = 9.79		Rc Cu = 548.99										

Nota: en este balance metalúrgico se observa una recuperación de Pb en 93.97 %

4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general que propone optimizar el proceso de flotación de minerales de plomo en la celda flash SK-80 para mejorar la recuperación de plomo en la unidad Suykutambo – Espinar – Cusco. Con la determinación de las características del mineral, se obtienen parámetros óptimos, y los datos se ajustan a las líneas para la celda flash SK-80, lo que arroja respuestas positivas.

Los resultados obtenidos son similares a lo afirmado por Castellares Torres (2009) en su estudio sobre la optimización en la planta de beneficio de la compañía minera Volcán S. A. A. en la unidad de producción Animón, mediante el uso de una celda de flotación flash. El empleo de la celda de flotación rápida (celda flash SK-240) en la unidad de producción Animón permitió optimizar el proceso metalúrgico



polimetálico en beneficio de la planta concentradora de la compañía minera VOLCAN S.A.A. Esto se debe a que minimiza la sobremolienda de los minerales valiosos, permite obtener concentrados de alta ley recuperados en una sola etapa, reduce los desplazamientos del plomo hacia el concentrado de zinc, mejora la metalurgia del plomo captando el plomo antes de sufrir una sobremolienda, y también disminuye la humedad de los concentrados de plomo. Además, se logra reducir el uso de reactivos de flotación, incluyendo colectores y espumantes.



V. CONCLUSIONES

- Se determinó que la variable de dosificación del reactivo Z-11 óptimo es 18 g/t, ya que ha permitido incrementar +4.66 % en la recuperación de Pb sin afectar la calidad requerida para su comercialización. Esto se debe a la disminución en los desplazamientos de Pb hacia los concentrados de Cu y Zn, producto de la flotabilidad del Pb grueso liberado en la descarga de los dos molinos primarios y la descarga del molino secundario; Esto permite una mejor flotabilidad en los circuitos posteriores, reduciendo el efecto de sobremolienda.
- La dosificación del reactivo Metil Isobutil Carbinol (MIBC) óptimo es 7 g/t. Bajo esta condición, el mineral tratado muestra un buen rendimiento metalúrgico para los valores de Pb, alcanzándose grados de Pb mayores al 60 % y una recuperación superior al 90 %.
- El porcentaje de sólidos es del 60 % en la flotación flash de SK-80. Bajo esta condición, las recuperaciones son aceptables.



VI. RECOMENDACIONES

- La celda de flotación flash SK-80, durante la experimentación en la unidad Suyckutambo, mostró un mejor rendimiento metalúrgico en la planta, específicamente en lo que respecta al plomo y sus desplazamientos, ofreciendo ventajas significativas, como la optimización de la flotación de los minerales de plomo en la unidad Suyckutambo.
- Implementar un variador de velocidad para la bomba 5" x 4" de relave de SK-80 con el fin de evitar la cavitación y el arenamiento de la bomba, y garantizar un flujo constante en los circuitos posteriores.
- El nivel del colchón de espuma puede afectar la calidad del concentrado en una sola etapa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Erick, H. M. (2021). "Optimización del proceso de flotación de minerales auríferos en celda flash para mejorar la recuperación de oro en la empresa minera Cori Puno. Puno [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Altiplano - Puno]. Repositorio institucional UNA - Puno.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16958>

Figueroa, M. A. (2021). evaluación de 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. Arequipa. [tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín De Arequipa]. repositorio institucional UNSA Arequipa.

<http://hdl.handle.net/20.500.12773/13973>

Flores, J. K. (2018). *recuperación de oro en concentrados de cobre, estudio y adecuación de las variables de flotación flash*. [tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín De Arequipa]. repositorio institucional UNSA Arequipa.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6351>

Guevara, D. G. (2018). implementación de una unidad de flotación rápida en la descarga del molino de bolas secundario en la mepresa minera silver minsperu S.A.C. puno. [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Altiplano - Puno]. Repositorio institucional UNA - Puno.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12701>

Jesus, Q. d. (2018). estudio mediante la realización de pruebas experimentales de flotación flash Skim Air 80, en la compañía minera las bambas. [tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín De Arequipa]. repositorio institucional UNSA Arequipa.



<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6634>

Pedro, C. T. (2009). optimización en la planta de beneficio de la compañía minera volcan S.A.A. de la unida de producción animón, mediante el uso de una celda de flotación flash . [tesis de grado, Universidad Nacional De Ingeniería]. repositorio institucional UNI Lima.

<http://hdl.handle.net/20.500.14076/797>

Reaño, J. F. (2015). evaluacion del tamaño de particula en el proceso de flotación para la recuperación de oro grueso. [tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín De Arequipa]. repositorio institucional UNSA Arequipa.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3356>

Robles, J. W. (2021). estudio de los parametros de la materia prima, operación, recuperación y optimización del circuito de flotación minera raura S.A.C . [tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. repositorio institucional UNJFSC Huacho.

<http://hdl.handle.net/20.500.14067/5964>

Yerba, W. O. (2022). optimización del proceso de flotación de cobre arsenical en sociedad minera el brocal. [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Altiplano - Puno]. Repositorio institucional UNA - Puno.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19041>

Garay, A. G. (2012). Estudio metalurgico para la sepración del plomo- cobre en el circuito de flotación bulk en la planta concentradora “SAN JUAN” Tamboraque. [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú - Huancayo]. Repositorio institucional UNCP - Huancayo.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/595>



Castro, S. (2003). Flotación, fundamentos y aplicaciones.

[Departamento de investigación, Universidad De Concepción - Chile].

Repositorio institucional UdeC - Chile.

<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/422>

Melendez, F. Y. (2022). Proceso de flotación de minerales y recuperación del concentrado- empresa minera Huinac S.A.C, Ancash 2017

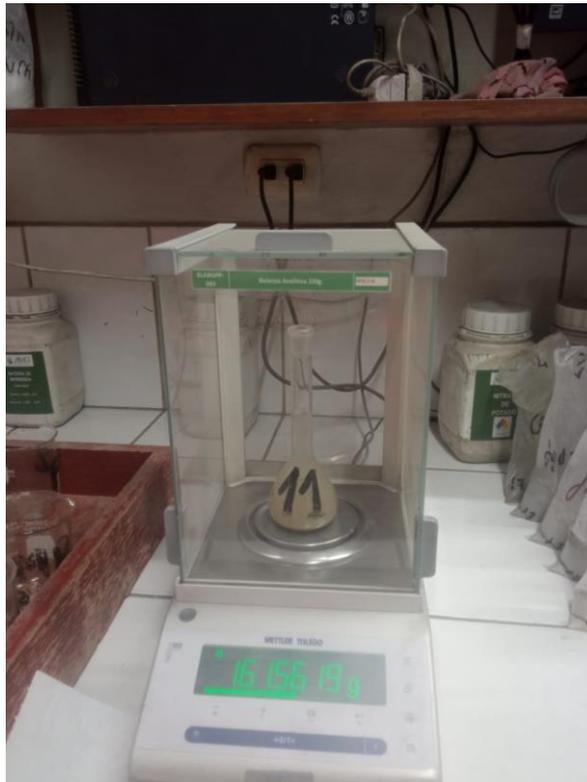
[tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Huacho]. Repositorio institucional UNFSC - Huacho.

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6033/YOVANI%20FRANKS%20MELENDREZ%20FIGUEROA%20%28%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



ANEXOS

Anexo 1. Determinación de gravedad específica



Anexo 2. Vista del controlador del flujo de aire



Anexo 3. vista de la válvula Pinch

Anexo 4. Vista de la Celda Flash Sk-80





Anexo 5. Prueba de flotación en el laboratorio



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

Por el presente documento, Yo Alvarez Nelson Soria Huayhuca
, identificado con DNI 72023890 en mi condición de egresado de:

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

Escuela profesional de Ingeniería Mecánica

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

Título Profesional denominado:

"Optimización de la fabricación de Plomo en Caldera Flash en la unidad susyestemas, espina - Anca"

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de enero del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Elizacar Wilson Soria Huasling
identificado con DNI 72037590 en mi condición de egresado de:

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

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

" optimización de la fundición de plomo en calda
flash en la unidad suxakutambo, espino - Cusco

" Es un tema original.

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

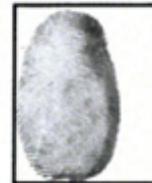
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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

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

Puno 19 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella