



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



**OPTIMIZACIÓN DE LA FLOTACIÓN BULK PARA MEJORAR
LA RECUPERACIÓN DE PLATA Y PLOMO EN LA PLANTA
CONCENTRADORA SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELVER JAIME QUISPE MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**OPTIMIZACIÓN DE LA FLOTACIÓN BULK
PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN DE
PLATA Y PLOMO EN LA PLANTA CONCE
NT**

AUTOR

ELVER JAIME QUISPE MAMANI

RECuento DE PALABRAS

23436 Words

RECuento DE CARACTERES

121786 Characters

RECuento DE PÁGINAS

141 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

17.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 19, 2024 10:08 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 19, 2024 10:10 AM GMT-5

● **9% de similitud general**

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


ASesor DE TESIS

Osvaldo L. Maynas Condori
INGENIERO METALURGISTA
CIP 62592



Dr. Hipólito Córdova Gutiérrez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALURGICA
UNA PUNO - PUNO

Resumen



DEDICATORIA

Pretendo consagrar esta tesis, en primer lugar, a Dios. Te Agradezco por permitirme llegar a este momento, por transferirme la fuerza y la salud necesaria para alcanzar mis metas y objetivos, y por tu infinito amor.

A mi amado hijo Roy Elver Quispe Belizario, eres mi mayor motivación e inspiración. Gracias a ti, cada día encuentro la fuerza para superarme y luchar por un futuro mejor para ambos. Que la vida nos llene de bendiciones y nos permita alcanzar todos nuestros sueños.

A mi pareja compañero de vida que con sus palabras de aliento son mi fortaleza. Gracias a ti, nunca me dejo caer y sigo adelante con perseverancia, trabajando siempre para cumplir mis ideales. Eres mi guía y mi inspiración en cada paso del camino.

Elver Jaime Quispe Mamani



AGRADECIMIENTO

A mis Padres:

Agradezco profundamente sus recomendaciones y palabras de inspiración, que me han ayudado a prosperar y a combatir por mis sueños. Gracias por inculcarme valores que me han permitido lograr esta gran meta. Los quiero mucho.

A mi Hermano:

Gracias por su sustento, afecto y por estar presente en los instantes más trascendentales de mi vida. Este logro también es tuyo.

A mi Asesor:

Reconozco tu tiempo, dedicación y paciencia durante la elaboración de esta tesis. Gracias por el apoyo, la comprensión y la confianza que me brindaste en los momentos difíciles.

Elver Jaime Quispe Mamani



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	22
1.2.1. Problema General.....	22
1.2.2. Problemas Específicos.....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	23
1.4. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.4.1. Hipótesis General.....	25
1.4.2. Hipotesis Específica	25
1.5. OBJETIVOS.....	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 TEORICO.....	32
2.2.1.	Flotación de minerales	32
2.2.2.	Proceso Flotación de minerales.....	35
2.2.3.	Tipologías de flotación.....	35
2.2.3.1.	Proceso de flotación por aceites.....	35
2.2.3.2.	Proceso de flotación por películas.....	35
2.2.3.3.	Proceso de flotación por espuma.....	36
2.2.4.	Tipos de flotación de espumas.....	36
2.2.4.1.	Flotación directa.....	36
2.2.4.2.	Flotación reversa o inversa.....	36
2.2.4.3.	Flotación colectiva o bulk.....	37
2.2.4.4.	Flotación diferencial o selectiva	37
2.2.5.	Fases del proceso de flotación.....	37
2.2.5.1.	Fase Sólidos	37
2.2.5.2.	Fase Líquida.....	38
2.2.5.3.	Fase Gaseoso.....	38
2.2.6.	Generación de Burbuja.....	38
2.2.7.	La presencia de termodinámica en la interfase	39
2.2.7.1.	Tensión o fuerza superficial.....	40
2.2.7.2.	Tensión superficial en relación entre las 3 fases (sólido – líquido - gas).....	41
2.2.8.	El proceso cinético de la flotación	41



2.2.9. Flotación de sulfuros	42
2.2.10. Variables en el proceso de flotación	42
2.2.10.1. Factor de granulometría	42
2.2.10.2. Factor de tiempo de residencia.....	43
2.2.11. Reactivos de flotación	45
2.2.12. Dosificación de reactivos	45
2.2.13. Reactivos del proceso de flotación.....	45
2.2.14. Tipos de Reactivos de flotación	46
2.2.14.1. Colectores.....	47
2.2.14.2. Espumantes.....	51
2.2.14.3. Modificadores o reguladores.....	53

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	55
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	55
3.1.2. Vías de Acceso	56
3.1.3. Clima y temperatura	57
3.1.4. Energía eléctrica.....	57
3.1.5. Recursos hídricos	57
3.1.6. Mineralogía	58
3.1.7. Procedencia del Mineral.....	58
3.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	59
3.2.1. Tipo de la investigación	59
3.2.2. Nivel de la investigación.....	59
3.2.3. Método y diseño de la investigación	60



3.2.3.1. Diseño de la investigación	61
3.3. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.3.1. Primer objetivo.....	62
3.3.1.1. Concentración óptima de AP-31	62
3.3.1.2. Procedimiento	63
3.3.1.3. Materiales.....	63
3.3.2. Segundo objetivo.....	63
3.3.2.1. Dosificación óptima de AP-31	63
3.3.2.2. Procedimiento	64
3.3.2.3. Materiales.....	64
3.3.3. Tercer objetivo	64
3.3.3.1. El tiempo adecuado de la flotación bulk.....	64
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	65
3.4.1. Población.....	65
3.4.2. Muestra.....	66
3.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	66
3.4.3.1. Técnicas de procedimiento.....	66
3.4.3.2. Instrumentos	67
3.4.3.3. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos recopilados	67
3.5. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.....	68
3.5.1. Personal responsable	68
3.5.2. Equipos de protección personal.....	68
3.5.3. Equipos / herramientas / materiales de trabajo.....	69
3.5.3.1. Equipos.....	69
3.5.3.2. Herramientas	69



3.5.3.3. Materiales de trabajo.....	69
3.5.4. Reactivos.....	70
3.5.4.1. Colectores.....	70
3.5.4.2. Espumantes.....	70
3.5.4.3. Modificadores.....	71
3.5.5. Procedimiento (descripción).....	71
3.5.5.1. Identificar los puntos de muestreo.....	72
3.5.5.2. Esperar a que el circuito se regularice.....	72
3.6. ACCIONES UNITARIAS EN LA PLANTA CONCENTRADORA.....	82
3.6.1. Recepción de Mineral.....	82
3.6.2. Acumulación de Mineral.....	82
3.6.3. Sección o zona de chancado.....	83
3.6.3.1. Tolva o depósito de gruesos.....	84
3.6.3.2. Zaranda o criba vibratoria de 3´x4´.....	84
3.6.3.3. Chancadora de mandíbulas o quijadas de 16”x24”.....	84
3.6.3.4. Faja o cinta transportadora N°1 de 22 m x 20”.....	85
3.6.3.5. Zaranda o criba vibratoria 4´x 8´.....	85
3.6.3.6. Faja o cinta transportadora N°. 2 de 17 m x 20”.....	85
3.6.3.7. Faja Transportadora de mineral N°3 de 10.25 m x 20”.....	85
3.6.3.8. Chancadora cónica secundaria de 3´STD SYMONS.....	85
3.6.3.9. Faja Transportadora N°. 4 de 9.25 m x 20”.....	86
3.6.3.10. Tolva de Finos para depositar mineral chancado.....	86
3.6.4. Zona o sección de molienda – clasificación.....	86
3.6.4.1. Faja Transportadora N°5 de 36.95 m x 20”.....	86
3.6.4.2. Molino de bolas primario de 4´x8´ Comesa.....	87



3.6.4.3. Clasificador helicoidal de 36"x 22.50' Comesa.....	87
3.6.4.4. Molino de bolas secundario de 6'x6' Comesa	87
3.6.4.5. Zaranda de clasificación de alta frecuencia (ZAF)	88
3.6.4.6. Molino de bolas N°1 de 5' x 36" Hardinge	88
3.6.4.7. Clasificador hidrociclón N°1 de D-12	88
3.6.4.8. Molino de bolas de 4' x 4' DENVER	89
3.6.4.9. Molino de bolas N°2. 5' x 36" HARDINGE	89
3.6.5. Zona o sección de flotación.....	89
3.6.6. Flotación de minerales sulfurado de Plata - Plomo.....	89
3.6.6.1. Bancada de 2 celdas de 56" x 56" Plusmetal	89
3.6.6.2. Bancada de 4 celdas rougher I de 56" x 56"	90
3.6.6.3. Celda rougher II WS de 8' x 8'	90
3.6.6.4. Celda rougher III WS 6' x 6'	90
3.6.6.5. Bancada de 4 celdas Scavenger I de 56" x 56"	90
3.6.6.6. Bancada de 2 celdas Scavenger II de 56" x 56"	90
3.6.6.7. Celdas o circuito de limpieza plata-plomo sulfurado.....	91
3.6.7. Sección de flotación de plata-plomo oxidado	91
3.6.7.1. Acondicionador o celda circular 6' x 8'	91
3.6.7.2. Bancada de 2 celdas rougher I de 56" x 56"	92
3.6.7.3. Bancada de 2 celdas rougher II de 56" x 56"	92
3.6.7.4. Celda Ws. 8' x 8' rougher III.....	92
3.6.7.5. Bancada de 4 celdas rougher IV de 43" x 43" Comesa	92
3.6.7.6. Bancada de 4 celdas scavenger I de 43" x 43" Comesa.....	92
3.6.7.7. Bancada de 4 celdas scavenger II de 43" x 43" Comesa	93



3.6.7.8. Bancada de 4 celdas scavenger III de 55" x 55" PLUSMETAL ..	93
3.6.7.9. Bancada o circuito de limpieza plata-plomo oxidado.....	93
3.6.8. Área o sección de filtrado.....	94
3.6.8.1. Filtro de disco Door Oliver de 6' x 6D.....	94
3.6.8.2. Filtro de disco Ral-dy 6' x 4D	94
3.6.8.3. Área de despacho de concentrados	95
3.6.8.4. La cancha relavera	95
3.6.9. Abastecimiento de agua en la planta concentradora	96
3.6.10. Abastecimiento de la energía eléctrica.....	96

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA CONCENTRADORA SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.....	97
4.2. FLOTACIÓN BULK PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN DE PLATA Y PLOMO EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.....	97
4.2.1. Uso del colector secundario Promotor Aerophine 3418	97
4.2.2. Resultados Obtenidos con el Reactivo Promotor Aerophine 3418.....	99
4.3. OPTIMIZAR LA FLOTACIÓN BULK PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN DE PLATA Y PLOMO EN LA PLANTA CONCENTRADORA SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.....	103
4.3.1. Primer Objetivo: Determinar la concentración óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.	103



4.3.1.1. Uso del colector secundario Promotor Aerofloat 31.....	103
4.3.1.2. Preparación de reactivos de flotación	106
4.3.1.3. Preparación de xantato isopropilico de sodio Z-11.....	106
4.3.1.4. Preparación de Promotor Aerofloat 31 (AP-31)	107
4.3.1.5. Parámetros de flotación del mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo.	109
4.3.2. Segundo Objetivo: Determinar la dosificación óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.	110
4.3.2.1. Dosificación de Reactivos de Flotación.....	110
4.3.3. Tercer Objetivo: obtener el tiempo adecuado de la flotación bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.	113
4.3.3.1. Condiciones de flotación bulk.....	113
4.3.3.2. Resultado con el Promoter aerofloat 31	113
4.3.4. Análisis comparativo de los resultados utilizados utilizando los colectores secundarios del Promotor Aerophine 3418 y del Promotor Aerofloat 31	118
V. CONCLUSIONES.....	120
VI. RECOMENDACIONES.....	122
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
ANEXOS.....	127

Área: Metalurgia Extractiva

Tema: Flotación de minerales de plata y plomo

Fecha de sustentación: 25 de julio del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Tiempo de flotación propuesta por mular 44
Tabla 2	Coordenadas de ubicación en UTM WGS-84..... 55
Tabla 3	Para llegar a la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. .. 56
Tabla 4	VARIABLES DEL PROCESO E INDICADORES..... 61
Tabla 5	Diseño de investigación..... 62
Tabla 6	Parámetros de flotación..... 75
Tabla 7	Resultados del laboratorio prueba 1..... 99
Tabla 8	Balance metalúrgico de flotación bulk..... 99
Tabla 9	Resultados del laboratorio prueba 2..... 100
Tabla 10	Balance metalúrgico de flotación bulk..... 101
Tabla 11	Resultados del laboratorio prueba 3..... 102
Tabla 12	Balance metalúrgico de flotación bulk..... 102
Tabla 13	Preparación de reactivos de flotación..... 106
Tabla 14	Parámetros de flotación bulk de mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo..... 109
Tabla 15	Dosificación de reactivos de flotación 110
Tabla 16	Condiciones de tiempo de flotación bulk..... 113
Tabla 17	Resultado del laboratorio prueba 1..... 114
Tabla 18	Balance metalúrgico de flotación bulk..... 114
Tabla 19	Resultado del laboratorio prueba 2..... 115
Tabla 20	Balance metalúrgico de flotación bulk..... 115
Tabla 21	Resultado del laboratorio prueba 3..... 116
Tabla 22	Balance metalúrgico de flotación bulk..... 117



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema de la adhesión selectiva.....	33
Figura 2 Representación de zonificación de la celda de flotación en proceso.....	34
Figura 3 Fases del proceso que representan la flotación de espuma.....	39
Figura 4 Tensión superficial de una burbuja en un liquido.....	40
Figura 5 Representación de contacto entre las tres fases (s-l-g).....	41
Figura 6 Xantato Isopropilico de Sodio	48
Figura 7 Adhesión del colector a la superficie del mineral.....	48
Figura 8 Esquema estructural del colector Z-11	50
Figura 9 Esquema de adsorción del espumante en una burbuja de aire.....	52
Figura 10 Ubicación de la Mina Ande Real.....	56
Figura 11 Tanque de Xantato Z-11	107
Figura 12 Promotor Aerofloat 31 (AP-31).....	108
Figura 13 Puntos de alimentación de reactivos en el circuito de molienda y clasificación.....	111
Figura 14 Puntos de alimentación de reactivos de flotación.....	112
Figura 15 Comparación de recuperación de plata y plomo.	118
Figura 16 Comparación de recuperación de plata y plomo	119



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Evidencia fotográfica.....	128
ANEXO 2 Evidencias fotográficas	129
ANEXO 3 Reportes del laboratorio	134
ANEXO 4 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	140
ANEXO 5 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	141



ACRÓNIMOS

(g/TM):	Gramos / tonelada métrica
(rpm):	Revoluciones / minuto
(Ag):	Plata
(Pb):	Plomo
(Cu):	Cobre
(%):	Porcentaje
(Tn/h):	Tonelada / hora
(mm):	milímetros
(HP):	Caballos de fuerza
(l/min):	litros / minuto
(µm):	Micrones
(µ):	Micra
(m³/h):	metros cúbicos por hora
(s):	Segundos
(l):	Litro
(m.s.n.m):	metros sobre el nivel del mar
(t):	Tiempo
(pH):	Potencial de hidrogeno
(Km):	Kilometro
(°C):	Grados celcius
(MIBC):	Metil isobutil carbonil
(Oz/Tcs):	Onzas por toneladas cortas secas
(cm/s):	Centímetros por segundo
(cc/min):	Centímetros cúbicos por segundo



(G.E.):	Gravedad específica
(g):	Gramos
(w):	Peso
(Dp):	Densidad de pulpa



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. ubicado en Hatuncucho, Distrito de Layo, Provincia de Canas, Región Cusco cuya capacidad de tratamiento es de 50 TMD donde se trata el mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo por el proceso de flotación Bulk. El problema que se presenta es la baja recuperación de 73.41 % Ag y 54.17 % Pb con el reactivo colector AP-3418, generándose pérdida, por lo que se plantea cambiar este reactivo por el AP-31 y así optimizar los parámetros de flotación con el nuevo reactivo AP-31. El objetivo es optimizar la flotación Bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo. La metodología de investigación utilizada fue de enfoque experimental y cuantitativo, a nivel descriptivo, se realizaron pruebas metalúrgicas, siguiendo los procesos y operaciones metalúrgicas, que incluyen chancado, molienda, flotación y filtrado. Se llevaron experimentos de flotación Rougher, Cleaner, y Scavenger, estableciendo la concentración y dosificación de AP-31, así como el pH, y el tiempo. Los resultados obtenidos en la flotación Bulk de plata y plomo con AP-31 a una concentración de 60 g/Tn, alimentando a 100 gotas/min, combinado con MIBC 1 a 1, en la etapa Rougher a un pH de 8.4 a 8.8 durante 15 minutos, la recuperación aumentó a 80.33% de Ag y 81.48% de Pb; demostrando una mejora en la recuperación final del 6.92% de Ag y 27.31% de Pb en la flotación Bulk, lo que contribuye a una mejora de la rentabilidad económica.

Palabras Clave: Dosificación, Flotación Bulk, Mejorar, Optimizar, Proceso, Recuperación.



ABSTRACT

This research work was carried out at the concentrator plant of Sociedad Minera Andereal S.A.C. located in Hatuncucho, Layo District, Canas Province, Cusco Region whose treatment capacity is 50 TMD where the sulfide mineral with high silver and lead oxide content is treated through the Bulk flotation process. The problem that arises is the low recovery of 73.41% Ag and 54.17% Pb with the AP-3418 collector reagent, generating loss, so it is proposed to change this reagent for AP-31 and thus optimize the flotation parameters with the new one. AP reagent. -31. The goal is to optimize bulk flotation to improve silver and lead recovery. The research methodology used was an experimental and quantitative approach, at a descriptive level metallurgical tests were carried out, following the metallurgical processes and operations, which include crushing, grinding, flotation and filtration. Rougher, Cleaner and Scavenger flotation experiments were carried out, establishing the concentration and dosage of AP-31, as well as the pH and time. The results obtained in the Bulk flotation of silver and lead with AP-31 at a concentration of 60 g/Tn, feeding at 100 drops/min, combined with MIBC 1 to 1, in the rougher stage at a pH of 8.4 at 8.8 for 15 minutes, the recovery increased to 80.33% Ag and 81.48% Pb; demonstrating an improvement in the final recovery of 6.92% of Ag and 27.31% of Pb in the Bulk flotation, which contributes to an improvement in economic profitability.

Keywords: Dosing, Bulk Flotation, Improve, Optimize, Process, Recovery.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de la optimización del proceso de flotación Bulk de plata y plomo, mediante la concentración y dosificación de AP-31 que permita su recuperación optima con el objetivo de establecer las consideraciones y aspectos necesarios para optimizar el circuito de flotación de minerales, teniendo en cuenta los posibles cambios en el proceso y siguiendo las normas y recomendaciones establecidas para este fin. Según el propósito de mi investigación, esto impulsa a los metalurgistas a buscar nuevas alternativas y tecnologías adecuadas para un procesamiento eficiente de los minerales o menas, investigando desde un enfoque aplicativo nuevos métodos o mejorando los existentes, con el fin de obtener concentrado de plata y plomo con mejores recuperaciones.

La flotación es un procedimiento metalúrgico que consiste separar los minerales complejos a partir sus pulpas acuosas mediante burbujas de gas. Este proceso se basa en las propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas de los minerales. El sistema de flotación de minerales se compone fundamentalmente del equipo, los reactivos químicos y las operaciones involucradas.

Las pruebas metalúrgicas se han desarrollado a nivel de laboratorio y operación en la Planta Concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. Fue ejecutado y desarrollado, razón por la cual se presenta esta tesis titulada: “Optimización del Proceso de Flotación Bulk de Plata y Plomo en la Planta Concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.” Esta cuestión se aborda destacando el tratamiento desde una perspectiva metalúrgica, a través de la exploración documental y práctica. La técnica de flotación bulk es uno de las operaciones de separación más utilizados para minerales complejos, ya



que sus propiedades efectúan con los requisitos necesarios para la separación. Al mismo tiempo, es crucial prestar especial atención al tiempo durante la flotación, la concentración y dosificación de AP-31, tamaños de partículas y el pH, al optimizar el proceso de flotación bulk en las etapas rougher y Cleaner se ejecuta con la finalidad de recuperar la plata y plomo mediante la aplicación de nuevos parámetros encontrados. Esta estrategia es trascendental porque facilita la obtención de mejoras de carácter eficiente, resuelta y confiable, permitiendo identificar los parámetros óptimos de pH, y dosificación del colector secundario, realizando las pruebas metalúrgicas para alcanzar una posición óptima del proceso de flotación bulk y lograr la mejor recuperación para la sustentabilidad económica.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. cuyo proceso es flotación Bulk para la recuperación a partir de mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo. Debido a la baja recuperación es de 73.41% Ag y 54.17% Pb, generando pérdidas, por lo que se realizó el cambio de reactivo colector AP-3418 por el reactivo AP-31, siendo esta una variable que se encuentra inserta a diferentes cambios y variaciones por diferentes circunstancias

En el proceso de flotación, se tiene un resultado de recuperación de plomo y plata muy bajo, siendo este el primer desafío en la producción, una baja recuperación indica que estos valores se están descargando en los relaves, lo que resulta en pérdidas económicas significativas. Esto se debe a la operación inadecuada de los parámetros de control de las variables de operativas como: tiempo de acondicionamiento, la concentración y dosificación de reactivos, pH, en la planta Concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.



El cambio más viable y controlable sería optimizar el proceso de flotación bulk para incrementar la recuperación de plata y plomo mediante una investigación exhaustiva y precisa. Con el fin de mejorar el rendimiento y alcanzar las metas establecidas, se optó por examinar el impacto de la concentración y dosificación de AP-31, con la expectativa de que los resultados obtenidos beneficien directamente a la empresa a obtener una rentabilidad económica favorable mediante la optimización de los parámetros.

Ante esta situación, se identifica la necesidad de proponer mejoras continuas en las operaciones de la planta concentradora. Por lo tanto, se están considerando alternativas que buscan optimizar el proceso de flotación Bulk. Donde a través de pruebas de laboratorio se determinan, la concentración y dosificación de AP-31, el tiempo óptimo, y el pH en la flotación bulk. En este contexto, surgen las siguientes preguntas:

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

1.2.1. Problema General.

- ¿Será posible la optimización de la flotación Bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Es posible determinar la concentración óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.?
- ¿Es posible determinar la dosificación óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.?



- ¿Es posible encontrar el tiempo adecuado de la flotación bulk para la recuperación de plata y plomo en la Planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. Su finalidad es optimizar la recuperación de plata y plomo, mediante la flotación Bulk, a partir del mineral sulfurado con alto contenido de óxido, donde la plata y plomo tiene valores apreciables con el mayor valor económico en el concentrado, por lo tanto, se desarrolla el presente estudio a fin de dar una solución viable con la de optimización de flotación Bulk de plata y plomo, se mejoró la recuperación a un nivel satisfactorio, de ese modo el proceso de flotación logró a obtener los parámetros óptimos de recuperación.

Esto nos permite aportar en la metalurgia para mejorar en las operaciones de extracción de la parte valiosa, y la evaluación del colector AP-3418 con cambio AP-31, se observa en los despachos de la comercialización de concentrados, hay una diferencia en la recuperación. Para ello se realizó la investigación de evaluar las variables de flotación tales como la concentración del reactivo AP-31, la dosificación de Ap-31, tiempo y el pH. Durante las etapas de flotación Rougher, Cleaner y Scavenger, se implementaron medidas para mejorar la recuperación y la calidad del concentrado de Ag y Pb. Se llevó a cabo un control operativo del alimento, concentrado y relave. Por lo tanto, se llevó a cabo un muestreo en la sección molienda y clasificación, durante las etapas Rougher, Cleaner y Scavenger.

Para la optimización de la flotación bulk se utilizó el Ditiofosfato Aerofloat 31 Promoter, es una mezcla de ácidos Ditiofosforicos con ácido cresílico. Estos productos líquidos contienen una cantidad pequeña del colector o promotor secundario y son



utilizados ampliamente como eficientes promotores o colectores para minerales sulfurosos de Ag, Cu, Pb y Zn. El promotor Aerofloat 31 es uno de los mejores promotores para los minerales de plata (AP-31).

Sus propiedades espumantes sugieren la reducción del espumante independiente usado en los puntos de adición del circuito de flotación. Son Hidrofobizantes, Sustancias predestinadas para disminuir mojabilidad de superficie de partículas de un mineral.

Con respecto a lo económico son variables, el Kg de Aerophine 3418 Promotor es \$ 16.80 dólares y el Kg Ditiófosfato Aerofloat 31 Promoter es \$ 7.90 dólares, la diferencia es 47%, la ventaja de AP-31 es más selectiva para minerales de plata, y mejora su flotabilidad, y viene ser económico.

La planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. Cuyo proceso es flotación Bulk para la recuperación a partir de mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo. Debido a la baja recuperación es de 58.16% Ag y 65.80% Pb, generando pérdidas, por lo que se realizó el cambio de reactivo colector AP-3418 por el reactivo AP-31, siendo esta una variable que se encuentra inserta a diferentes cambios y variaciones por diferentes circunstancias en proceso de operación.

Con las pruebas metalúrgicas se determinó alcanzar las variables óptimas de flotación bulk, optimizando así la eficiencia de recuperación en el circuito de flotación. Los resultados del procesamiento de datos se presentan a nivel comparativo explicativo utilizando el Micro Soft Excel que permite conocer la presentación de los resultados de recuperación. En cuanto a los indicadores, los mismos se encuentran en tablas, gráficos, entre otros, para apreciar mejor los resultados obtenidos.



1.4. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis General

- Es posible la optimización de la flotación Bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

1.4.2. Hipotesis Específica

- Si es posible determinar la concentración optima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.
- Si es posible determinar la dosificación óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.
- Si es posible encontrar el tiempo adecuado de la flotación bulk para la recuperación de plata y plomo en la Planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

- Optimizar la flotación Bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.



1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la concentración óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.
- Determinar la dosificación óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.
- Obtener el tiempo adecuado de la flotación bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la Planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

Huanca (2020) En el proceso de flotación de minerales mixtos de cobre, las pruebas de flotación determinaron que el colector M-11 mostró un comportamiento y el efecto de 0.066 g/Tn con una granulometría del 69.38 % en malla -200 y un tiempo de flotación 60 minutos en diversas etapas, logrando una recuperación del 83.81 % de Cobre con una calidad superior al 30%. La metodología empleada fue experimental, con el objetivo de optimizar las variables en el proceso de flotación. Se utilizó un diseño experimental de tres variables con un esquema 2³ utilizando el software estadístico STATGRAPHICS. y se logró mejorar el porcentaje de recuperación de minerales mixtos de Cobre.

Ramos (2018) El producto está permitido recuperar con leyes comerciales que representa el 20% y el 30% de la recuperación total de plata. Mediante la celeridad del procedimiento de Flotación aligerada, en la empresa minera Silver MinsPeru S.A.C., se separa el plomo tan pronto como es liberado, aprovechando las ventajas y beneficios que ofrece la celda de flotación aligerada en los minerales polimetálicos. El uso de la unidad de flotación aligerada (DENVER 32 " x 32"), posee como objetivo implementar el sistema de molienda y flotación para aumentar la capacidad tanto de molienda como la flotación, se incrementa la eficiencia del circuito de flotación posterior para lograr mejores resultados en las celdas, se aumenta el tiempo de flotación, resultará bastante rentable y permitirá una producción óptima y una rápida recuperación de la Inversión.



Huaringa (2019) La recuperación de plata satisface enormemente el valor del concentrado de plomo. Inicialmente los balances metalúrgicos se realizaban teniendo como prioridad la recuperación de plata y plomo; ya que están involucrados mineralógicamente. Introducen un producto en el ámbito del marketing. Esta consideración nos lleva a examinar no sólo el comportamiento de la plata, sino también el del plomo, lo que ayuda a pronosticar el comportamiento del proceso al evaluar los colectores Aerofloat 242 y Aerophine 3418, ambos incorporados al proceso. Los datos obtenidos determinarán si existe una disparidad sustancial en la recuperación ya sea que se utilicen dosis mínimas o máximas, al tiempo que demostrarán la influencia de la utilización individual o combinada de los recolectores en el proceso.

Chambilla (2015) El proceso de flotación de la casiterita, tiene una capacidad de 2500 TMHD, y comienza con un mineral de cabeza que tiene una ley del 0.82%. Después del proceso de flotación, se logra una recuperación del 52.16%, El circuito de flotación de casiterita tiene un porcentaje de recuperación del 52.16%, mientras que el 47.84% restante se pierde en los relaves con una ley de 0.19%. Para optimizar este proceso, se llevaron a cabo pruebas utilizando minerales con una granulometría del 80% a través del malla -325 μm . Las pruebas se formularon mediante un método factorial 2K, donde las concentraciones del colector PL200 se alteraron en un 15% y 18% de su peso, y la dosis de mineral casiterita osciló entre 200 y 260 gramos por tonelada. Las pruebas experimentales muestran que utilizando una concentración de colector del 16,5% y una dosificación de 234 g/t de PL200 se obtuvo una recuperación de estaño del 62,26%. Este logro supone una mejora del 10,10% en la recuperación del proceso respecto al valor inicial.

Canahuiri (2013) En el proceso de flotación, el mineral de cabeza contiene un 9% de Plomo y 1.55 oz/Tc de plata. Tras el proceso, se logró una recuperación del 58.6%



de plomo y 52.8 oz/Tc de plata Ag. Las variables clave incluyen una dosificación de 0.25 kg/TM de sulfuro de sodio, un Ph 8, 0.25 Kg/TM Aerofloat 242 y 0.02 Kg/TM Metil Isobutil Carbinol. El concentrado obtenido tiene una ley de 48% de plomo, mientras que el relave contiene un 6.97% de Pb y un 0.52% de Ag. La inversión para su tratamiento se valora en US. \$ 2678.57, mientras que el costo de operación de la planta durante 5 días asciende a US. \$ 7270.01, lo cual incluye costos directos, costos indirectos y gastos de administración.

Ore Dios (2019) Este estudio se enfoca en la optimización del circuito de flotación para un mineral polimetálico que contiene plata, plomo, oro, cobre, y cinc. El objetivo principal es reducir la presencia de impurezas y mejorar las concentraciones y recuperaciones de plomo en el concentrado de bulk de plomo-plata. Para llevar a cabo este proceso de optimización, el proceso se dividió en dos etapas: en la primera, se utilizó un diseño factorial para evaluar las variables que intervienen en la dosificación de metabisulfito de Sodio, y el porcentaje de -200M y pH, determinando que el metabisulfito de Sodio y el porcentaje de -200M son las variables con mayor incidencia en los resultados. En la segunda etapa, se empleó un diseño hexagonal para encontrar los valores óptimos de las variables que contienen el mayor efecto sobre el resultado.

López (2020) Se llevó a cabo un análisis fisicoquímico de las superficies de oro libre, y se identificaron los reactivos de flotación, particularmente el ajuste del pH ácido; que permitieron alcanzar una recuperación superior al 90%. Esta recuperación se logró gracias a la selectiva inducción de hidrofobicidad en las partículas de oro y plata cuando estaban presentes. Se observó el comportamiento fisicoquímico de las superficies de los granos de oro variando cuando tenían una forma laminar, aunque no siempre esta anisotropía generaba una hidrofobicidad natural. Este enfoque permitió la flotación directa de oro nativo de mayor tamaño como alternativa a la tradicional amalgamación de



partículas de oro. En la actualidad, la minería de veta de oro se puede caracterizar como una industria que enfrenta diversas amenazas en cuanto a la recuperación de metales.

Se observó que el comportamiento fisicoquímico de las superficies de los granos de oro variaba cuando tenían una forma laminar, aunque no siempre esta anisotropía generaba una hidrofobicidad natural. Este enfoque permitió la flotación directa de oro nativo de mayor tamaño como alternativa a la tradicional amalgamación de partículas de oro. En la actualidad, la minería de veta de oro enfrenta diversas amenazas en lo que respecta a la recuperación de metales.

Troncoso & Suárez (2017) La flotación es un proceso ampliamente empleado en la industria minera para la separación de minerales. Este procedimiento se lleva a cabo en una serie tanques interconectados, en los cuales se introducen el material y se generan burbujas. Debido a las propiedades aerofílicas del mineral de cobre, que se intensifican mediante la adición de reactivos de químicos, el mineral valioso se une a las burbujas, sube hacia la superficie y genera una espuma concentrada en mineral valioso, mientras que los otros materiales permanecen en el fondo del tanque. Es fundamental mantener un control preciso del nivel en los tanques para prevenir problemas como el desbordamiento de la pulpa de material no deseado y para gestionar de manera efectiva la velocidad de desbordamiento de los tanques.

Nacional (2009) Se llevó a cabo una operación de flotación bulk para un mineral de plomo y zinc refractario de baja ley, con un contenido del 3.5% de Zn, y 1% de Pb y 1,9% de hierro. En lugar de optar por la flotación secuencial, que es problemática en el caso de minerales finamente diseminados de sulfuros de plomo y zinc, se optó por producir un concentrado combinado de plomo y zinc. Se investigaron múltiples factores de flotación, incluida la cantidad de activador (CuSO_4), los tipos de colectores (Xantato



de amilo y potasio Z-6, Xantato de isopropilo y sodio Z-11), su dosis, duración de la flotación, tamaño de partícula y pH del proceso. Los resultados de las pruebas experimentales indicaron que la cantidad de colector utilizado tuvo el mayor impacto en la recuperación de zinc y plomo. Durante la etapa de flotación combinada, al emplear una dosis de 100 gramos por tonelada de CuSO_4 y 150 gramos por tonelada de Xantato de amilo potásico a un nivel de pH de 8 y una duración de flotación de 10 minutos, se lograron las mayores recuperaciones de zinc y plomo, alcanzando 94 %, se alcanzaron. Los porcentajes son 100% y 83%, respectivamente.

Valderrama (2018) En la actualidad, las estrategias para mejorar un proceso pasan por analizar todos los procesos como una suma de sus partes, bajo la premisa de que el todo es mayor que la suma de sus partes. La organización es crucial a la hora de modificar un reactivo dentro del proceso, y este es un desafío que muchas empresas no se atreven a asumir. Al examinar los procesos, especialmente el balance metalúrgico, se observa que se cumplen las metas mensuales: una calidad del 60% en Pb y del 45% en Zn. Las recuperaciones también están dentro de lo previsto, con un 87.5% en Ag, un 92% en Pb y un 85% en Zn. Este análisis demuestra que la investigación propuesta contribuirá a la mejora de los procesos, beneficiando así a la empresa.

Quispe (2022) El estudio se centró en el proceso de flotación de minerales mixtos de cobre, buscando reducir la dosificación del costoso colector A-3418 o reemplazarlo parcialmente por el Z-6 para mejorar la recuperación de cobre. En la planta de beneficio Jesús S.A.C., la recuperación de cobre varía entre el 88% y el 90%. La investigación, realizada en el laboratorio de la UNSAAC, simuló las condiciones de la planta y ajustó la dosificación de los colectores A-3418 y Z-6. Los resultados mostraron que reemplazar 10g/t de A-3418 por Z-6 logró una recuperación de cobre del 89.57%, un 1.4% más que la prueba estándar. La evaluación económica indicó una mejora en los beneficios de



\$756.30. Por tanto, se concluyó que es beneficioso sustituir parte del A-3418 por Z-6 en la Planta de Beneficio Jesús S.A.C.

Yanarico (2018) Para reducir el consumo de cal y el pH de los relaves en la flotación del zinc, se reemplazó la cal y el colector SIPX por colectores del tipo Flottec, utilizando el método de análisis estadístico DOE. Este método evaluó variables con parámetros específicos y preparó una muestra del Tajo para el procesamiento del mineral. Se agregó el reactivo Flottec durante el acondicionamiento para la flotación del zinc y se determinó el tiempo de molienda y el análisis granulométrico para un K80 designado a planta. Se realizaron balances del concentrado y la recuperación del zinc usando diferentes concentraciones de Flottec: 0 gr/t, 5 gr/t y 10 gr/t. Los datos resultantes generaron diagramas de caja que muestran la relación entre el concentrado, el colector Flottec, CuSO₄ y espumante, así como la recuperación del zinc.

2.2. MARCO TEORICO.

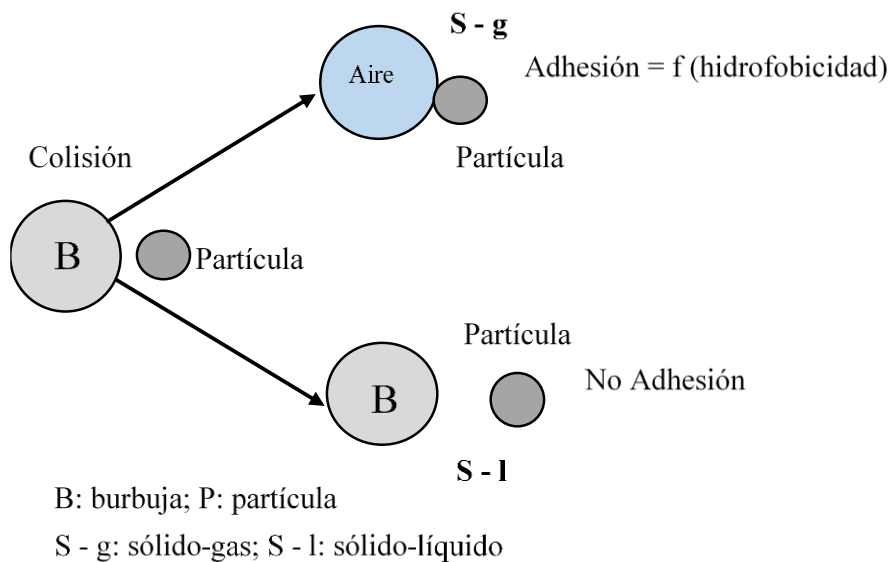
2.2.1. Flotación de minerales

La flotación de minerales es un proceso de separación mediante un proceso fisicoquímico que cambia la tensión superficial para provocar que se incrusten burbujas de aire y así enriquecer la espuma, cuyo objetivo es eliminar los minerales útiles de la ganga. Se utiliza para la eliminación de sólidos finos fragmentados. La separación de estas sustancias diferentes se logra mediante el proceso de adhesión selectiva, donde la superficie de la partícula se adhiere a una burbuja de aire o a un líquido, según las circunstancias. La adherencia de la partícula a la fase gaseosa o líquida mejora significativamente en la mayoría de las situaciones, facilitada por una modificación de la superficie de la partícula mediante la presencia de compuestos químicos activos.

El proceso de flotación de minerales es crucial ya que depende de las características de los minerales que les permiten adherirse a las burbujas de aire y ser transportados a la superficie de la pulpa. Los reactivos de flotación, que son insumos químicos, se introducen en la mezcla de mineral y agua para generar superficies hidrofóbicas, comúnmente denominadas colectores. Para favorecer la unión del reactivo colector al mineral valioso y permitir el desprendimiento del mineral no valioso, se introducen sustancias reactivas adicionales conocidas como depresores y activadores. Estas combinaciones se denominan comúnmente modificadores o cambiadores de colección.

Figura 1

Esquema de la adhesión selectiva

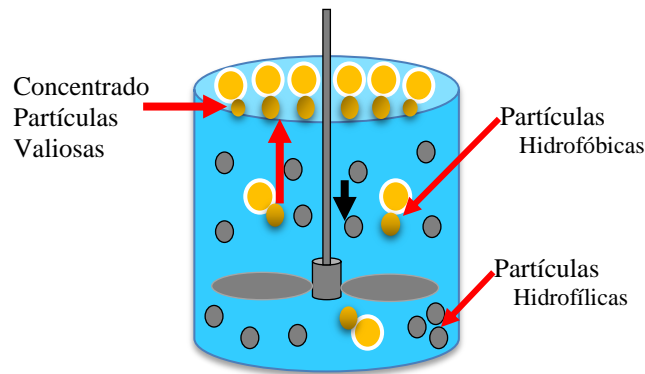


Las partículas con burbujas de aire se transportan minerales selectos comenzando desde el fondo de la celda donde se crea la turbulencia de la mineralización hasta la superficie de la detención formado una espuma sólida que se recobran las partículas establecidas.

Uno puede centrarse en otros minerales que son hidrófobos y aerófilos, lo que significa que tienen una fuerte atracción por las burbujas de aire, mientras que los minerales hidrófilos son aerófilos y normalmente no se adhieren a ellas.

Figura 2

Representación de zonificación de la celda de flotación en proceso



Los reactivos de flotación, que son insumos, se utilizan para realizar compendios fundamentales. Los distintos tipos de agentes del proceso de flotación se denominan comúnmente recolectores, espumantes, modificadores, depresores y activadores. Las funciones principales que realiza incluyen:

- Forman en la superficie del mineral y es repelente al agua (flotado).
- Aconsejan que otros minerales se formen repulsivos al agua.
- Constituyen una burbuja sólida más estable.

Las únicas partículas de minerales hidrofóbicas se adhieren a las burbujas, de esta forma alcanzando a flotar y impulsar hacia la superficie en donde se encuentra el lecho o conchón de espumas, en proporción que las hidrofílicas no se adhieren (ganga) y se empapan hacia abajo. Las tipologías de flotación pueden ser:

- Proceso de flotación por aceites.



- Proceso de flotación por películas.
- Proceso de flotación por espumas.

2.2.2. Proceso Flotación de minerales

En este protocolo de procedimientos se involucran a los experimentados técnicos y metalurgistas enfocados y asignados a la actividad de maniobra y manipulación en operación del experimento de flotación, y/o Ingeniero comprometido al Laboratorio metalúrgico, asimismo es ajustable para las compañías especializadas.

2.2.3. Tipologías de flotación.

2.2.3.1. Proceso de flotación por aceites.

Los minerales se hace molienda con un 10% a 20% en peso con una cantidad variable de aceite y luego se agitan con agua, actuando de tal manera que este proceso permite que los sulfuros se combinen en masa con el aceite, separándose del medio acuoso y se separan del circuito húmedo y del agua. (Sutulov, 1963).

2.2.3.2. Proceso de flotación por películas.

Se precisa de esta forma se requiere el apartamiento de los minerales por medio del agua pura, asimismo evaluando las propiedades de manera notablemente son hidrofóbicas de los sulfuros. Este procedimiento de beneficio se aprovechó con éxito lo que era único en la industria y explotación del grafito. (Sutulov, 1963).



2.2.3.3. Proceso de flotación por espuma.

Este proceso fue desarrollado para minerales de baja ley, complejo y mixtos, pues los minerales que se apartan quedan en interrupción en agua (pulpa), en donde llegan selectiva o diferencialmente, provocando que el conjunto de minerales obtenidos sea atacado con burbujas de aire valioso y así para flotar hacia la superficie donde se encuentra el lecho o colchón de espuma.

En nuestro país en la actualidad es muy importante de una cualidad aprovechada en la mineralurgia o procesamiento de minerales. La flotación de espumas se clasifica en:

2.2.4. Tipos de flotación de espumas.

2.2.4.1. Flotación directa.

El mineral con buena presencia de metales valiosos, por este método se concentra el mineral con buena presencia de metales valiosos, se encuentra en las espumas y también en la pulpa del mineral de ganga, esta se pierde como relave.

2.2.4.2. Flotación reversa o inversa.

En este procedimiento, se considera que el mineral no tiene valor económico y se separa del material de desecho. Luego se recoge en la mezcla líquida y posteriormente se somete a diversos procesos metalúrgicos utilizando espumas.



2.2.4.3. Flotación colectiva o bulk

Se dice flotación colectiva o bulk se flota en conjunto todos los minerales valiosos y de un solo tipo mineralógico (por ejemplo: sulfuros) salen en la espuma

2.2.4.4. Flotación diferencial o selectiva

En este proceso de la flotación selectiva se flota por elemento en forma separado, un solo elemento mineral en cada etapa. El límite superior de flotabilidad de las partículas está determinado por las características de la partícula y su densidad. El límite superior práctico de tamaño de las partículas de los sulfuros suele estar entre 0,15 y 0,25 mm cuando se trata de carbón.

2.2.5. Fases del proceso de flotación

En el proceso de flotación se forma un consorcio que produce tres fases distintas. La fase líquida está formada por agua, mientras que la fase gaseosa está formada por aire. Estas fases suelen ser estables y consistentes. Por otro lado, la fase sólida está compuesta por minerales, los cuales pueden variar de un caso a otro. Además, es importante reconocer que los productos químicos de flotación se utilizan para inducir ciertas alteraciones que mejoran la progresión del proceso de flotación. (Choquegonza, 2021).

2.2.5.1. Fase Sólidos

En esta fase se transforma a partir del mineral es molido finamente, los sólidos recubran tener una ordenación de estructura cristalina, todos los minerales que se describen en este procedimiento. Esta estructura de



ordenación es la consecuencia del resultado de la estructura o composición química de las moléculas, iones y átomos constituyentes, cada uno de los cuales componen y constituyen una colectividad de población o cuerpos complicados. La polaridad de los minerales influye directamente en sus cualidades hidrofílicas e hidrofóbicas, que a su vez determinan su flotabilidad inicial. (Choquegonza, 2021).

2.2.5.2. Fase Líquida

A lo largo de esta fase, el agua sirve como componente principal para la flotación de minerales. Desempeña un papel crucial en la adsorción e hidratación superficial de ciertos minerales durante las operaciones de solución acuosa. El agua se elige por su disponibilidad y bajo costo.

2.2.5.3. Fase Gaseoso

Durante algunos estudios, la flotación industrial se realiza íntegramente en fase gaseosa utilizando aire. La presencia de aire en la flotación exhibe características físicas distintas, lo que resulta en la aparición de dos factores principales: El aire desempeña un papel químico en el proceso de flotación al formar y dispersar pequeñas burbujas, que sirven como medio para transportar partículas mineralizadas a la superficie adherida.

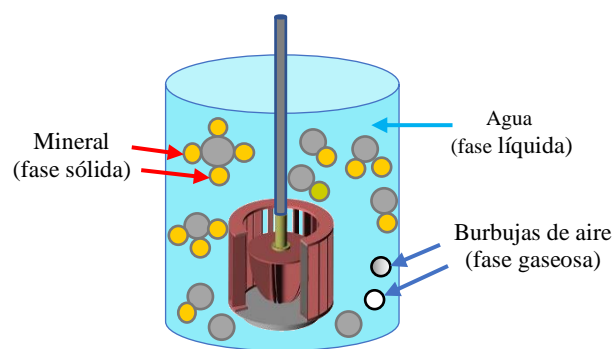
2.2.6. Generación de Burbuja

En esta generación de burbujas existe dos concluyentes presentes en el procedimiento de flotación, como la dimensión o el tamaño de burbuja y la partícula, generando metodologías apropiados en apoyo a los protocolos de

procedimiento de minerales finos. La disminución del tamaño de las burbujas conduce a una mayor colisión entre burbujas y partículas. Esta reducción de tamaño se consigue mediante la aplicación sistemática en el proceso de reproducción de las burbujas. A este proceso contribuyen varios tipos de productores, que se pueden clasificar en productores externos e internos.

Figura 3

Fases del proceso que representan la flotación de espuma



2.2.7. La presencia de termodinámica en la interfase

La termodinámica genera una importancia de la interfase es que esclarece los componentes mediante los cuales se producen fenómenos tales como la adhesión y concentración que indica los principios de potencias tales como la tensión superficial.

Se generan dos aspectos trascendentales a recalcar:

- La termodinámica de los procesos de adhesión o adsorción en superficies minerales, particularmente en la interfaz gas-líquido.
- La termodinámica examina la agregación de partículas minerales en espumas o burbujas de aire.

En cualquier interfase se genera una potencia de tensión en el plano de la interfase que es particularidad de esa interfase. Esta potencia de tensión se nombra como “Tensión Interfacial” o “Tensión Superficial” y puede ser estimada al igual a la energía libre de la superficie.

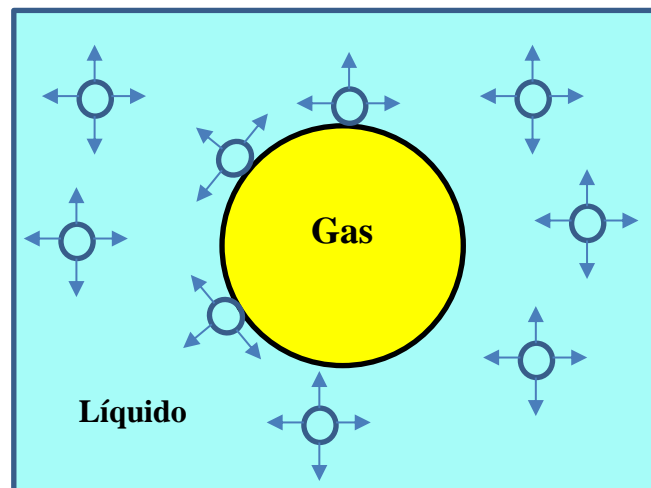
2.2.7.1. Tensión o fuerza superficial

La tensión o fuerza superficial es definida termodinámicamente nominado como el trabajo transformable o reversible (W) que debe ejecutar en disposición a aumentar el área de la interfase en una dimensión de 1 cm^2 . La tensión superficial entonces es numéricamente igual a la energía libre de Gibbs por unidad de área

La tensión superficial procede como una fuerza que se contrapone al acrecentamiento de en área del líquido. Las unidades de dimensión son: N/m , dinas/cm, Joules/m².

Figura 4

Tensión superficial de una burbuja en un liquido

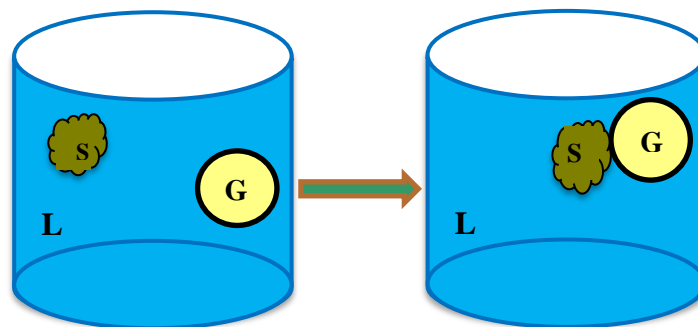


2.2.7.2. Tensión superficial en relación entre las 3 fases (sólido – líquido - gas)

En el contexto del proceso de flotación, que implica el uso de una burbuja de aire para mover una partícula sólida, la conexión entre estos dos componentes se establece mediante una interacción de tres fases (sólido-líquido-gas).

Figura 5

Representación de contacto entre las tres fases (s-l-g)



2.2.8. El proceso cinético de la flotación

Esto se refiere a la velocidad a la que las partículas y las burbujas interactúan en procesos macroscópicos, específicamente la velocidad a la que las partículas del concentrado suben a la superficie. El tiempo de flotación es un parámetro de diseño clave que representa la duración máxima durante la cual las partículas más lentas deben estar presentes para separarse de la pulpa.

La estación o el tiempo de residencia (τ) depende del flujo de aire. Si el flujo de aire es bajo, el tiempo de residencia debe ser alto para poder recoger todas las partículas. Existe una relación directa entre el tiempo (t) y la probabilidad de



flotación del mineral. Si el tiempo es elevado y el flujo de aire es el adecuado, la liberación y recuperación del mineral sería estable. (Azañero, 1999).

2.2.9. Flotación de sulfuros

Los minerales de sulfuro tienen un alto grado de hidrofobicidad, lo que les permite poseer una excelente flotabilidad. Sin embargo, este comportamiento suele verse como malo cuando hay oxidación superficial o presencia de lamas. Para que el proceso de separación de sulfuros por flotación sea exitoso y eficiente, es fundamental contar con oxígeno presente junto con recolectores de sulfuros. Esto permite que el reactivo se adhiera al mineral.

2.2.10. Variables en el proceso de flotación

La flotación de minerales es un proceso complejo que involucra varios factores. Su definición y descripción son cuantitativas, pero aún se necesitan más investigaciones para comprenderlo por completo. El material disponible sobre este tema proviene de diversas fuentes y puede tener diferentes identificaciones. A pesar de nuestros importantes avances en la experiencia práctica en este tema, aún no hemos logrado un dominio completo, incluidos los aspectos teóricos y prácticos.

2.2.10.1. Factor de granulometría

En el proceso de flotación de minerales metálicos, el tamaño de las partículas juega un papel crucial y son más pequeñas en comparación con los minerales no metálicos. Sin embargo, el tamaño óptimo para que la flotación sea ventajosa es de alrededor de 0,3 mm. Con un diámetro de alrededor de 5 mm o más. Además del tamaño máximo de las partículas



que pueden flotar, que está determinado por su peso y diámetro relativo, la ubicación o el punto específico de liberación también juega un papel crucial.

2.2.10.2. Factor de tiempo de residencia

El factor tiempo de residencia depende de la cinética de flotación de los minerales, que puede verse alterada por la influencia de productos químicos, el volumen de las células, la proporción de sólidos de la pulpa en las células y las cargas de circulación.

Cuando los minerales tienen baja solubilidad y exhiben una reactividad lenta con las superficies, se consumen en los circuitos de molienda y clasificación durante el acondicionamiento, que generalmente dura entre 5 y 30 minutos. Se utilizan acondicionadores especiales para preparar exclusivamente la pulpa con reactivos para flotación, ya que no existe control sobre su adición a los circuitos de molienda. Los reactivos de flotación se introducen en diferentes momentos o etapas del proceso, según los requisitos específicos.

Si la pulpa se prepara cuidadosamente y se airea completamente, no debería haber problema con las partículas que se adhieran a las burbujas cuando se cubre con un recolector adecuado. Esto ocurrirá instantáneamente siempre que las partículas estén completamente liberadas y tengan el tamaño adecuado.

La flotación de minerales sulfurados de plomo y cobre según el tamaño granulométrico de las partículas según Mular (ver tabla 1), el factor de seguridad, para el período de flotación, es de al menos 2 para minerales

polimetálicos y hasta 5 para minerales. Oro plata. La siguiente tabla ilustra diferentes opciones y alternativas de tiempo flotante proporcionadas por Mular.

Tabla 1

Tiempo de flotación propuesta por mular

Material	Pulpa Rougher (% W/W)	Tiempo Rougher (min)	Tiempo Test (min)	Escala de Tiempo
Plomo	2 - 32	6 - 8	3 - 5	2.0
Cobre	32 - 42	13 - 16	6 - 8	2.1
Molibdeno	4 - 8	14 - 20	6 - 7	2.6
Tungsteno	40 - 50	8 - 12	5 - 6	1.8
Zinc	Natural 5 - 35	8 - 12	5 - 6	1.8
Carbón	35 - 45	3 - 5	2 - 3	1.6
Mineral Fe	25 - 32	8 - 10	3 - 5	2.6
Relave	25	7 - 12	4 - 5	2.0

Las partículas de tamaño mediano (malla 74 a 200) exhiben una liberación deficiente con un retraso, al igual que las partículas de malla 1100 y más pequeñas, debido al efecto de listón. Es evidente que los slats con un tamaño de malla inferior a 1600 no flotan bien, al igual que los elementos que no se sueltan correctamente. En consecuencia, los relaves se componen principalmente de sustancias viscosas y sin procesar.

La duración del desarrollo de la flotación suele oscilar entre 5 y 30 minutos, con una duración media de 8 a 10 minutos. La duración de la flotación también está influenciada por las características del material. Los minerales oxidados tienen una tasa de recuperación más lenta en



comparación con los sulfuros, mientras que los metales nativos tienen una tasa de flotación más rápida que los sulfuros.

2.2.11. Reactivos de flotación

La mayoría de los minerales exhiben hidrofiliidad inherente. Sin embargo, para lograr la separación basada en flotación, la hidrofobicidad de algunos minerales debe inducirse selectivamente en sus superficies. Esto se logra mediante la regulación química de la solución y la adición de productos químicos que penetran específicamente en la superficie, impartiendo propiedades hidrofóbicas. Las sustancias que intervienen en la reacción química se denominan colectores. En la flotación se utilizan varios reactivos químicos, cada uno de los cuales tiene propósitos únicos.

2.2.12. Dosificación de reactivos

La cantidad de reactivos necesarios para el proceso de flotación está determinada por los resultados de las primeras pruebas metalúrgicas y la evaluación del consumo, que está influenciada por la concentración y dosificación de cada insumo.

2.2.13. Reactivos del proceso de flotación

Durante una técnica de flotación, los reactivos se separan según sus funciones respectivas en tres categorías: recolectores, formadores de espuma y modificadores. Los recolectores y agentes espumantes son compuestos orgánicos que se utilizan a menudo en cantidades que oscilan entre 1 y 1000 gramos por tonelada métrica de alimento. Desde una perspectiva química, estas sustancias se clasifican como tensioactivos, que son moléculas de naturaleza dual, compuestas



por un grupo polar y un grupo no polar. El grupo polar tiene un momento dipolar persistente y constituye el componente hidrófilo de la molécula. El grupo no polar carece de un dipolo persistente y constituye el componente hidrofóbico de la molécula.

Los surfactantes tienen dos funciones principales en la flotación. Inicialmente, se adhieren al límite entre las fases sólida y líquida y funcionan como agentes que recolectan y hacen que algunos minerales sean repelentes al agua. Además, tienen un impacto en la velocidad a la que las burbujas y los minerales se unen, funcionando como agentes que promueven la formación de espuma. El ingrediente espumante opera principalmente en la interfaz entre el líquido y el aire, lo que da como resultado la creación de espuma al reducir la tensión superficial. Los modificadores son sustancias químicas, ya sean inorgánicas u orgánicas, que suelen utilizarse en concentraciones que oscilan entre 20 y 1000 gramos por tonelada, como afirmó (Astucuri en 1999).

2.2.14. Tipos de Reactivos de flotación

Los insumos o reactivos de flotación se dividen en:

- **Colector.** El proceso de flotación se basa en este reactivo ya que induce la formación de una capa hidrófoba sobre la partícula mineral.
- **Espumante.** Su objetivo es desarrollar una espuma que pueda retener burbujas cargadas de minerales hasta que sean retiradas de la máquina de flotación (celdas).
- **Modificadores.** Funcionan como depresores, activadores, reguladores del pH, dispersores, etc. El recolector hace flotar selectivamente el mineral



precioso sin tener en cuenta su efecto sobre otros minerales, como la ganga (Astucuri, 1999).

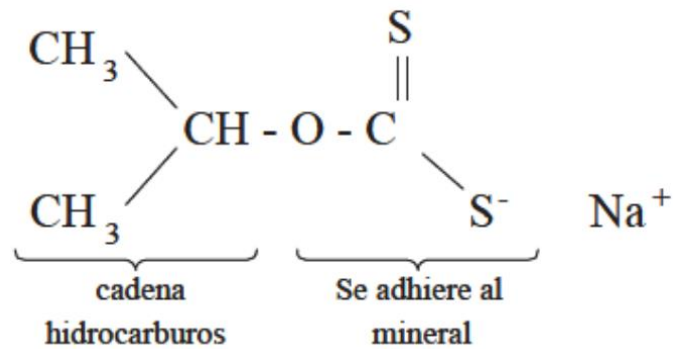
2.2.14.1. Colectores

Son compuestos químicos orgánicos que constan de moléculas con un grupo polar y otro no polar. La presencia de un anión o catión en el grupo polar permite que el ion colector permanezca adsorbido en la superficie polar del mineral. En cambio, el grupo apolar o hidrocarburo mantiene su orientación hacia la fase acuosa, provocando que el mineral se vuelva hidrofóbico. Esta orientación conduce a la creación de una capa de hidrocarburos hidrofóbicos en la superficie del mineral. Como resultado, las partículas minerales hidrofóbicas se adhieren a las burbujas de aire que se mueven hacia arriba debido a una película colectora, arrastrando el mineral con ellas hacia la parte superior de la pulpa. Los químicos mencionados en el texto tienen una mayor afinidad por los sulfuros y el aire, y una menor afinidad por los minerales de ganga (Astucuri, 1999).

El proceso implica impartir características hidrofóbicas a las superficies mineralizadas. "Son compuestos orgánicos complejos con estructuras asimétricas y heteropolares. Su propósito principal es unirse a minerales valiosos, haciéndolos hidrofóbicos selectivamente dentro de una mezcla. Esto crea condiciones que reducen la energía libre superficial del mineral húmedo, facilitando la formación de un contacto Perímetro entre el mineral, el agua y el aire. Este perímetro de contacto promueve la unión de partículas mineralizadas a las burbujas de aire. Normalmente, los colectores constan de dos componentes.

Figura 6

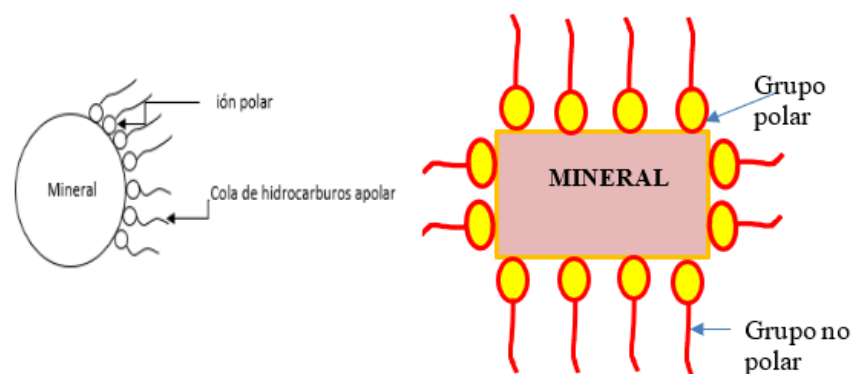
Xantato Isopropilico de Sodio



El componente polar del ion se adhiere a la superficie del mineral. La característica hidrofóbica del mineral se atribuye a la orientación de su componente apolar, compuesto por una cadena de hidrocarburos, hacia la fase acuosa.

Figura 7

Adhesión del colector a la superficie del mineral



La repelencia al agua de una sustancia está directamente influenciada por la longitud de su cadena de hidrocarburos. Cuanto más larga sea la cadena hidrocarbonada, mayor será la hidrofobicidad de la sustancia, lo que significa que será más repelente al agua. Este principio es



crucial en la química de superficie y en la ciencia de materiales, especialmente en el contexto de los colectores utilizados en procesos de flotación de minerales.

El componente del colector que se adhiere al mineral le confiere fuerza y selectividad. Esta selectividad es fundamental para la eficiencia del proceso, ya que permite la separación de minerales específicos de una mezcla. La disparidad en el comportamiento de los diferentes colectores puede explicarse por la variabilidad en la estructura de sus cadenas hidrocarbonadas y su capacidad para interactuar con superficies minerales específicas.

a. Xantato amílico de potasio (Z - 6).

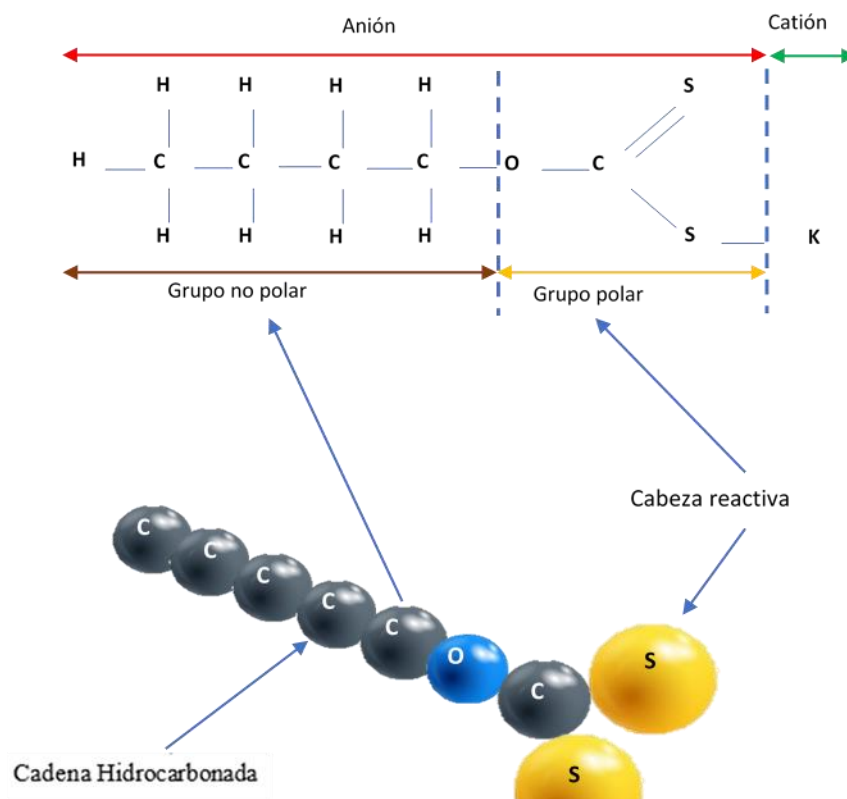
Este Xantato tiene una potencia excepcional, lo que lo hace particularmente adecuado para operaciones de flotación que necesitan la máxima eficacia en la recolección. Este colector es muy adecuado para la flotación de minerales de sulfuro de plomo y cobre descoloridos u oxidados, particularmente cuando se usa en combinación con Na_2S . De igual forma, se utiliza en la terapia de arsenopirita, pirota, sulfuros de cobalto, así como sulfuros de níquel y hierro que contienen oro. También se utiliza como promotor secundario en la flotación integral posterior a la flotación en masa, mediante la cual se utiliza un promotor más exigente. Cuando se administra en dosis adecuadas, Z-6 exhibe un mayor grado de selectividad para ciertas separaciones (Astucuri, 1999).

b. Xantato isopropílico de sodio (Z - 11). Debido a su asequibilidad y su gran capacidad de recolección, este Xantato en particular se ha

convertido en el más utilizado entre todos los xantatos. Por lo general, presenta una velocidad algo menor en comparación con los xantatos de etilo y, a menudo, puede usarse como sustituto de estos, lo que resulta en una clara disminución en la cantidad y el coste del colector necesario. La flotación de casi todos los minerales sulfurados se ha logrado con gran éxito. Se utiliza ampliamente en el proceso de flotación de minerales de cobre, plomo y zinc, así como en el tratamiento de minerales complejos que incluyen plomo, zinc y compuestos de cobre y hierro (Astucuri, 1999).

Figura 8

Esquema estructural del colector Z-11





2.2.14.2. Espumantes

Se trata de sustancias que presentan las mayores características de formación de espuma en las pulpas alcalinas. Los agentes espumantes primarios consisten en fuertes bases de piridina que exhiben una característica espumante pronunciada en ambientes muy alcalinos.

- a. **Ácidos:** Se trata de sustancias que presentan características de formación de espuma reducidas cuando aumenta la alcalinidad de la pulpa. Los agentes espumantes ácidos consisten en reactivos fenólicos como cresol, xilenol, aceites de madera que contienen fenol y otros, así como alquilarilsulfonatos, como detergentes y azolatos. Debido a la naturaleza alcalina de la flotación de minerales, los agentes espumantes ácidos se consideran débiles en los procesos de enriquecimiento. Sin embargo, suelen ser eficaces al reaccionar selectivamente con ciertos minerales (Astucuri, 1999).

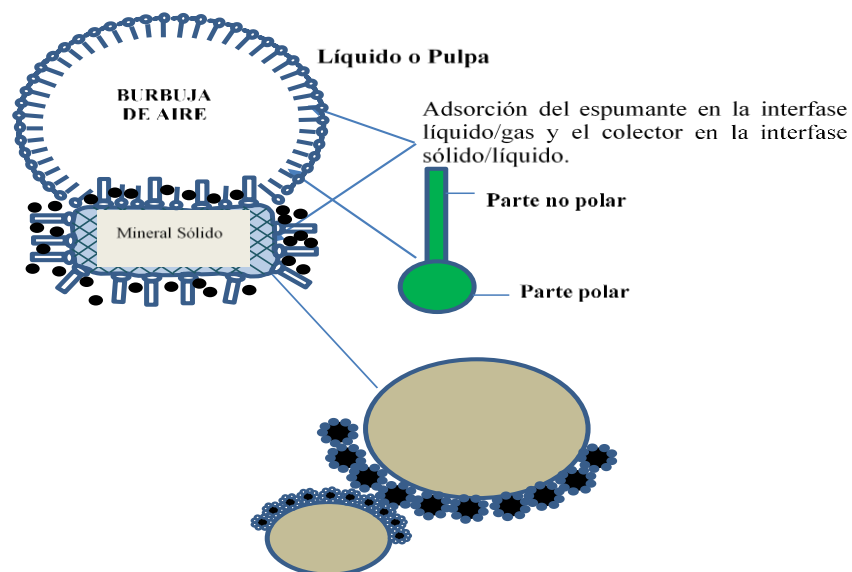
Actualmente, la técnica de flotación de minerales de metales no ferrosos no incluye agentes espumantes fenólicos (como cresoles, xilenoles y otros) debido a su importante toxicidad. Reactivos de flotación que no se ven afectados significativamente por el pH de la pulpa. Es la categoría más grande y significativa de agentes espumantes, tanto en términos de cantidad como de importancia.

Los insumos o reactivos usados en proceso de flotación conmueven la estabilidad de espumas, consiste como:

- Estructura y constitución del lecho de adherencia en la superficie de la espuma o burbuja.
- Naturaleza del revestimiento del mineral sobre el área de contacto.
- Todos los estabilizadores de cama de agua pueden separarse en tres grupos principales:
- Sustancias tenso activas que forman soluciones coloidales o semi-coloidales en agua, estos insumos se reúnen en el lecho de adsorción y constituyen una organización gelatinosa.
- Los insumos solubles en agua transformando una solución real (moléculas separadas).
- Los insumos no polares que son habitualmente insolubles en agua (kerosene).

Figura 9

Esquema de adsorción del espumante en una burbuja de aire.





2.2.14.3. Modificadores o reguladores.

En la flotación, se pueden controlar y ajustar las acciones del colector, lo que permite aumentar o disminuir la hidrofobicidad de la superficie del mineral. El modificador interactúa tanto con el mineral como con los iones presentes en la pulpa, siendo estas interacciones químicas y variadas según su función y uso en flotación. Se representan de la siguiente manera:

- Depresores (NaCN, ZnSO₄, NaHSO₃)
 - Reactivadores o activadores (CuSO₄)
 - Reguladores de pH (CaO)-Dispensantes-Floculantes-Sulfidizantes
- **Depresores**

La depresión se emplea para mejorar la selectividad de la flotación al hacer que ciertos minerales se vuelven hidrofílicos (afines al agua), evitando así su flotación. Hay muchos tipos de depresores con acciones complejas y diversas, y que, en la mayoría de los casos, se entiende poco sobre su funcionamiento, lo que dificulta controlar la depresión en comparación con otros reactivos. Un ejemplo de depresión natural es el recubrimiento de lama (Wills, 1987).

- **Activadores o Reactivadores**

Estos productos químicos mejoran la flotabilidad de ciertos minerales, facilitando o aumentando así el proceso de adsorción por parte de un colector. Los reactivos reactivadores disminuirán la flotabilidad de un mineral que ha sufrido oxidación o depresión. La función de los



activadores es opuesta a la de los depresores, ya que estos reactivos aumentan la adsorción de los colectores en la superficie de los minerales o para fortalecen el enlace entre el colector y la superficie del mineral (Astucuri, 1999).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación Geográfica

La planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. Se ubica geográficamente en la zona y en la coordenada UTM, cuyas coordenadas en UTM WGS-84.

Lugar - Paraje : Hatuncucho

Distrito : Layo

Provincia : Canas

Departamento : Cusco

Tabla 2

Coordenadas de ubicación en UTM WGS-84.

Coordenadas UTM WGS-84.	
Altitud	4 869 msnm
Este	285 032.00
Norte	8 401 669.00

3.1.2. Vías de Acceso

Tabla 3

Para llegar a la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

Accesibilidad a la zona del proyecto			
Tramo	Tipo de vía	Distancia	Tiempo
Puno - Juliaca	Asfaltada	45 Km.	0 hr. 45 min.
Juliaca - Sicuani	Asfaltada	75 Km.	3 hr. 15 min.
Sicuani – Camino Frontera Puno	Asfaltada	60 Km.	0 hr. 00 min.
Frontera Puno – Aguas Caliente	Asfaltada	20 Km.	0 hr. 00 min.
Aguas Caliente – Hatuncucho	Trocha carrozable		3 hr. 00 min
Total		200 Km.	7 hr. 00 min

Figura 10

Ubicación de la Mina Ande Real





3.1.3. Clima y temperatura

Debido a su ubicación en una zona de desierto de altura y su terreno montañoso, el clima es extremadamente frío, y se caracteriza por vientos constantes.

La humedad relativa máxima mensual varía entre 91 % en agosto, y 77 % en enero, mientras que la humedad relativa mínima oscila entre 45 % en julio y 35 % en octubre.

La temperatura en la zona se corresponde con un clima frío, según los datos de la estación meteorológica de Cusco del SENAMHI (4869 msnm). La temperatura máxima media mensual es de 32 °C en febrero, mientras que la temperatura mínima media mensual es de 7.9 °C en agosto).

3.1.4. Energía eléctrica.

La planta Sociedad Minera Andereal S.A.C. no dispone de una red de suministro de energía eléctrica, por lo que se abastece de electricidad mediante un grupo electrógeno de combustible (petróleo) con una capacidad de 240 KWA, que proporciona energía a toda la planta para sus operaciones.

3.1.5. Recursos hídricos

Este recurso es muy crucial, ya que sin agua no es posible operar la planta concentradora. El agua proviene de una fuente ubicada a 4.3 kilómetros de distancia, enterrado en una tubería de 1 pulgada, hasta poza, distribuye a toda la planta para su respectiva operación de flotación de minerales. Y la otra parte de agua reciclado de cancha de los relaves, estos son bombeados a los a poza de agua de planta concentradora para su posterior recirculación.



3.1.6. Mineralogía

El área minera la mineralogía principal es la argentita y la galena. El yacimiento del Proyecto Minero Metalúrgico Ande Real, contiene minerales de sulfuros y óxidos, como galena, calcosina, calcopirita, Brochantita, calcantita, crisocola, azurita, y malaquita, formando por soluciones hidrotermales. Este depósito de tipo manto (estratoligado) se encuentra alojado en lavas andesíticas del grupo.

La estructura mineralizada del yacimiento Hatuncucho consiste en un cuerpo subhorizontal (Manto) estratoligado, alojado en una secuencia volcánica del grupo Sicuani 29-t, que incluye lavas andesitas y aglomerados volcánicos. Este cuerpo tiene una orientación N-S y un buzamiento variable de 15 a 20° al Oeste, en una longitud de 900 metros, un ancho de 250 metros y un espesor que varía entre 10 a 25 metros.

El material contiene una mineralización polimetálica, principalmente de plomo (Pb), plata (Ag), cobre (Cu), y zinc (Zn), con leyes promedio de 1.00 – 1.50 % de cobre, 0.50 – 2.5 % de plomo, 0.30 – 0.80 Oz de plata por tonelada y 0.02 – 0.05 % de zinc. Los pesos específicos estimados son 2.85 para el mineral y 2.70 para la ganga o roca encajante.

3.1.7. Procedencia del Mineral.

Los minerales son provenientes de la mina Hatuncucho de la empresa ANDE REAL S.A.C., es extraída por una explotación de tajo cerrado o subterránea, con destino a la Planta concentradora para su proceso de beneficio.



3.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se caracteriza por su enfoque tanto descriptivo como experimental.

3.2.1. Tipo de la investigación

El tipo de investigación corresponde a un diseño experimental de nivel descriptivo aplicado a la optimización de la flotación bulk con el objetivo de mejorar la recuperación de plata-plomo en la Planta Concentradora sociedad Minera Andereal S.A.C.

- a. **Bibliográfica:** Este enfoque implicó consultar fuentes físicas como libros, revistas y recursos en línea para recopilar la información necesaria para alcanzar los objetivos establecidos.
- b. **Experimental:** Mediante este enfoque metodológico, se llevó a cabo la experimentación dosificando la concentración, dosificación de reactivos y el tiempo de flotación bulk previo a la alimentación a las etapas de Rougher, Cleaner y Scavenger.
- c. **Aplicada:** Los resultados obtenidos en este estudio fueron empleados para resolver el problema y se implementaron en la planta concentradora de la empresa Ande Real S.A.C.

3.2.2. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es aplicado, con el objetivo de implementar los resultados de la concentración y dosificación óptimas, y el tiempo de flotación bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en las etapas de Rougher, Cleaner y Scavenger, según el pensantecom (2016). La investigación científica



aplicada también puede dirigirse hacia la generación de conocimientos y métodos que mejoren significativamente la eficiencia y productividad en la industria de bienes y servicios.

3.2.3. Método y diseño de la investigación

Este estudio de investigación se llevará a cabo utilizando un enfoque descriptivo y experimental, ya que este enfoque se adapta de manera óptima a las necesidades de nuestra investigación. El diseño experimental tiene como objetivo principal la evaluación probabilística de las relaciones causales que existen entre las variables que estamos estudiando. Además, nos proporciona la capacidad de confirmar o refutar las hipótesis que hemos formulado y que serán sometida a prueba a lo largo del estudio (rojas, 2013, p.272).

“En el contexto del diseño experimental, se involucra la aplicación de un estímulo o tratamiento a un grupo, seguido de la medición de una o más variables para evaluar su impacto o efectos dentro de dicho grupo” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.136).

Es importante destacar que el diseño utilizado en esta investigación no se ajusta a los criterios de un experimento "puro" debido a la ausencia de manipulación de la variable independiente. Asimismo, no se proporciona una referencia precisa sobre el nivel inicial de la variable en el grupo antes de la aplicación del estímulo. Estas limitaciones dificultan la posibilidad de establecer causalidad de manera certera, y además, no se implementan controles adecuados para mitigar las fuentes de invalidación interna.



3.2.3.1. Diseño de la investigación

Es descriptivo, explicativo y experimental

El presente diseño se lleva a cabo de la siguiente manera

Tabla 4

Variables del proceso e Indicadores.

Variables	Indicadores
Variable independiente	
Optimización de la flotación bulk	
- Concentración del colector AP-31	- % de preparación del colector
- Cambio de colector AP-3418 por AP-31	(g/Tn)
- Dosificación del colector AP-31	- Comparar en % de recuperación
- Tiempo de flotación bulk	- Cantidad de alimentación del colector (ml/Tn)
- Granulometría	- Tiempo de residencia en la flotación(min)
	- Análisis granulométrico (μm).
Variable dependiente	
▪ Mejorar la recuperación de plata y plomo	- % de recuperación de plata y plomo en concentrado.



Tabla 5

Diseño de investigación.

1	Optimizar la flotación bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo	<ul style="list-style-type: none">- pH de la pulpa- Densidad de la pulpa- Tipo de colector que se usa
2	Realizar la recolección de muestras durante la flotación bulk en las celdas	<ul style="list-style-type: none">- Alimento, concentrado y relave de las celdas Cleaner, Rougher, Scavenger.
3	Realizar el Análisis de las muestras recolectadas.	<ul style="list-style-type: none">- Densidad- pH- Granulometría- Gravedad específica- Ley de cabeza, concentrado y relave
4	Evaluación de los parámetros a mejorar y optimizar.	<ul style="list-style-type: none">- pH- Determinar la concentración óptima de AP-31- Determinar la dosificación óptima de AP-31- Obtener el tiempo adecuado de la flotación bulk
5	Realización de pruebas metalúrgicas en el laboratorio metalúrgico	<ul style="list-style-type: none">- Controlar la concentración de AP-31.- Controlar la dosificación de AP-31.- Prueba de variación y comparación del colector.
6	Evaluar, comparar y explicar los resultados obtenidos de las pruebas de flotación bulk	<ul style="list-style-type: none">- Tomar medidas de control.- Balance Metalúrgico.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Primer objetivo

3.3.1.1. Concentración óptima de AP-31

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un proceso que incluyó análisis, definición, estudio, especificación y selección en base al



porcentaje de preparación del reactivo AP-31 con el propósito de determinar su grado de concentración.

3.3.1.2. Procedimiento

- Se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre el tema de preparación de reactivos.
- Muestreo del reactivo AP-31
- Realizar las mediciones en una probeta
- Realizar el pesaje de las muestras designada.
- Controlar la alimentación en los puntos designados

3.3.1.3. Materiales

Probeta de 10 ml, 20 ml, 50 ml, 100ml, balanzas, pepitas, pisetas, fiola de 20 ml, 50 ml, 100 ml, micropipetas automáticas, Pulpa de mineral, Material de escritorio, Laptop, celda de flotación.

3.3.2. Segundo objetivo

3.3.2.1. Dosificación óptima de AP-31

Para alcanzar este objetivo, se emprendió un proceso experimental que incluyó la manipulación de los parámetros de operación. Este proceso implicó la regulación de la alimentación del reactivo AP-31 a una concentración específica, tanto en la entrada del molino como en puntos designados a lo largo del circuito de clasificación y en la bancada de celdas de flotación.



3.3.2.2. Procedimiento

- Obtener muestras del reactivo AP-31 con diferentes grados de concentración
- Alimentación del reactivo AP-31 en los circuitos designados en Cleaner, Rougher, y en Scavenger.
- Flotación de la pulpa del mineral de Plata-plomo
- Obtención de concentrado y relave
- Secado del concentrado obtenido
- Realizar un análisis de la ley de concentrado para calcular el porcentaje de recuperación de plata y plomo.

3.3.2.3. Materiales.

Circuito de alimentación del reactivo, en las bancadas de celdas de flotación en acondicionador, Cleaner, Rougher y Scavenger. Material de escritorio, laptop.

3.3.3. Tercer objetivo

3.3.3.1. El tiempo adecuado de la flotación bulk

Para lograr este propósito, se añadirá el reactivo AP-31 junto con el colector en la cantidad previamente calculada al comienzo del proceso. Una vez añadidos estos reactivos, se iniciará la agitación, manteniéndola durante el mismo periodo de tiempo que se estableció en la fase de acondicionamiento inicial.

Para llevar a cabo la evaluación cinética de la flotación, es necesario dividir el tiempo de residencia en al menos cinco intervalos. Por



ejemplo, si el tiempo de residencia total es de 10 minutos, los tiempos acumulativos podrían ser establecidos en 0.5, 1, 2, 3, 6 y 10 minutos, siendo recomendable que los tres primeros tiempos estén próximos entre sí. Una vez finalizado el periodo de acondicionamiento, el Ingeniero Metalurgista colocará una bandeja debajo del labio de la celda para recolectar las espumas. Posteriormente, abrirá la válvula de aire y registrará el tiempo de operación.

El lecho o colchón de espumas se permitirá crecer hasta que esté cerca del labio de la celda, momento en el cual procederemos a retirar las espumas de manera constante, a un ritmo aproximado de 50 paletas por minuto, al finalizar cada intervalo de tiempo acumulativo, se detendrá la remoción de espumas para cambiar la bandeja receptora. Posteriormente, se reanudará la extracción de espumas hasta concluya el siguiente intervalo de tiempo acumulativo, momento en el cual se realizará otro cambio de bandeja receptora. Si durante o después del segundo o tercer intervalo de tiempo se observa una reducción en el nivel de pulpa, se añadirá agua para restaurar el volumen inicial sin alterar el pH original. Este proceso se retirada de espumas y cambio de bandejas continuará hasta completar el quinto intervalo de tiempo acumulativo.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población.

Alimentación al circuito de flotación bulk de la planta concentradora
Sociedad Minera Andereal SAC



La población consiste en 50 toneladas métricas secas por día (TMSD) de mineral complejo de plata y plomo, así como los equipos que integran el circuito de flotación de la planta concentradora.

3.4.2. Muestra.

El estudio se llevó a cabo utilizando una muestra que incluye:

- La densidad de la pulpa.
- El porcentaje de sólidos en la pulpa.
- La alimentación a la celda en etapa rougher
- El concentrado de la celda rougher
- El relave de la celda en etapa rougher
- La alimentación a la celda en etapa Cleaner
- El concentrado de la celda Cleaner
- El relave de la celda en etapa Cleaner

3.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.3.1. Técnicas de procedimiento.

- Muestreo de la pulpa
- Técnicas de muestreo
- Tipo de cortadores utilizados
- Categorización de reactivos
- Recopilación de datos sobre parámetros de flotación
- Análisis del historial de recuperación de plata-plomo.
- Clasificación de parámetros de flotación.



3.4.3.2. Instrumentos

- Laboratorio metalúrgico
- Laboratorio químico.
- Computadora portátil laptop.

3.4.3.3. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos

recopilados

- Se empleo software de computación para el procesamiento de datos.

Se emplearon sistemas informáticos para el procesamiento de datos a nivel explicativo, comparativo. Se utilizó el paquete estadístico MICROSOFT EXCEL para analizar las curvas de recuperación. Para presentar los resultados obtenidos, se utilizaron indicadores como tablas, gráficos de barras, gráficos de dispersión, entre otros métodos visuales.

● Fórmulas matemáticas utilizadas

El porcentaje de recuperación depende de estas variables, cuya formulación matemática es la siguiente:

$$\%R = \frac{C(F - T)}{F(C - T)} * 100$$

$\%R$ = Porcentaje de recuperación de metal en el concentrado

F = Ensayo de metal en la alimentación

C = Ensayo de metal en el concentrado

T = Ensayo de metal en el relave

Es necesario calcular diariamente el porcentaje de recuperación y asegurarse de que se mantenga en un adecuado según los resultados de las pruebas realizadas.



La razón o relación de concentración está en función de las variables, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$K = \frac{F}{C}$$

K = Razon de concentración

C = La cantidad de concentrado obtenido

T = La cantidad de Tonelaje alimentado

El contenido metálico está en función de las variables, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Contenido metálico} = \frac{\text{Ley} * \text{Peso}}{100}$$

El radio de concentración está en función de variables, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Radio de concentración} = \frac{\text{Peso del alimento}}{\text{Peso del metal}}$$

3.5. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

3.5.1. Personal responsable

- Ejecuta: Ing. Metalurgista, Técnico metalurgista.
- Supervisa: Encargado de turno del laboratorio metalúrgico.
- Reemplaza: Asistente del laboratorio metalúrgico.

3.5.2. Equipos de protección personal

- Casco con barbiquejo
- Respirador con filtros para partículas de polvo y gases
- Guantes de cuero, badana, prótex o neopreno
- Guantes de nitrilo para manejo de pulpas o partículas finas



- Lentes de seguridad transparentes
- Mameluco u Overol con cintas reflectantes
- Calzado de seguridad y botas de goma con puntera de acero
- Tyvek (si es necesario)
- Tapones para los oídos o protectores auditivos o orejeras.

3.5.3. Equipos / herramientas / materiales de trabajo

3.5.3.1. Equipos

- Ro-tap
- Pulverizador
- Juego de tamices (mallas) según sea necesario
- Balanza
- Balanza Marcy
- Potenciómetro
- Horno de secado grievie

3.5.3.2. Herramientas

- Cortador manual de muestras (par pulpas finas y gruesas)
- Cuarteador reflis – mecánica (muestras secas)
- Cuarteador cónico (para pulpas)
- Espátulas
- Rodillo
- Brochas

3.5.3.3. Materiales de trabajo

- Baldes de plástico de 18, 8, 4 litros



- Bandejas
- Probeta de 1 litro
- Vaso precipitado de 10 ml (10)
- Luna reloj (vidrio)
- Pizeta de 500 ml
- Pipetas 10 ml
- Baguetas de vidrio (10)
- Sobres de manila para muestras
- Plumón tinta indeleble
- Formato, cuaderno de registro
- Bolsa para aforar
- Papel filtro
- Manta de Cuarteo

3.5.4. Reactivos

3.5.4.1. Colectores

- Xantato Z-11 10%
- Xantato Z-6 5%
- AP – 208
- AP - 31
- AP – 404
- AP – 3418 AEROPHINE 3418 A Promoter

3.5.4.2. Espumantes

- MIBC Metil Isobutil Carbinol



- D – 250 Dow froth 250

3.5.4.3. Modificadores

- Sulfuro de sodio al 10%
- Silicato de Sodio
- CaO (puro) Cal
- Floculante
- Hidróxido de sodio (NaOH)

3.5.5. Procedimiento (descripción)

- Verter la pulpa (mezcla de mineral + agua) en la celda de flotación.
- Medir y añadir la cantidad adecuada de agua utilizando una probeta de 1000 cm³ a la celda de flotación.
- Introducir los reactivos según la dosis requerida en la celda de flotación.
- Permitir un tiempo de acondicionamiento de 5 minutos para el colector espumante y los modificadores.
- Inyecta aire manualmente a la celda de flotación inicialmente para oxigenar la pulpa, y luego completamente para generar burbujas y comenzar el proceso de flotación del mineral durante un tiempo determinado.
- Las burbujas formadas en la parte superior de la celda contienen la parte valiosa del mineral, que se separa utilizando una paleta movida a 20 paletas por minuto. Posteriormente, se recoge en una bandeja para secar tanto el concentrado como el relave, y finalmente se pesan ambos productos antes de enviarlos al análisis químico.



- Colocar el concentrado y el relave en bandejas separadas, secar y pesar para realizar el correspondiente balance metalúrgico.

3.5.5.1. Identificar los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo están identificados en los procesos metalúrgicos a muestrear, si no lo saben, consultarán con el operador del circuito para que les señale la ubicación exacta del punto de muestreo. Colocaron recipientes de 4, 8 o 18 litros en cada uno de estos puntos de muestreo.

Las muestras depositadas en los baldes de 4, 8 o 18 litros, con sus respectivas identificaciones (rotuladas) y tapas, de los puntos donde se tomó la muestra. Se verifica que los puntos de muestreo sean óptimos.

Antes de tomar la muestra, es necesario asegurarse de que el punto de muestreo esté completamente óptimo, es decir, que la planta esté operando con sus parámetros habituales (tonelajes normales, etc.). Seleccionar el cortador manual adecuado para tomar la muestra.

La muestra se tomará con el cortador seleccionado según la granulometría del mineral (fino o grueso) y flujo.

3.5.5.2. Esperar a que el circuito se regularice.

Esperar hasta que la planta esté funcionando con sus parámetros normales, de lo contrario no se tomará la muestra.

- **Tiempo de muestreo**



Los horarios de trabajo se coordinan con el Ingeniero o Supervisor de turno. muestreo en caso de que sea una muestra compuesta, luego la muestra se toma manualmente y se coloca en cada balde rotulado, para evitar posibles cruces o confusión de muestras.

- **Vaciar la muestra del cortador al balde.**

Vierte la muestra del separador con precaución en el balde rotulado y verifica que no quede ningún residuo en el separador.

- **Medir la densidad (Según su requerimiento)**

La densidad se mide de la siguiente manera:

- Colgar la balanza Marcy en un lugar apropiado.
- Extraer la muestra utilizando el cortador, evitando derrames de la pulpa mineral.
- Verter la pulpa en el recipiente de la balanza Marcy hasta que alcance el nivel de los orificios del recipiente.
- Pesar el recipiente con la muestra en la balanza Marcy y registrar el valor de la densidad.

- **Trasladar los baldes con muestra al Laboratorio Metalúrgico.**

Una vez finalizado el muestreo, los baldes con las muestras serán trasladados al laboratorio metalúrgico y colocados en el área de preparación de muestras.

- **Preparación de muestras para ley de plata y plomo**



Trasvasará la muestra (pulpa) a una bandeja para secarla en el Horno Grieve a una temperatura de 150 °C.

Verifique que las muestras estén completamente secas utilizando una espátula metálica; asegurando de que no haya partículas adheridas, lo que indicará que puede proceder con lo siguiente paso.

- **Comprobar la instalación eléctrica.**

En caso de detectar problemas en la instalación eléctrica, informar de inmediato al Ingeniero o Supervisor de turno.

Antes de comenzar la prueba, es necesario completar el check list de las celdas de Flotación, asegurándose de verificar su estado óptimo para el funcionamiento continuo, se debe completar la lista de verificación de las celdas de flotación.

- **Determinación de parámetros de flotación.**

Algunos parámetros tomados en la planta concentradora son:

- Concentración de reactivos (g/Tn)
- Dosificación de reactivos (ml/min)
- % Sólidos
- G.E.
- pH.
- Granulometría

Volumen de celda a utilizar en ft^3 o m^3 (volumen útil de cada celda)

- Peso del mineral



- Dosificación de reactivos (Kg/TM)

Tabla 6

Parámetros de flotación.

PARÁMETROS DE FLOTACIÓN	
Peso del mineral	Kilogramos - Tn
Volumen útil de celda	Litros
Densidad de pulpa	Kg/l
% Sólidos	%
Volumen de agua	litros
Peso de pulpa	kilogramos
Colector	ml o gotas
Espumante	ml o gotas
Modificadores	ml o gotas
Tiempo de acondicionamiento	minutos
Tiempo de residencia	minutos
pH	Grado de acides
rpm	Velocidad del motor

- **Mantenimiento preventivo y limpieza del impulsor y difusor.**

Para eliminar o reducir los residuos minerales y reactivos restantes, luego del mantenimiento preventivo se colocarán las celdas de flotación se ubican en su posición de trabajo y se añadirá agua pura a la celda, después, se procederá al encender el equipo y abrir la válvula de aire.

- **Regular las RPM**



Se debe aflojar la contratuerca para ajustar las RPM. Utilizando la perilla de ajuste de velocidad, una vez que las RPM esten ajustadas, se apretará la tuerca de fijación, se apagará el equipo y se eliminará el agua utilizada para lavar celda.

- **Preparación de reactivos**

Los insumos o reactivos se preparan a una concentración que varía entre el 5 y el 10%, la cantidad a preparar queda a criterio del personal a cargo (Ing. Metalurgista). Los reactivos se preparan según los procedimientos; PETS-MSDS, Transferencia, Uso, preparación de reactivos y disposición final. Las jeringas se rotulan para facilitar la identificación de cada reactivo.

- **Ajuste del nivel de pulpa**

Se determina el nivel de pulpa en función a los parámetros de flotación específicos y del tipo de celda que se va a utilizar. Se agrega mineral a la celda de flotación, se calcula el peso del mineral a agregar en una proporción de sólido y líquido, después se agrega agua hasta que el nivel de pulpa alcance la marca de volumen mencionada previamente (1,1, 2,2 o 4,6 Litros). El equipo de flotación se enciende durante aproximadamente 2 a 3 minutos para eliminar cualquier aire atrapado en el mineral. posteriormente, se apaga el equipo y se verifica que la pulpa esté al nivel inicial, añadiendo más agua si es necesario.

- **Regular pH**



Se enciende el equipo de flotación y se ajusta el pH (según el valor indicado al inicio) utilizando con ácido sulfúrico o Cal, ambos al 10% w/w en peso. Se ajusta el pH hasta que se estabilice.

- **Dosificación de reactivos y acondicionamiento**

Se agregan los reactivos de flotación (colector, modificador, espumante), al inicio se calcula la cantidad a agregar. Una vez añadido los reactivos, se cronometra la agitación durante un tiempo igual al tiempo de acondicionamiento inicial.

El primer paso es etiquetar las jeringas, esto es crucial para prevenir la mezcla inadvertida de reactivos y garantizar la correcta preparación de los mismos durante la prueba.

Para preparar estos reactivos, se utilizan frascos de plásticos separados para mezclar cada uno de los reactivos, a excepción del complejo. En el caso de los reactivos líquidos, es fundamental determinar el peso de una gota de c/u de ellos mediante calibración con la jeringa a correspondiente. Para los aerofloats, se emplean jeringas de 1 ml debido a que proporcionan gotas más pequeñas, mientras que para el MIBC se utiliza una jeringa de 5ml, según lo recomendado por. (Luque, 2004)

- **Cinética de flotación**

Para ejecutar la cinética de flotación se divide el tiempo selecto en al menos 5 fracciones, ejemplo: tiempo de permanencia es de 10 min, los tiempos acumulados: 0.5, 1, 2, 3, 6, 10 min, se recomienda que las tres primeras veces están cerca unos de otros. Una vez finalizado el tiempo de



acondicionamiento, se coloca una bandeja debajo del borde o labio de la celda de flotación, en la que se recibe las espumas, después se abre la llave de aire y se cronometra la flotación.

Se permite que el colchón de espuma crezca y, cuando esté cerca al labio de la celda, se retira continuamente a una velocidad de aproximadamente 50 paletas por minuto. Al finalizar el primer intervalo de tiempo acumulado, se detiene la retirada para cambiar la bandeja receptora por una nueva y luego se reanuda la retirada de espuma hasta el término del segundo intervalo de tiempo acumulado, momento en el cual se cambia nuevamente la bandeja. Después del segundo o tercer periodo, si se observa que el nivel de pulpa ha bajado, se agrega agua hasta alcanzar el volumen inicial sin alterar el pH. El proceso de retirada de espuma y el cambio de bandeja continúan hasta completar el procedimiento.

- **Prueba de flotación**

Una vez transcurrido el tiempo de acondicionamiento, se coloca una bandeja debajo de la celda, que recibe las espumas, después se abre la llave de aire y se cronometra el proceso de flotación. El colchón de espuma crece y cuando se acerca al labio de la celda, la espuma es barrido constantemente. Las espumas continúan retirándose hasta completar el tiempo de residencia inicial.

Durante la flotación, es crucial que la técnica utilizada sea consistente en todas las pruebas. Esto incluye aspectos como el movimiento, la profundidad, el método y la frecuencia de remoción de



espumas, así como la frecuencia de lavado, entre otros factores, etc. (Vilca, 2019).

- **Cerrar la válvula de aire y apagar el equipo**

Una vez transcurrido el tiempo de residencia, se cierra la válvula de aire, se apaga el equipo mediante el interruptor de arranque y finalmente se desconecta la llave del interruptor.

- **Vierta la muestra restante en la celda en un recipiente y agregue floculante.**

vaciar la muestra restante en la celda (relaves) en una bandeja y añadir floculante para sedimentar los sólidos y decantar la mayor cantidad de agua posible.

Secar y pesar las muestras

Cada muestra se seca y se pesa, luego se informa los parámetros, condiciones y pesos obtenidos en el formato de laboratorio de Prueba de Flotación.

- **Limpie el área de trabajo**

- Se debe limpiar el lugar de trabajo
- La estructura y el pavimento del equipo de flotación instalado
- El piso y el pulverizador
- Sección de pesaje
- Señalizar con las bandejas en sus respectivos lugares
- Poner los baldes en sus respectivos lugares
- Coloca las herramientas en sus lugares.



- Preparar las muestras para enviar al laboratorio químico para ensaye.
- **Preparar cada muestra en pulverizador:**
 - Realizará el Check List del equipo pulverizador
 - Seleccione el tiempo de pulverización con la perilla del temporizador.
 - Retire el cabezal de molienda del pulverizador, aflojando el brazo abrazadero, luego agregue la muestra y tapar el recipiente.
 - Si el peso de la muestra es superior a 100 g, dividir la muestra en cuartos.
 - Preparar las muestras en el pulverizador de anillo.
 - Cumplir con los protocolos de la molienda
 - Cumplir con los protocolos de uso del pulverizador
 - Comience a pulverizar presionando el botón verde.
 - Espere a que el equipo se apague automáticamente según la hora programado, cumplir con todo el procedimiento.
 - Retirar la muestra de todos los puntos de muestreo, viértala sobre la manda y homogeneizar, y empaquetar la muestra para su respectivo análisis, se limpia con presión de aire.
- **Obligaciones y prohibiciones**
 - Cualquier actividad laboral no especificada en el procedimiento y que deba realizarse en el lugar de trabajo debe ser autorizada por el jefe de área de turno mediante una orden de trabajo.
 - No se ejecutará ningún trabajo sin la orden del superior.
 - Cada orden de trabajo debe ir acompañada de un IPERC.



- Cumplir con las normas y el reglamento interno de la empresa
- El uso de EPP es obligatorio desde el ingreso a la planta concentradora.
- El equipo sólo podrá ser operado si el operador tiene autorización del Ingeniero
- Por ninguna circunstancia se deben utilizar herramientas no autorizadas.
- Bajo ninguna circunstancia se debe poner en marcha el equipo sin haber realizado una inspección previa.
- Al realizar la limpieza con una manguera, es obligatorio usar botas y guantes de goma.
- No utilizar los paneles eléctricos.
- Bajo ninguna circunstancia se debe maniobrar equipos en movimiento.
- Mantener el área de trabajo ordenada y limpia
- Contar con protocolos de manejo de reactivos, de acuerdo a la ficha técnica o hoja MSDS de cada insumo de flotación utilizado.
- No utilizar agua descompuesta con partículas de lodo
- Una vez finalizado el proceso de operación, se deben limpiar las celdas y equipos
- Cumplir con las señales de seguridad como el uso de celular en lugares autorizados.
- No utilice la telefonía celular durante el horario laboral.



3.6. ACCIONES UNITARIAS EN LA PLANTA CONCENTRADORA

La planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. beneficia minerales polimetálicos de Plata y Plomo principalmente la galena y argentita, por el proceso de flotación, con minerales procedentes de la mina Hatuncucho.

3.6.1. Recepción de Mineral

El camión o volquete de carga transporta los minerales provenientes de la mina Hatuncucho, extracción a tajo cerrado o subterránea, y es trasladado a la planta concentradora. Se realiza mediante camiones volquete con capacidad de 20 Toneladas, durante los dos turnos de trabajo establecidos. cada 12 horas del día, la distancia recorrida desde la mina Hatuncucho hasta la Planta Ande Real es una distancia de 20 Km en promedio.

3.6.2. Acumulación de Mineral

La acumulación del mineral se controla mediante tonelaje bajo pesaje en la balanza mecánica con capacidad de 50 toneladas, el mineral se alimenta a la tolva de gruesos, se controla sobre la parrilla de riel de 90 lbs. x 7 m. x 7" de apertura o mediante luz de pasante, tiene una capacidad de 50 TMH, y la otra parte se almacena en el acopio en cancha de gruesos (stock pile), se separa según las leyes de cabeza que muestran los minerales, se clasifica adecuadamente.

La alimentación a la tolva de gruesos se realiza utilizando un cargador frontal CATERPILLAR con capacidad de 2.00 TMS, llevando a cabo un blending o mezcla según las leyes de cabeza de los minerales, para estandarizar la ley.



El circuito de la planta concentradora comprende los siguientes tramos: Trituración, Molienda y Clasificación, Flotación, Filtrado y decantación, despacho de concentrados y disposición de relaves.

3.6.3. Sección o zona de chancado

El mineral extraído de la mina es transportado a la instalación concentradora, la cual tiene una capacidad máxima de procesar 20 toneladas métricas por hora. Este material tiene dos características principales que dificultan las operaciones de trituración, a saber:

Se evalúa la alta dureza del mineral proveniente de los niveles inferiores la mina, lo que resulta en un tiempo de molienda mayor en comparación con otros minerales; por esta razón, es fundamental reducir el tamaño mediante la trituración. Otra característica que complica la operación de trituración es la mayor presencia de humedad y material de refractario arcilloso, en una zona de la mina, lo que provoca dificultades y coagulación del mineral fino en las mallas de la zaranda vibratoria. Esto dificulta la clasificación en los chutes y compuertas dentro de la chancadora de quijadas, obstaculizando el flujo normal del mineral con continuos estancamientos y, como consecuencia, disminuyendo la capacidad de trituración.

Debido a estas razones, estas dificultades se presentan en el circuito de chancado, operando de 20 horas a 22.5 horas diarias sin alcanza su capacidad de operación.



3.6.3.1. Tolva o depósito de gruesos

La tolva de gruesos tiene como finalidad de recibir el mineral de mina, el mismo se descarga sobre la parrilla de la tolva de gruesos con capacidad de 80 TMH, si la tolva esta llena de carga, el mineral grueso se almacena en la cancha de gruesos y cuando se requiere la carga es trasladado a la tolva de gruesos con el apoyo de una maquinaria o un cargador frontal u otro equipo similar.

La parrilla de la tolva de grueso tiene una abertura entre rieles de 7", a esta se le llama luz de entrada para poder de clasificar el mineral de mayor tamaño, de manera que solo el mineral - 7" pasa al interior de la tolva, esta dimensión es directamente proporcional a la apertura de la chancadora de quijada.

3.6.3.2. Zaranda o criba vibratoria de 3'x4'

El mineral depositado en la tolva de gruesos se extrae por la compuerta de descarga o shut de descarga, se alimenta a la zaranda vibratoria, las partículas de tamaño fino, de $- 1 \frac{1}{2}$ " y menores, caen directamente sobre la faja transportadora N° 1, mientras que las partículas gruesas, mayores a $+ 1 \frac{1}{2}$ " o el rechazo, son dirigidas hacia la chancadora primaria de mandíbulas o quijada de 16" x 24".

3.6.3.3. Chancadora de mandíbulas o quijadas de 16"x24"

Esta chancadora recibe la alimentación del producto grueso o rechazo de la zaranda vibratoria de más de $1 \frac{1}{2}$ ", y lo alimenta a la faja transportadora N°1.



3.6.3.4. Faja o cinta transportadora N°1 de 22 m x 20”

Esta faja transportadora lleva el el producto de la chancadora y el material fino del grizzly hasta llegar a la zaranda vibratoria, operando a una velocidad ajustada de 1.024 metros por segundo.

3.6.3.5. Zaranda o criba vibratoria 4´x 8´

Esta zaranda se encarga de clasificar y separar las partículas finas y gruesas por tamaño, con una apertura de malla de 1/2” – 1 1/8” el pasante se conoce como el producto y los finos son transportado a través de la faja transportadora N° 02 y almacenados directamente en la tolva o depósito de destinado para los finos.

3.6.3.6. Faja o cinta transportadora N°. 2 de 17 m x 20”

Esta faja de transporte lleva la carga del producto procedente desde el rechazo de la zaranda vibratoria en dirección a la faja transportadora N°.3, la cual es graduada a una velocidad de trabajo de 1.304 m/s.

3.6.3.7. Faja Transportadora de mineral N°3 de 10.25 m x 20”

Esta faja de transporte descarga el mineral a la chancadora cónica de 3´STD SYMONS, la cual es graduada a una velocidad de 1.204 m/s.

3.6.3.8. Chancadora cónica secundaria de 3´STD SYMONS.

Esta chancadora cónica tritura el producto grueso clasificado o rechazo de la zaranda vibratoria al 80% de -1/2” pasante, y lo descarga sobre la faja transportadora N°4.



3.6.3.9. Faja Transportadora N° 4 de 9.25 m x 20”

Esta faja transportadora tiene una función de alimentar a otra faja transportadora N°. 1 que trabaja a una velocidad de 1.008 m/s y está instalada en un circuito cerrado, esta zona se conoce como circuito de chancado.

3.6.3.10. Tolva de Finos para depositar mineral chancado

Es el resultado del circuito de conminución quedando como producto final de reducción de tamaño y clasificación, es transportada a un depósito temporal, se llama tolva de finos, está construida por material metálico, tiene una capacidad de almacenamiento de 80 TMH.

3.6.4. Zona o sección de molienda – clasificación

En esta zona las partículas de pulpa se liberan de los elementos valiosos del mineral. se realizan en 2 etapas: se llama molienda primaria y la otra se llama remolienda o también es conocido como molienda secundaria.

3.6.4.1. Faja Transportadora N°5 de 36.95 m x 20”

El mineral almacenado en la tolva de finos, que tiene una capacidad de 50 toneladas métricas, se extrae mediante un chute de descarga controlado por una compuerta. Esta materia es transportada por la faja transportadora N° 5, que alimenta al molino primario de bolas de dimensiones 4`x 5` de la marca Comesa, su capacidad de molienda es de 2.083 TM/h. El control de la carga se realiza por tonelaje pasada, se realiza cálculos de cortes de 1ft de longitud en la faja, esa cantidad se pesa en una balanza y se promedia, de esta manera se calcula el tonelaje pasado por



hora, y por día; el tamaño promedio de la partículas alimentadas al circuito de molienda es de ½ pulgada (F80 = 12700 – 14288 micrones) y el tamaño promedio del producto es de 105 micrones, con un 60% pasante por malla -200.

3.6.4.2. Molino de bolas primario de 4´x8´ Comesa

Este molino de bolas se encarga de moler el mineral alimentado por la faja transportadora N°5, este es alimentado al molino primario y la descarga del molino es alimentada al clasificador helicoidal Comesa. Su velocidad crítica de trabajo es de 29 rpm.

3.6.4.3. Clasificador helicoidal de 36”x 22.50´ Comesa

El clasificador helicoidal recibe la carga de la molienda y su función es clasificar el producto del molino de bolas, el rebose (Finos) tiene una densidad de pulpa es de 1,200 - 1,250 g/L, se transporta a la bancada de 2 celdas 56”x56” Plusmetal y las arenas (Gruesos), tiene una densidad de pulpa de 2,000 g/L, se alimenta al Molino de bolas Secundario de 6´x 6´ Comesa.

3.6.4.4. Molino de bolas secundario de 6´x6´ Comesa

Este molino de bolas se encarga de hacer molienda de las partículas gruesas del clasificador helicoidal y las partículas gruesas de la zaranda ZAF, y la descarga es transportada al clasificador helicoidal generándola así en un circuito cerrado de molienda. Y tiene una velocidad de trabajo es de 22 rpm.



3.6.4.5. Zaranda de clasificación de alta frecuencia (ZAF)

Esta zaranda recibe la carga de la celda unitaria o serrana, es bombeada por las 2 Bombas de 5"x4" Comesa (1 bomba en stand by de repuesto). La zaranda de clasificación ZAF cuenta con 5 pisos o niveles de clasificación, cada nivel trabaja con una malla de 300 micrones. Los finos se alimentan a la primera bancada de 4 celdas 56" x 56", los minerales gruesos regresan al molino de bolas N°1 HARDINGE.

3.6.4.6. Molino de bolas N°1 de 5'x 36" Hardinge

En este molino de bolas es alimentado por el grueso de la zaranda ZAF y es descargado hacia la bancada de 4 celdas de 56"x56". Con una velocidad de trabajo de 26 rpm.

3.6.4.7. Clasificador hidrociclón N°1 de D-12

La pulpa proveniente de la bancada de 4 celdas de 56"x 56" se transporta y alimenta a una bomba de 4"x 3" WARMAN, para realizar una tercera clasificación en el ciclón N° 1 D – 12, la pulpa clasificada se considera los finos. Esto representa como el producto final de la molienda, el grueso, se alimenta al molino N° 2 de 5'x 36" HARNDINGE y al molino Denver 4"x4" de bolas.

Cabe señalar que se cuenta con una bomba COMESA 5"x4" y un ciclón D-12 N° 02, esta instalación la tenemos en Stan-By, para casos de emergencia.



3.6.4.8. Molino de bolas de 4' x 4' DENVER

Este molino recibe la carga gruesa del hidrociclón N°1, y la descarga es transportada hacia el cajón de bomba de 4" x 3" WARMAN con una velocidad de trabajo de 28 rpm.

3.6.4.9. Molino de bolas N°2. 5' x 36" HARDINGE

Este molino de bolas recibe la carga gruesa del hidrociclón N°1, y la descarga es transportada al cajón de la bomba de 4" x 3" WARMAN con una velocidad de trabajo de 26 rpm.

Las descargas del molino de bolas N°2 5'x36" HARDINGE y el DENVER 4'x4' descargan a un solo cajón, de ahí se bombea la pulpa al ciclón N° 1 D-12 para clasificar, los finos son transportados con dirección de la sección del circuito de flotación y las partículas gruesas retornan como carga circulante al molino en un circuito cerrado.

3.6.5. Zona o sección de flotación

En esta zona o sección constituye las bancadas de los circuitos de flotación:

- Bancada o circuito de flotación del mineral Sulfurado de Plata-Plomo
- Bancada o circuito de flotación del mineral oxidado de Plata-Plomo

3.6.6. Flotación de minerales sulfurado de Plata - Plomo

3.6.6.1. Bancada de 2 celdas de 56" x 56" Plusmetal

Esta celda funciona como celda unitaria o serrana en la flotación bulk de plata y plomo sulfurado, y recolecta los finos del clasificador como carga y finalmente produce un concentrado final.



3.6.6.2. Bancada de 4 celdas rougher I de 56" x 56"

En esta bancada de celdas la pulpa se recibe como alimentación de los finos de la ZAF y las espumas de esta bancada de celdas se transportan a la bomba de 4"x3" ESPIASA, luego se transporta al circuito de limpieza, y la pulpa de relaves van al cajón de la bomba N° 01 4"x3" WARMAN.

3.6.6.3. Celda rougher II WS de 8' x 8'

La pulpa clasificada al 100 % del over flow del ciclón N° 1 de D-12, se registra una densidad de pulpa de 1,250 g/L. y su granulometría está en el rango de 65% malla - 200, y esto alimenta la pulpa a la celda WS. 8'x8', es instalada como celda rougher, en este circuito produce el pre-concentrado en la primera etapa de flotación.

3.6.6.4. Celda rougher III WS 6' x 6'

Esta celda recibe la pulpa en forma de relaves provenientes de la celda WS. 8'x 8', esta celda produce pre-concentrado en la primera etapa de flotación.

3.6.6.5. Bancada de 4 celdas Scavenger I de 56" x 56"

Esta bancada de celdas recibe la carga como relaves de la segunda celda serrana o circular, y la espuma recuperada de esta celda es transportada hacia la bancada de 4 celdas Cleaner SCV I SP-18 DENVER.

3.6.6.6. Bancada de 2 celdas Scavenger II de 56" x 56"

Esta bancada de celdas recibe la carga como relaves o cola de la bancada del scavenger I, las espumas son transportadas hacia la bancada



de 4 celdas Cleaner SCV II SP-18 DENVER. Los relaves de esta celda SCV II representan los relaves del circuito Plata-plomo sulfurado o la alimentación de flotación del circuito de plata-plomo oxidado.

3.6.6.7. Celdas o circuito de limpieza plata-plomo sulfurado

En esta bancada del circuito de limpieza está compuesto por 4 bancadas de 4 celdas SP-18 DENVER, y 1 bancada de 2 celdas SP-18 DENVER, preparados eficazmente para ejecutar 4 etapas de limpieza, ya que se alimentarán las espumas recuperadas de las bancadas de rougher y scavenger serán alimentados hacia las bancadas 2 de 4 celdas SP-18, estos circuitos se consideran puntos según la calidad de concentrado, además este circuito consta de una bomba 4"x3" ESPIASA, la cual alimenta las espumas de pre-concentrado al acondicionador 4'x4', luego continuar a la siguiente etapa de limpieza, con el apoyo de una bomba 4"x 3" WARMAN, esta transporta el concentrado final producido en la bancada de 2 celdas 56"x56" Plusmetal hasta proceso de filtrado, ubicado en el circuito de molienda, y sobre en la bancada de 4 celdas SP-18 DENVER.

3.6.7. Sección de flotación de plata-plomo oxidado

3.6.7.1. Acondicionador o celda circular 6' x 8'

La pulpa del circuito de flotación de Plata-Plomo Sulfurado es como relave, pasa a otro circuito de flotación de Plata-Plomo oxidado, donde previamente se acomoda en un acondicionador circular de 6'x 8', de esta celda la pulpa pasa a la bomba centrífuga 5"x4" ESPIASA, que alimenta a bancada 1 de 2 celdas Rougher I de 56"x56", y la cola es transportada hacia la bancada 1 de 2 celdas Rougher II de 56"x56".



3.6.7.2. Bancada de 2 celdas rougher I de 56" x 56"

Las espumas recuperadas de estas celdas rougher son transportadas hacia la bancada de 4 celdas Cleaner SP- 18 marca DENVER y la cola es transportado a la bancada de 2 celdas de 56"x56" que sirve como celda rougher II.

3.6.7.3. Bancada de 2 celdas rougher II de 56" x 56"

Las espumas recuperadas en esta bancada de celdas son transportada a la bomba N°2 4"x3" WARMAN y la cola es transportada a la celda Ws. 8'x8' que cumple su función de rougher III.

3.6.7.4. Celda Ws. 8' x 8' rougher III

Las espumas recuperadas en esta celda Ws de 8'x 8' es transportada hacia la bomba N°2 4"x3" WARMAN y la cola es transportada a la bancada de 4 celdas 43"x43" marca Comesa.

3.6.7.5. Bancada de 4 celdas rougher IV de 43" x 43" Comesa

En esta bancada de celdas rougher, las espumas recuperadas son transportadas a la bomba N°2 4"x3" WARMAN y la cola es transportada hacia la bancada de 4 celdas Scavenger I de 43"x43" Comesa.

3.6.7.6. Bancada de 4 celdas scavenger I de 43" x 43" Comesa

En esta bancada de celdas, Las espumas recuperadas es transportada a la bomba marca Comesa 3"x2" y la cola es transportada a las celdas scavenger II.



3.6.7.7. Bancada de 4 celdas scavenger II de 43” x 43” Comesa

En esta bancada de celdas, las espumas recuperadas se dirigen hacia la bancada de celdas del circuito de limpieza y la cola se dirige hacia la bancada de celdas de scavenger III.

3.6.7.8. Bancada de 4 celdas scavenger III de 55” x 55”

PLUSMETAL

Las espumas recuperadas a través de estas celdas scavenger III se dirigen hacia las celdas scavenger I y la cola serían los relaves finales.

3.6.7.9. Bancada o circuito de limpieza plata-plomo oxidado

En esta bancada de circuito de limpieza de concentrado está compuesto por 2 banco de 4 celdas de marca DENVER SP-18 y 1 banco de 6 celdas DENVER SP-18, efectivamente preparados para realizar 5 etapas de limpieza del concentrado, desde las espumas de las celdas rougher y scavenger. Estos concentrados son alimentados a los 2 bancos de 4 celdas SP-18, se instalan en estos puntos de acuerdo a la calidad del concentrado, además en esta bancada de limpieza consta de una bomba WARMAN de 4”x3” que realiza la alimentación de las espumas (pre-concentrado) a la etapa de limpieza, transportado mediante la bomba WARMAN 2 1/2”x 2”, donde se alimenta el medios de Zinc (relave limpieza) al cabeza de flotación Scavenger I de 4 celdas 43”x43”, donde se encuentra la bomba centrífuga Comesa 3”x2” que trasporta las espumas hacia el banco de 4 celdas Scavenger I, y luego pasa hacia el banco de 4 celdas Comesa 43”x43” Rougher IV.



El concentrado final de Plata-Plomo oxidado es transportado a su respectivo filtro para ser filtrado utilizando la Bomba WARMAN 3"x2".

3.6.8. Área o sección de filtrado

En esta zona también se la conoce como sección de filtrado, consta de 2 filtros de discos:

3.6.8.1. Filtro de disco Door Oliver de 6' x 6D.

Este filtro se encuentra en el circuito de Plata-Plomo oxidado, está compuesto por 6 discos, por este filtro pasa el concentrado de Plata-Plomo oxidado para reducir el porcentaje de agua o humedad. Es conducido de Plata-Plomo oxidado se transporta a través de una bomba WARMAN de 3"x2" para ser filtrado. El rebose de finos que no es captado por el filtro, es depositado en cochas de recuperación de 4m x 3m x 1.8m para su sedimentación, y después es ensacado y finalmente despachado para su comercialización hacia el puerto de embarque.

3.6.8.2. Filtro de disco Ral-dy 6' x 4D

Este filtro se encuentra en el circuito de Plata-Plomo para filtrar el concentrado bulk, consta de 04 unidades de discos, donde el concentrado de Plata-Plomo reduce su contenido de agua o humedad. Para transferir el concentrado de Plata-Plomo al filtro se utiliza una bomba WARMAN 4"x3". El rebose de finos pasado por los filtros y no son captados, estos finos concentrados son depositados en cochas de recuperación de 4m x 3m x 1.8m, posteriormente para ser sedimentado, ensacado y finalmente es



despachado para su comercialización del concentrado con destino a puerto de embarque.

3.6.8.3. Área de despacho de concentrados

El producto es conocido como concentrado, es filtrado por proceso de decantación o en filtros de discos, después es almacenado en sus depósitos indicados hasta completar la cantidad requerida para su despacho, y se carga mediante fajas transportadoras de 18" x 12 m. o una maquinaria, operados por motor eléctrico de 4 HP, hasta los camiones metaleros con capacidad de 30 toneladas, estas fajas se ubican debajo de un contenedor o almacén de los concentrados.

Los volquetes o camiones se llaman camiones metálicos son controlados su peso, se pesan vacío y cuando son cargados, utilizando una balanza electrónica con capacidad de 80 toneladas, sus tolvas están encapsulados o preservados con tolderas y se lacran con garantías de seguridad, es registrado en la guía de envío, junto con el número de lote de concentrado y los datos necesarios del conductor o transportista.

3.6.8.4. La cancha relavera

El campo de relaves está fundada y construida por una fuente y un dique llamado muro de contención, formado por una clasificación del material con la fracción gruesa y fina de los relaves. La más estable de estos diques es la construida mediante la técnica aguas abajo (Kealy et al. 1969).



La cancha de relaves es un depósito final, que la pulpa de relaves contiene menos cantidad de agua, esto depende de los procesos que se apliquen como la decantación y filtración, asegurando una humedad mínima equivalente al 20%. Este proceso se utiliza para recuperar agua mediante filtración, también puede ser similar a la manipulación en agua potable.

Es una alternativa viable para mitigar algunos componentes de los reactivos de flotación presentes en los relaves mineros es utilizar algunos componentes, como cal, silicato de sodio, floculantes, que a través de su oxidación química con los reactivos lo neutralizan sin poder revertirlo o recomponerlo.

3.6.9. Abastecimiento de agua en la planta concentradora

El abastecimiento de agua para el proceso de flotación en la planta concentradora es captada y bombeada a los tanques con un caudal de 12.38 L/s. (2.55 m³/Tn), de esto el consumo o gasto de agua fresca oscila entre 2.16 L/s a 4.96 L/s. y el resto es agua recirculada o recuperada, se trabaja en circuito cerrado.

3.6.10. Abastecimiento de la energía eléctrica

La energía eléctrica es abastecida mediante la generación por un Grupo Electrónico CAT de 230 KWA. Esta energía es repartida para las diferentes secciones de la planta concentradora con un consumo promedio de 35.40 Kw-h/TM.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE FLOTACIÓN EN LA PLANTA CONCENTRADORA SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.

Las diversas pruebas de flotación se realizaron en el laboratorio Metalúrgico de Planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.– Cusco. Los siguientes resultados descritos se obtuvieron en las siguientes pruebas de flotación.

4.2. FLOTACIÓN BULK PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN DE PLATA Y PLOMO EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.

La flotación bulk del mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo, tratando un mineral muy complejo, debido a la baja recuperación, genera pérdidas, por lo que se propuso realizar estudios metalúrgicos, con el fin de evaluar el reactivo colector AP-3418, como se muestra en los balances metalúrgicos, y luego se determinó cambiar por otro colector AP-31, y se obtuvieron mejores resultados, evaluando parámetros como concentración, dosificación y tiempo de flotación.

4.2.1. Uso del colector secundario Promotor Aerophine 3418

El promotor Aerophine 3418 A, muestra una alta selectividad frente a los minerales de hierro y arsénico, como la pirita y arsenopirita, así como contra minerales no reactivos como el zinc. En las plantas de procesamiento Mexicanas, se ha comenzado a emplear el reactivo promotor para escoger los minerales sulfurados de plomo flotantes en la presencia de minerales de hierro, arsenopiritas y zinc no muestra una reacción notable. En las bancadas de los circuitos de



flotación generalmente operan en un rango pH neutro 7 o ligeramente alcalino de 7 a 9.

- **Aplicaciones.**

Aerophine 3418 A, es un reactivo colector nuevo establecido en la química de la fosfina, que está combinada el dinámico poder colector de los xantatos para minerales sulfurados de Cu, Pb, y Zn. Resaltando su importancia es un excelente colector para minerales de plata y el oro. Se recomienda utilizar periodos de acondicionamiento o preparación en tiempo corto, ya que su alimentación de consumo es generalmente de un 30 a 50% menos en comparación con los isopropílicos xantatos para lograr recuperaciones similares. Aerophine 3418 es un reactivo colector primario eficaz en la flotación diferencial o selectiva de minerales sulfurados de plomo, oro, plata con bajo contenido metálico de cobre, minerales de plomo mixtos y complejos con alto contenido de plata, y minerales sulfuros de plomo donde la mineralización de cobre se encuentra como secundario y el contenido de plomo no supera de una ley de 1.50 %.

La Dosis de alimentación: se recomienda una dosis de 0.5 a 1.0 g/tonelada por cada 0.1% de plomo en el mineral de alimentación, distribuyéndose un 80% en la flotación áspera y un 20% en la flotación sucia. Cuando se utiliza Aerophine 3418 en lugar del xantato, se debe aplicar una preparación de un gramo de Aerophine 3418 por cada tres 3 gramos de Xantato.

Considerando las indicaciones del Aeropromotor 3418 recomendadas en su dosificación, según a su ficha técnica y especificadas para minerales polimetálicos de baja ley, se realizaron pruebas metalúrgicas en la planta concentradora, en una proporción de 0.045 kg/TM, con una alimentación de 50

gotas/min equivalente a 1.7 ml, logrando resultados muy bajos en recuperación, debido a que la baja recuperación es 58.16 % de Ag y 65.80 % de Pb, se puede observar en la tabla 8; en la tabla 10 es de 29.71% de Ag y 29.57 % de Pb, generando pérdidas, por lo que se decidió cambiar el reactivo colector AP-3418 por el reactivo AP-31, es necesario optimizar los parámetros de flotación con el nuevo reactivo AP-31, esto se puede observar en las tablas de balance metalúrgico.

4.2.2. Resultados Obtenidos con el Reactivo Promotor Aerophine 3418

Tabla 7

Resultados del laboratorio prueba 1.

Identificación de la Muestra	Elementos		
	Ag	Pb	Zn
	Oz/Tc	%	%
Cabeza 27-12-21	8.80	5.95	0.83
Relave 27-12-21	1.83	2.34	0.79

Tabla 8

Balance metalúrgico de flotación bulk

Producto	Peso	Peso %	Ensayo		Contenido Fino		% Distribución		Ratio de Conc.
			Ag Oz/Tn	% Pb	Oz Ag	TM Pb	Ag	Pb	
Cabeza	1,200.000	100.00	9.68	5.95	11616.00	71.400	100.00	100.00	
Conc. Bulk	156.616	13.05	43.14	30.00	6756.42	46.985	58.16	65.80	7.662
Relave	1,043.384	86.95	2.01	2.34	2097.20	24.415	41.84	34.20	
Cabeza Calculada			9.08	2.70	11616.00	71.400			

En la **tabla 7** se muestran los resultados de laboratorio de análisis químico de la muestra obtenida de la flotación bulk en la planta concentradora, es un



parámetro guía para la operación en la planta, con referencia a la concentración, dosificación y tiempo de flotación, para obtener un buen resultado en la concentración de plata y plomo, esto nos permite calcular el balance metalúrgico del mineral procesado.

En la **tabla 8** se muestra el balance metalúrgico de la flotación bulk, donde se muestran los resultados obtenidos de la flotación bulk, con una ley de cabeza de 9.68 Oz de Ag /Tn se logra recuperar un 58.16% en concentrado y quedando en relave en un 41.84%. Mientras que el plomo con un 5.95% en la cabeza alcanza a una concentración de 65.80% y en los relaves queda un 34.20% de plomo, como se puede observar en la tabla de balance metalúrgico.

Tabla 9

Resultados del laboratorio prueba 2.

Identificación de la Muestra	Elementos		
	Ag Oz/Tc	Pb %	Zn %
Cabeza 19,20,21- 01-22	7.71	2.64	0.97
Relave 19,20,21- 01-22	1.68	1.91	0.60

Tabla 10*Balance metalúrgico de flotación bulk*

Producto	Peso	Peso %	Ensayo		Contenido Fino		% Distribución		Ratio de Conc.
			Ag Oz/Tn	% Pb	Oz Ag	TM Pb	Ag	Pb	
Cabeza	1,200.00	100.00	8.48	2.64	10176.00	31.680	100.00	100.00	
Conc. Bulk	31.82	2.65	95.00	29.44	3022.88	9.368	29.71	29.57	37.712
Relave	1,168.18	97.35	1.84	1.91	2149.45	22.312	70.29	70.43	
Cabeza Calculada			8.48	2.64	10176.00	31.700			

En la **tabla 9** se muestran los resultados de laboratorio de análisis químico de la muestra obtenida de la flotación bulk en la planta concentradora, es un parámetro guía para la operación en la planta, con referencia a la concentración, dosificación y tiempo de flotación, para obtener un buen resultado en la concentración de plata y plomo, esto nos permite calcular el balance metalúrgico del mineral procesado.

En la **tabla 10** se muestra el balance metalúrgico de la flotación bulk, donde se muestran los resultados obtenidos de la flotación bulk, con una ley de cabeza de 8.48 Oz de Ag /Tn se logra recuperar un 29.71% en concentrado y quedando en relave en un 70.29%. Mientras que el plomo con un 2.64% en la cabeza alcanza a una concentración de 29.57% y en los relaves queda un 70.43% de plomo, como se puede observar en la tabla de balance metalúrgico.

Tabla 11

Resultados del laboratorio prueba 3.

Identificación de la Muestra	Elementos				
	Ag	Pb	Zn	ZnO	PbOx
	Oz/Tc	%	%	%	%
Cabeza 12 al 18 - 03-22	8.62	3.83	1.07	0.33	1.91
Relave 12 al 18 - 03-22	1.73	1.88	0.74	0.25	1.07

Tabla 12

Balance metalúrgico de flotación bulk

Producto	Peso	Peso %	Ensayo		Contenido Fino		% Distribución		Ratio de Conc.
			Ag Oz/Tn	% Pb	Oz Ag	TM Pb	Ag	Pb	
Cabeza	1,200.00	100.00	9.48	3.83	11376.00	45.960	100.00	100.00	
Conc. Bulk	88.23	6.63	105.00	31.30	8351.46	24.895	73.41	54.17	15.087
Relave	1,111.77	93.37	1.90	1.88	2128.88	21.065	26.59	45.83	
Cabeza Calculada			9.48	3.83	11376.00	46.000			

En la **tabla 11** se muestran los resultados de laboratorio de análisis químico de la muestra obtenida de la flotación bulk en la planta concentradora, es un parámetro guía para la operación en la planta, con referencia a la concentración, dosificación y tiempo de flotación, para obtener un buen resultado en la concentración de plata y plomo, esto nos permite calcular el balance metalúrgico del mineral procesado.

En la **tabla 12** se muestra el balance metalúrgico de la flotación bulk, donde se muestran los resultados obtenidos de la flotación bulk, con una ley de



cabeza de 9.48 Oz de Ag /Tn se logra recuperar un 73.41% en concentrado y quedando en relave en un 26.59%. Mientras que el plomo con un 3.83% en la cabeza alcanza a una concentración de 54.17% y en los relaves queda un 45.83% de plomo, como se puede observar en la tabla de balance metalúrgico.

4.3. OPTIMIZAR LA FLOTACIÓN BULK PARA MEJORAR LA RECUPERACIÓN DE PLATA Y PLOMO EN LA PLANTA CONCENTRADORA SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.

La optimización de la flotación Bulk es posible para mejorar la recuperación de plata y plomo con la determinación de concentración, dosificación de reactivos y determinación del tiempo adecuado en la flotación de la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

4.3.1. Primer Objetivo: Determinar la concentración óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

4.3.1.1. Uso del colector secundario Promotor Aerofloat 31

El reactivo AEROFLOAT-31 (AP-31) es un promotor y tiene una composición de mezcla de dos elementos como el ácido ditiofosforicos más con el ácido cresílico. El reactivo AEROFLOAT-31 contiene una cantidad mínima o proporción de promotor secundario.

Este producto es líquido, se utilizan ampliamente como promotores eficaces para los minerales sulfurados de plata, cobre, plomo y zinc.



Especificaciones técnicas.

- Coloración : Ámbar (pardo oscuro)
- Gravedad específica : 1.19
- Viscosidad a 25 °C : 250 – 500 cps

Propiedades

- Aspecto : liquido
- Olor : Creosota como el alquitrán
- % de volatilización por peso : menor de 1%
- Punto de inflamación : Menor de 93 °C
- Propiedades espumantes : moderadas
- Propiedades promotoras : fuertes
- Índice de yodo : 29 – 30

● Aplicación en dosificación

El reactivo promotor AEROFLOAT-31, se puede alimentarse puro, es utilizado especialmente para flotar el mineral de galena y minerales sulfurados de plata.

Además, esta formulado para flotar los minerales de oro oxidado, minerales sulfurados de cobre con contenido de plata, y óxidos tanto los minerales metálicos y no metálicos.

El reactivo promotor AEROFLOAT-31 es ampliamente reconocido como uno de los promotores más eficientes para la flotación de minerales de plata.



- **Medición del Procedimiento**

La dosificación de alimentación recomendada para el reactivo Aeropromotor AEROFLOAT-31 varía entre 0.05 a 0.2 lb/tonelada (25 a 100 g/t), según su ficha técnica.

- **Procedimiento de Aplicación**

Debido a su limitada solubilidad, el promotor AEROFLOAT 31 se prefiere utilizar tal como se recibe, es decir puro. Puede ser mezclado en diversas combinaciones en la preparación, incluyendo con ácido cresílico cuando se necesita un espumante adicional en la concentración y dosificación.

Dado que tiene una solubilidad limitada en elemento líquido de agua, es preferible alimentar este colector al tanque a un acondicionador o a un tanque de mezcla. Esto garantiza un adecuado acondicionamiento con el mineral antes de que la pulpa ingrese a la bancada o circuito de flotación.

- **Impactos en la Salud**

Respiración : Al entrar en contacto con el agua, libera gases tóxicos

Ingerir : Puede ser dañino

Interacción con la Piel : Puede Provocar heridas y al contacto con la piel es toxico.

Relación con los ojos : puede provocar lesiones oculares graves.

4.3.1.2. Preparación de reactivos de flotación

La preparación de los reactivos de flotación se realiza en porcentaje según a su ficha técnica, cada **reactivo** presenta su dosis en un rango mínimo a máximo, de esto se adapta según el tipo de mineral que se trata por flotación. Se ve en la tabla 12.

Tabla 13

Preparación de reactivos de flotación

Reactivos de Flotación	% de Preparación
Colectores	
Z-11	10 %
Z-6	10 %
A-31 (Líquido-puro)	100 %
A-208 (Líquido-puro)	100 %
A-404 (Líquido-puro)	100 %
Espumantes	
D-250 (Líquido-puro)	100 %
MIBC (Líquido-puro)	100 %
Modificadores	
Sulfuro de sodio	10 %
Cal	28 kg/día
Depresores	
Silicato de sodio (Básico)	10 %

4.3.1.3. Preparación de xantato isopropilico de sodio Z-11

Preparación de xantato Z-11 al 10 % en un volumen de 18 Litros de agua (balde)

$$\text{Reactivo en kg Z - 11} = 18 L * \frac{10}{100} = 1.8 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 16.2 \text{ L}; \quad \text{Z} - 11 = 1.8 \text{ kg}$$

Preparar en un balde de 18 litros, agregar 1.8 kg de Xantato Z-11 (concentración al 10 %) y completar con 16.2 L de agua.

* El balde tiene 20 litros de capacidad.

Figura 11

Tanque de Xantato Z-11



Agua	% Conc.	Reactivo
Volumen:	Litros	kg.
16.2 L	10 %	1.8

4.3.1.4. Preparación de Promotor Aerofloat 31 (AP-31)

La Preparación del colector secundario promotor AP-31 es al 100% puro, esto es favorable porque viene en estado líquido, en una proporción de 0.060 kg/TM, a una alimentación de 100 a 110 gotas/min equivalente a 3.4 ml. Su control está en la dosificación, la cantidad que se requiere y

combinado con el espumante MIBC se obtienen buenos resultados, se agrega en la molienda de 4' x 4'.

Figura 12

Promotor Aerofloat 31 (AP-31)



AP-31 50%	% Conc.	Reactivo
MIBC 50%	Litros Pura	kg.
18 L	18	18

En esta preparación del reactivo Ap-31 es 9 litros y el reactivo MIBC es de 9 litros esto significa 50 a 50 %, lo que viene ser un total de 18 litros de los reactivos.

Además, los demás reactivos se preparan de la misma manera.

4.3.1.5. Parámetros de flotación del mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo.

Para la primera prueba de flotación bulk se considera los siguientes parámetros, el peso específico de la pulpa es de 2.75 g/l, su relación sólido líquido es decir la densidad de la pulpa es de 1.102 g/l y la presencia de cantidad de sólidos a esto se conoce como el porcentaje de sólidos, es de 14.6% en función a una muestra seca de 354 g. la capacidad de volumen útil de la celda flotación de la celda es de 2.2 m³, preparación del colector AP-31 a una concentración optima, a una dosificación optima a un tiempo adecuado.

Tabla 14

Parámetros de flotación bulk de mineral sulfurado con alto contenido de óxido de plata y plomo.

Parámetros del mineral	Parámetros operacionales	Parámetros de pulpa	Parámetros del colector				
G.e.	2.75 g/cc	Volumen útil de la celda	2.2 m ³	Dp	1.102 g/l	AP-31	100 %
F ₈₀	-	rpm	1300	%S	14.6 %	AP-31	100 %
W _{Muestra}	354 g	Tiempo de acondicionamiento	5.0 min	V _{AGUA}	2.2 m ³	Mezclado	1:1

En la tabla 14 se muestran los datos que se controlan en el circuito de flotación, estos vienen como parámetros, son variables dependiendo del tipo de mineral y su ley.

4.3.2. Segundo Objetivo: Determinar la dosificación óptima de AP-31 para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

Los reactivos de flotación luego de su preparación pasan a la dosificación, es decir la alimentación de reactivos en los puntos mencionados, se puede observar en la tabla 15.

4.3.2.1. Dosificación de Reactivos de Flotación

Tabla 15

Dosificación de reactivos de flotación

Puntos de Alimentación		Nombre de Reactivos	Dosificación
Ingreso al Molino 4' x 4'		A-404	28 gotas/min
		A-31 55 gotas + MIBC 55 gotas	110 gotas/min
		Na ₂ S	15 ml/min
		Na ₂ SiO ₃	30 ml/min
Cajón de Bomba Denver 2 ½" x 2"		A-208	20 gotas/min
		Z-6 +Z-11	05 gotas/min
		D-250 + MIBC	2 ml/min
Celda Serrana 2		D-250	05 gotas/min
		Z- 6 +Z-11	15 ml/min
		A- 404	05 gotas/min
Celdas Sub-A N° 18	Rougher	Z- 6 +Z-11	05 gotas/min
		Z- 6 +Z-11	05 gotas/min
	Scavenger	Na ₂ S	05 gotas/min
Cal pH	8.4 – 8.8	consumo	19.44 g/min.

En la tabla 15 se observa que con una dosificación de 55 gotas de AP-31 con una mezcla de 55 gotas de MIBC a la molienda, a un pH constante de 8.4 a 8.8 se logró una recuperación del 80.33% de Ag y del 81.48 de Pb.

Figura 13

Puntos de alimentación de reactivos en el circuito de molienda y clasificación

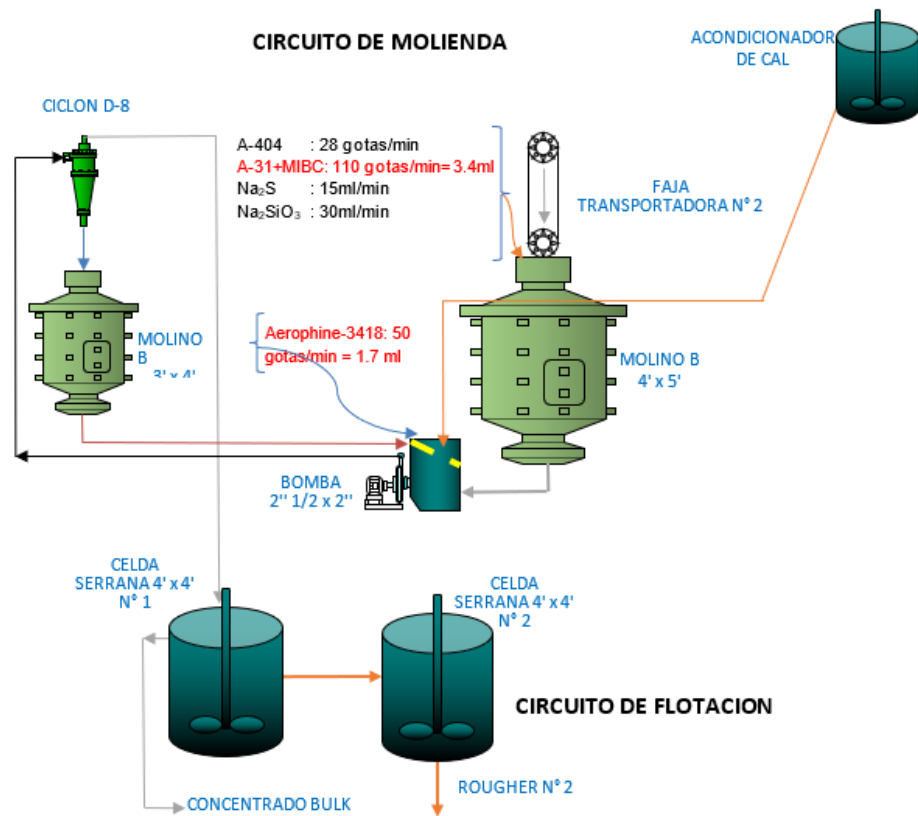
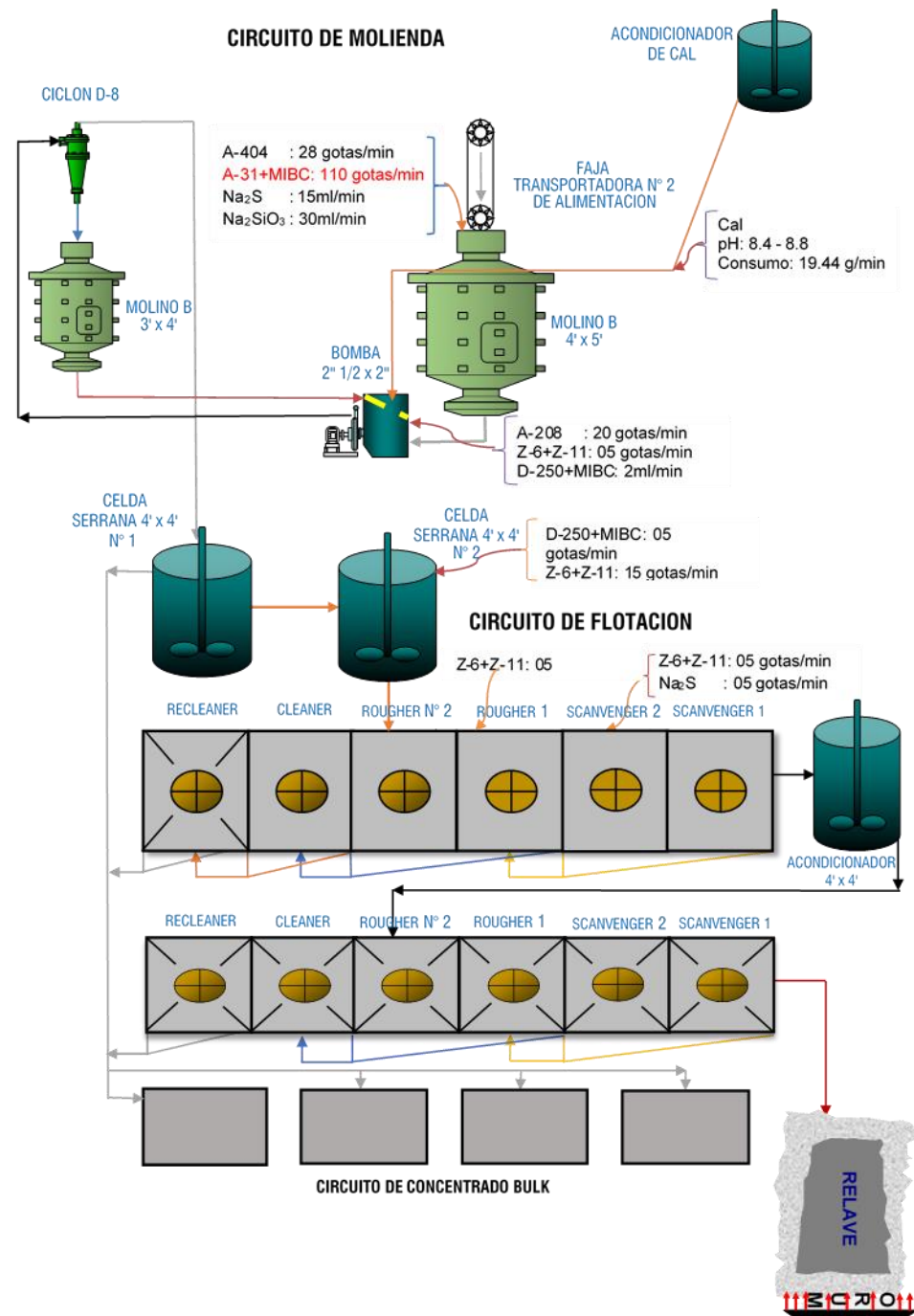


Figura 14

Puntos de alimentación de reactivos de flotación.



4.3.3. Tercer Objetivo: obtener el tiempo adecuado de la flotación bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

4.3.3.1. Condiciones de flotación bulk

En la primera etapa de flotación el acondicionamiento tomó 5 minutos y el tiempo de flotación fue de 15 minutos y se mantuvo un pH constante de 8.4 – 8.8. es la condición adecuada para la flotación bulk de plata y plomo. Se puede observar en la tabla 16.

Tabla 16

Condiciones de tiempo de flotación bulk

Etapas	Tiempo acondicionamiento (min.)	Tiempo flotación (min.)	pH flotación
Flotación bulk	5	15	8.4 – 8.8

4.3.3.2. Resultado con el Promoter aerofloat 31

Las pruebas metalúrgicas que alcanzaron con mejores resultados en la recuperación de plata y plomo, mediante la flotación bulk, con la adición del reactivo promoter aerofloat 31, como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 17

Resultado del laboratorio prueba 1

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	501		502	503
				Ag		Cu	Pb
				g/T M	Oz/T c	%	%
MN23024819	Cabeza F:28-11- 23	No proporcionado por el cliente	Cabeza	251	7.31	0.436	2.33
MN23024820	Cabeza F:28-11- 23	No proporcionado por el cliente	Relave	21	0.60	0.091	0.438

Tabla 18

Balance metalúrgico de flotación bulk

Producto	Peso	Peso %	Ensayo		Contenido Fino		% Distribución		Ratio de Conc.
			Ag Oz/Tn	% Pb	Oz Ag	TM Pb	Ag	Pb	
Cabeza	1,200.000	100.00	8.04	2.33	9648.00	27.960	100.00	100.00	
Conc. Bulk	65.625	5.47	115.00	35.00	7546.88	22.969	78.22	82.15	18.286
Relave	1,134.375	94.53	0.66	0.44	748.69	4.991	21.78	17.85	
Cabeza Calculada			8.04	2.33	9649.00	28.000			

En la **tabla 17** se muestran los resultados de laboratorio de análisis químico de la muestra obtenida de la flotación bulk en la planta concentradora, es un parámetro guía para la operación en la planta, con referencia a la concentración, dosificación y tiempo de flotación, para obtener un buen resultado en la concentración de plata y plomo, esto nos permite calcular el balance metalúrgico del mineral procesado.

En la **tabla 18** se muestra el balance metalúrgico de la flotación bulk, donde se muestran los resultados obtenidos de la flotación bulk, con

una ley de cabeza de 8.04 Oz de Ag /Tn se logra recuperar un 78.22% en concentrado y quedando en relave en un 21.78%. Mientras que el plomo con un 2.33% en la cabeza alcanza a una concentración de 82.15% y en los relaves queda un 17.85% de plomo, como se puede observar en la tabla de balance metalúrgico. Con una ratio de concentración de 18.286.

Tabla 19

Resultado del laboratorio prueba 2

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	501		502	503
				Ag		Cu	Pb
				g/T M	Oz/ Tc	%	%
MN23026473	Cabeza F:19-12-23	No proporcionado por el cliente	Cabeza	266	7.75	0.357	2.242
MN23026474	Cabeza F:19-12-23	No proporcionado por el cliente	Relave	22	0.63	0.082	0.436

Tabla 20

Balance metalúrgico de flotación bulk

Producto	Peso	Peso %	Ensayo		Contenido Fino		% Distribución		Ratio de Conc.
			Ag Oz/Tn	% Pb	Oz Ag	TM Pb	Ag	Pb	
Cabeza	1,200.000	100.00	8.52	2.24	10224.00	26.880	100.00	100.00	
Conc. Bulk	68.441	5.70	120.00	32.00	8212.93	21.901	80.33	81.48	17.533
Relave	1,131.559	94.30	0.69	0.44	780.78	4.979	19.67	18.52	
Cabeza Calculada				8.52	2.24	10224.00	26.900		

En la **tabla 19** se muestran los resultados de laboratorio de análisis químico de la muestra obtenida de la flotación bulk en la planta concentradora, es un parámetro guía para la operación en la planta, con referencia a la concentración, dosificación y tiempo de flotación, para obtener un buen resultado en la concentración de plata y plomo, esto nos permite calcular el balance metalúrgico del mineral procesado.

En la **tabla 20** se muestra el balance metalúrgico de la flotación bulk, donde se muestran los resultados obtenidos de la flotación bulk, con una ley de cabeza de 8.52 Oz de Ag /Tn se logra recuperar un 80.33% en concentrado y quedando en relave en un 19.67%. Mientras que el plomo con un 2.24% en la cabeza alcanza a una concentración de 81.48% y en los relaves queda un 18.52% de plomo, como se puede observar en la tabla de balance metalúrgico. Con una ratio de concentración de 17.533.

Tabla 21

Resultado del laboratorio prueba 3

Identificación de la Muestra	Elementos		
	Ag Oz/Tc	Cu T %	Pb %
Cabeza 26-01-24	8.68	0.52	1.69
Relave	0.54	0.09	0.22

Tabla 22*Balance metalúrgico de flotación bulk*

Producto	Peso	Peso %	Ensayo		Contenido Fino		% Distribución		Ratio de Conc.
			Ag Oz/Tn	% Pb	Oz Ag	TM Pb	Ag	Pb	
Cabeza	1,200.00	100.00	9.54	1.69	11448.00	20.280	100.00	100.00	
Conc. Bulk	55.33	4.61	150.00	32.10	8299.87	17.762	72.50	87.58	21.687
Relave	1,144.67	95.39	0.59	0.22	675.35	2.518	27.50	12.42	
Cabeza Calculada			9.54	1.69	11448.00	20.300			

En la **tabla 21** se muestran los resultados de laboratorio de análisis químico de la muestra obtenida de la flotación bulk en la planta concentradora, es un parámetro guía para la operación en la planta, con **referencia** a la concentración, dosificación y tiempo de flotación, para obtener un buen resultado en la concentración de plata y plomo, esto nos permite calcular el balance metalúrgico del mineral procesado.

En la **tabla 22** se muestra el balance metalúrgico de la flotación bulk, donde se muestran los resultados obtenidos de la flotación bulk, con una ley de cabeza de 9.54 Oz de Ag /Tn se logra recuperar un 72.50% en concentrado y quedando en relave en un 27.50%. Mientras que el plomo con un 1.69% en la cabeza alcanza a una concentración de 87.58% y en los relaves queda un 12.42% de plomo, como se puede observar en la tabla de balance metalúrgico. Con una ratio de concentración de 21.687.

Los resultados mostrados en las **tablas 18, 20, y 22**, son resultados que muestran la mejor recuperación bajo las mismas condiciones, como la

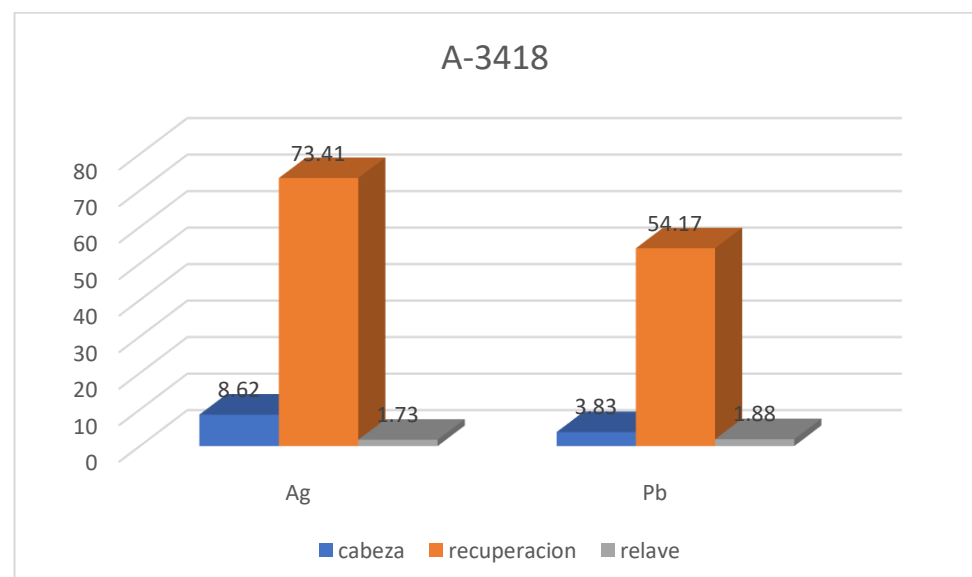
concentración de reactivos, dosificación y tiempo de flotación, esto se debe al cambio del promotor AEROPHINE 3418 por el promotor AEROFLOAT 31, ambos reactivos son utilizados en la flotación de Plomo-Plata, esto está influenciado por las características del mineral y sus propiedades fisicoquímicas, por lo que se requieren más estudios y evaluación continua a nivel de laboratorio, para seguir manteniendo las mejores recuperaciones en la flotación bulk del concentrado de plomo-plata.

4.3.4. Análisis comparativo de los resultados utilizados utilizando los colectores secundarios del Promotor Aerophine 3418 y del Promotor Aerofloat 31

Tomando en consideración de las tablas 11 y 12 donde se obtienen los mejores resultados de recuperación utilizando el reactivo Aerophine 3418 se observa lo siguiente:

Figura 15

Comparación de recuperación de plata y plomo.

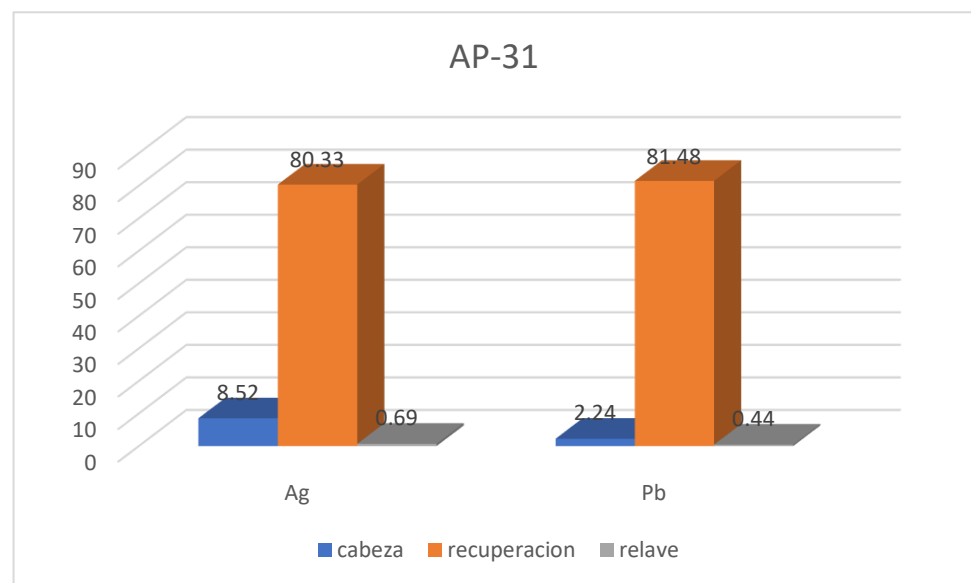


De la figura 15 vemos que con el reactivo Aerophine 3418 se obtiene un 73.41 % Ag, 54.17 Pb % de recuperación.

Tomando en consideración las tablas 19 y 20 donde se obtienen los mejores resultados de recuperación utilizando el reactivo AP-31 se observa lo siguiente.

Figura 16

Comparación de recuperación de plata y plomo



De la figura 16 vemos que con el reactivo Ap- 31 se obtiene un 80.33 % Ag, 81.48 Pb % de recuperación.

De las figuras 15 y 16 vemos que con el reactivo Aerophine 3418 se obtiene una recuperación de 73.41% Ag y 54.17% Pb. Con el reactivo Ap-31 se obtiene una recuperación de 80.33% Ag y 81.48 % Pb. Lo que demuestra la mejora en Ag es una diferencia de recuperación del 6.92 %; en Pb es una diferencia de recuperación del 27.31%.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Después de realizar pruebas de evaluación y controles en la sección de flotación, se determinó que se prepara a una concentración de AP-31 al 100% puro con una combinación de MIBC 100% puro, en una proporción 1 a 1, equivalente 50 a 50%. de cada uno, es alimentado en la molienda para lograr un buen acondicionamiento que optimice la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora de Sociedad Minera Andereal S.A.C. Esta concentración no solo maximiza la recuperación de metales valiosos, sino que también es económicamente viable, considerando el costo del reactivo y el valor incremental obtenido de la mayor recuperación de plata y plomo.

SEGUNDA: Después de la Preparación del colector secundario promotor AP-31 es al 100% puro, esto es favorable porque viene en estado líquido, en una proporción de 0.060 kg/TM, a una alimentación de 100 a 110 gotas/min equivalente a 3.4 ml. Su control está en la dosificación, la cantidad que se requiere y combinado con el espumante MIBC se obtienen buenos resultados, se agrega en la molienda de 4' x 4', a un pH constante de 8.4 a 8.8 se logró una recuperación de 73.41 a 80.33% de Ag y 54.17 a 81.48% de Pb. Se mejoró la recuperación de plata y plomo en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C. Esta dosificación maximiza la recuperación de ambos metales y es factible. La implementación de esta dosificación en operación continua ha mostrado mejoras considerables y es recomendable para optimizar los procesos de flotación en la planta.



TERCERA: Después de realizar pruebas de flotación y una evaluación minuciosa, se determinó que un tiempo de flotación bulk fue de 15 minutos en los circuitos Rougher, Scavenger, y Cleaner, a un pH constante de 8.4 a 8.8 se logró una recuperación de 73.41 a 80.33% de Ag y a 81.48% de Pb. Se concluye que este estudio de investigación ha logrado optimizar el circuito de flotación bulk en las celdas, mejorando así la recuperación de plata y plomo, en la planta concentradora Sociedad Minera Andereal, y es recomendado para el funcionamiento continuo de la planta.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: La combinación de AP-31 y MIBC en proporción 1:1 es efectiva para optimizar la recuperación de plata y plomo. Por lo tanto, se recomienda implementar continuamente esta proporción en el proceso de molienda y flotación para mantener la eficiencia operativa. Se debe establecer un sistema de control continuo de la concentración y dosificación de AP-31 y MIBC, realizar pruebas periódicas para verificar la proporción óptima y capacitar al personal en la dosificación y manejo de reactivos. Además, se deben actualizar las técnicas de análisis de concentración en el laboratorio, realizar evaluaciones periódicas del proceso de flotación y documentar y analizar los datos de recuperación de metales. Estas medidas garantizarán mejoras en la recuperación de metales valiosos en la planta concentradora de Sociedad Minera Ande Real S.A.C.

SEGUNDA: Se recomienda realizar más pruebas de dosificación de los reactivos de flotación para validar la eficacia continua de esta dosificación en el contexto de cualquier cambio en las condiciones de operación o en la composición del mineral. Sin embargo, es importante monitorear de cerca los resultados durante la operación continua para garantizar que se mantengan los niveles de recuperación y hacer ajustes si es necesario. Además, Estos resultados muestran que esta dosificación específica mejora la recuperación de plata y plomo, mejorando la efectividad de la producción de concentrado bulk de plata y plomo.

TERCERA: Implementar de manera continua el tiempo de flotación bulk de 15 minutos en los circuitos Rougher, Scavenger y Cleaner, manteniendo un pH



constante de 8.4 a 8.8. Esta optimización ha demostrado mejorar la recuperación de plata y plomo, por lo que se recomienda su aplicación continua para maximizar la eficiencia del proceso de flotación en la planta. Adicionalmente, se sugiere realizar monitoreos constantes y ajustes necesarios para asegurar que las condiciones óptimas se mantengan y se logre una recuperación consistente de los metales.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arraza, J. (2005). "A pilot-scale flotation column to produce ben fracions having high concentration of vitninite maceral". Colombia: Elsevier Ltda.
- Azañero, A. (2008) "flotación y concentración de minerales".
- Canahui, A. (2013). *Recuperación de mineral oxidado valioso del relave de la planta concentradora de Tiquillaca-Puno*. 1–155.
- Cárdenas, J. (1995) "Estudio técnico económico de la aplicación de celdas columna en el circuito de flotación".
- Chambilla, J. (2015). Universidad Nacional del Altiplano de Puno Universidad Nacional del Altiplano de Puno. *Análisis De La Estética Dentofacial Según El Análisis De Arnett Y Bergman En Los Alumnos Del Nivel Secundario De La IES Industrial 32, Puno - 2018, 051*, 144.
- Di Yorio, C., & Sánchez, C. y. (1997). *Análisis Estadístico Aplicado a la Flotación en Columna de Grafito Proveniente de Ozumita Edo Cojedes*". Venezuela: Dpto. Metalurgia, Universidad Central de Venezuela.
- Figuroa, L. (2005) "Celda de flotación de nueva generación, prototipo, pilotaje y evaluación".
- H., R. y. (1992.). "Flotación Columnar en la Concentradora Toquepala". Tacna, Perú.: S.P.C.C.
- <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.04.003>
- https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5884/T010_71127965_T1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huanca, L. (2020). Optimización del proceso de flotación para mejorar la recuperación de minerales mixtos. *Universidad Nacional Del Altiplano De Puno, 051*, 363543. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Huaranga, L. (2019). *Evaluación de flotación a nivel de planta con colectores secundarios para mejorar la recuperación de plata en la Unidad Minera Recuperada* –



Huachocolpa – Huancavelica - 2019. 106.

- Ingeniería., U. N. (1997). "Tecnología de la Flotación de Minerales-Flotación Columnar".
Perú: MEM.
- Jaime, E. (1986). Dimensionamiento y Optimización de Plantas Concentradoras
Mediante Técnicas de Modelación Matemática. Santiago: 219 CIMN.
- Kaoru, I. (1989). Introducción al control de calidad. Ediciones Diaz de Santos.
- León P. (2003). "Avances en flotación columnar" Revista" revista del instituto de
investigación de la Geología Minas, Metalurgia y Ciencia. Revista del instituto de
investigación de la Geología Minas, Metalurgia y Ciencia Geográficas:
- López, P. (2020). Estudio y análisis de pruebas de flotación en minerales auríferos.
Arequipa, 71.
- Manzaneda, J. (1996). Aproximación Racional en Flotación con Diseño Experimental.
Lima, Perú.
- Nacional, U., Centro, D. E. L., Perú, D. E. L., Pacheco, P., & Jesús, C. (2009).
*Universidad nacional del centro del Perú facultad de ingeniería metalúrgica y de
materiales*. 1–104.
- Ore, C. (2019). *Optimización del circuito de flotación Pb - Ag en la planta concentradora
de la Unidad Minera Julcani - Compañía Minera Buenaventura S.A.A. Utilizando
el diseño experimental* 1–146.
- P., Y. J. (1992). "Nuevos Avances en la Tecnología de Columnas de Flotación". Dpto. de
Procesos Químicos, Universidad Técnica Federico Sta. María, Valparaíso. Chile.:
Revista Minería Chilena.
- Poblete., H. (1995). "Aplicaciones Industriales de la Celda Columna como Rougher".
Vancouver, Canadá: Cesl Engineering Ltd., 1636, West 75 th. Ave.
- Poblete., J. (1995.). "Integración de Engineering Ltd., West 75 th Ave. Vancouver,
Canadá: pp. 1-9.
- Quispe, S. S. T. (s. f.). A mis padres Pablo Rimberto Torre Delgado y Mercedes Quispe
Bellido.

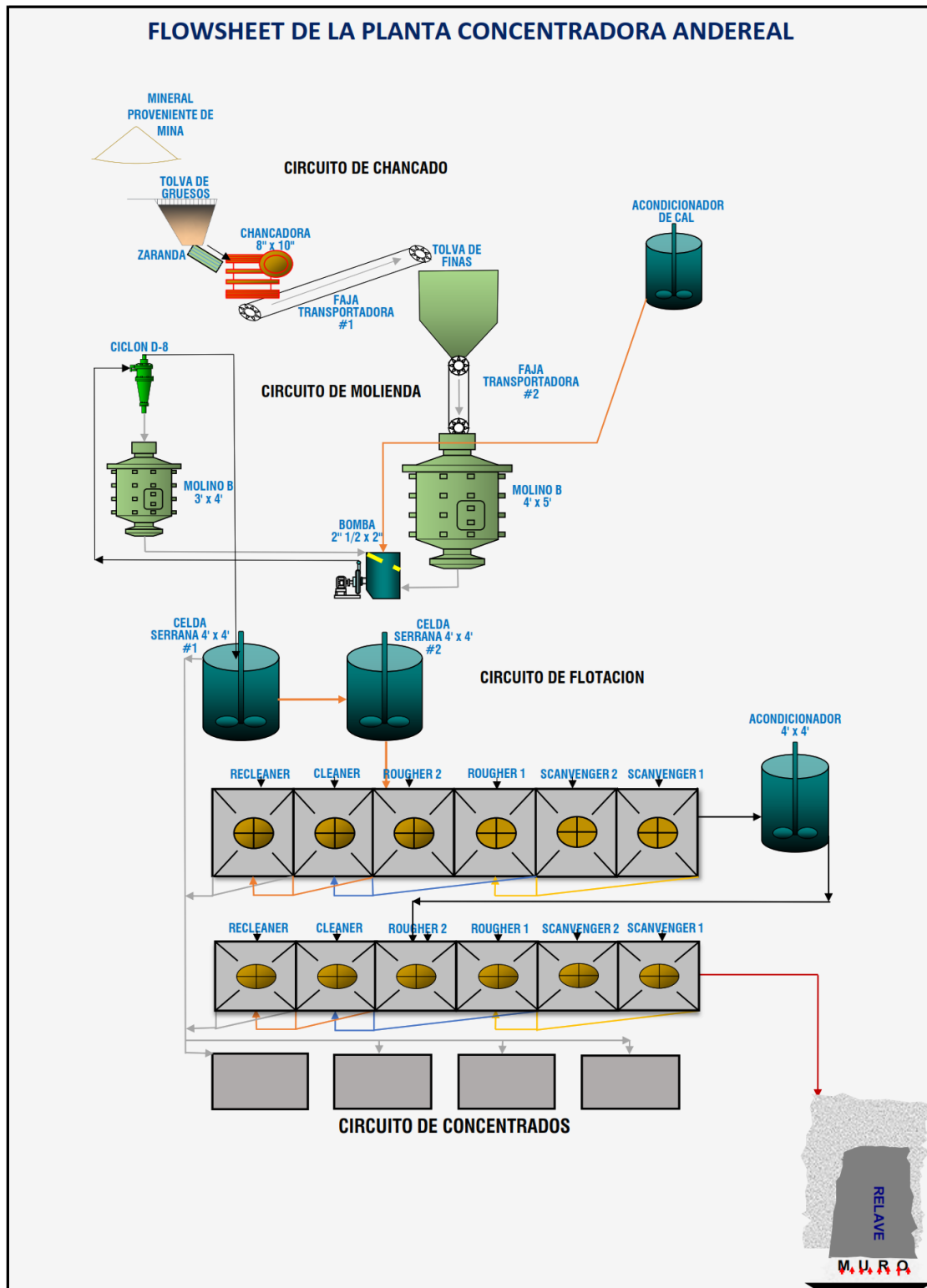


- Ramos, E. (2018). Universidad Nacional Del Altiplano Universidad Nacional Del Altiplano. *Tesis*, 1–168. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ropnaldo, V. (1995). Column Flotation – The Original Column. Concepción Chile: II Congreso Latino Américo.
- Sierra, F. (1987). "Evaluación Tecnológica del Proceso de Flotación Celda Columna",. *Revista Rocas y Minerales*.
- Sutulov, A. (1963). Flotación de Minerales. Chile.
- Torres, J. (2016) “Implementación de celdas columna en la flotación de minerales de estaño”.
- Troncoso, C., & Suárez, A. (2017). Control del Nivel de Pulpa en un Circuito de Flotación Utilizando una Estrategia de Control Predictivo. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 14(3), 234–245.
- Valdebenito, F. (2011) “Análisis de estrategia operacional en flotación columnar planta las tórtolas, divivion los bronces anglos american”.
- Valderrama, G., David, J., Carhuamaca, J., & Osman, F. (s. f.). para optar el título profesional de ingeniero metalurgista y de materiales Huancayo – diciembre.
- Vilcapoma, J. (2012). pruebas experimentales a nivel laboratorio de concentración gravimétrica y flotación de minerales de oro en la planta concentradora "cazelita" Condorama Cuzco. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo.
- Yanarico, E., Jafet, J., Núñez, P
- Yianatos, J. (1987.). "Espumas de Flotación en Columnas", Quebec, Canadá.: University of Mc Gill.



ANEXOS

ANEXO 1. Evidencia fotográfica



Planta concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C.

ANEXO 2. Evidencias fotográficas



Tolva de grueso para depositar el mineral



Tolva de gruesos con separadores de Parrilla



Faja transportadora para transportar el mineral chancado



Chancadora de quijada 8" x 10" en sección de chancado



Tolva de finos para depositar mineral chancado



Molino de bolas 4' x 4' en sección de molienda



Celda Serrana N° 1 y N° 2 de 4' x 4' en circuito de flotación



Bancada de celdas en circuito de flotación



Cancha relavera es el depósito final de relaves



Casa fuerza- Grupo electrógeno



ANEXO 3. Reportes del laboratorio



INFORME DE ENSAYO N° MN 2406223448A

**A SOLICITUD DE
DIRECCION DEL SOLICITANTE**

SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.
AV. ALAMEDA DEL CORREGIDOR NRO. 705 URB. LA MOLINA VIEJA -
LIMA - LIMA - LA MOLINA

**POR CUENTA DE
ASUNTO
PRODUCTO DESCRITO COMO
CANTIDAD DE MUESTRAS
INSTRUCCIONES DE ENSAYO
LUGAR Y FECHA DE RECEPCION
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
RECEPCION DE LAS MUESTRAS
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO**

SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.
PREPARACION Y ANALISIS QUIMICO
MINERAL DE PROCESO
1
Tipo Reconocimiento
Vista Alegre, 24/06/2022
Bolsa Plasticas
MUESTRA MOLIDA, 0.50 Kg Aproximado
Vista Alegre - Nasca 25/06/2022

ENSAYO RESULTADO

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	ELEMENTOS				
	Ag Oz/Tc	Pb %	Zn %	ZnO %	PbOx %
CABEZA - 20-06-22 PL-C-009	12.49	4.50	0.39	0.09	2.04

METODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	REFERENCIA O NORMA
Oxido de Zinc	LP-AI-ME-09 Rev 02 / Determinación de Óxido de Zinc (ZnO) por el Método de Absorción Atómica
Plata	LP-VS-ME-06 Rev 01 / Determinación de Plata en Minerales Ferrosos y no Ferrosos de Alta Ley por Fire Assay - Método Gravimétrico
Plomo	LP-AI-ME-02 .Rev.03 / Determinación de Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio, Molibdeno, Hierro, Manganeso en Minerales por el Método de Absorción Atómica- Digestión (1 ácido)
Plomo Soluble	LP-AI-ME-10 Rev.02 / Determinación de Óxido de Plomo(PbO) por el Método de Absorción Atómica
Zinc	LP-AI-ME-02 Rev 03 / Determinación de Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio, Molibdeno, Hierro, Manganeso en Minerales por el Método de Absorción Atómica- Digestión (1 ácido)

OBSERVACIONES. Referencia : RA-01-11557-22

Emitido en Nasca, 25 de Junio del 2022



Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L. Y si el servicio se solicita para la(s) contra muestra(s) del producto serán LP-F0-08/V03 reservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Página 1 de 1

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad sin la autorización escrita de LABPERU
Av Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre
Telefax. (5156) 524060 Cel. Movistar. 955506006, RPM 955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com

Resultados con reactivo promotor aerophine 3418



INFORME DE ENSAYO N° MN 2406223449A

A SOLICITUD DE
DIRECCION DEL SOLICITANTE

POR CUENTA DE

ASUNTO
PRODUCTO DESCRITO COMO
CANTIDAD DE MUESTRAS
INSTRUCCIONES DE ENSAYO
LUGAR Y FECHA DE RECEPCION
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
RECEPCION DE LAS MUESTRAS
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO

SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
AV. ALAMEDA DEL CORREGIDOR NRO. 705 URB. LA MOLINA VIEJA -
LIMA - LIMA - LA MOLINA

SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
PREPARACION Y ANALISIS QUIMICO
MINERAL DE PROCESO
1
Tipo Reconocimiento
Vista Alegre, 24/06/2022
Bolsa Plasticas
MUESTRA MOLIDA, 0.50 Kg Aproximado
Vista Alegre - Nasca 25/06/2022

ENSAYO RESULTADO

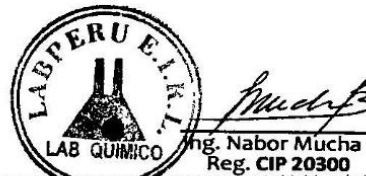
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	ELEMENTOS				
	Ag	Pb	Zn	ZnO	PbOx
	Oz/Tc	%	%	%	%
RELAVE - 20-06-22 PL-C-009	2.56	2.12	0.24	0.06	1.36

METODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	REFERENCIA O NORMA
Oxido de Zinc	LP-AI-ME-09 Rev 02 / Determinación de Óxido de Zinc (ZnO) por el Método de Absorción Atómica
Plata	LP-AI-ME-17 Rev 03 / Determinación de Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio, Molibdeno, Hierro, Arsenico, Antimonio, Bismuto, Manganeso y Plata en Minerales por el Método de Absorción Atómica - Digestión (3
Plomo	LP-AI-ME-02 Rev 03 / Determinación de Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio, Molibdeno, Hierro, Manganeso en Minerales por el Método de Absorción Atómica- Digestión (1 ácido)
Plomo Soluble	LP-AI-ME-10 Rev.02 / Determinación de Óxido de Plomo(PbO) por el Método de Absorción Atómica
Zinc	LP-AI-ME-02 Rev 03 / Determinación de Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio, Molibdeno, Hierro, Manganeso en Minerales por el Método de Absorción Atómica- Digestión (1 ácido)

OBSERVACIONES. Referencia : RA-01-11557-22

Emitido en Nasca, 25 de Junio del 2022



Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L. Y si el servicio se genera la(s) contra muestra(s) del producto serán LP-F0-08/2022 reservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Página 1 de 1

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre
Telefax. (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM 955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com

Resultados con reactivo promotor Aerophine 3418



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : FA39F3EC

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-02596

Fecha de emisión: 31/3/2023

Página 1 de 1

Señores: SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
Dirección: AV. ALAMEDA DEL CORREGIDOR NRO. 705 URB. LA MOLINA VIEJA LIMA - LIMA - LA MOLINA
Atención: SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
Recepción: 27/3/2023
Realización: 27/3/2023
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

SOBRE SELLADO

Métodos ensayados

- *2010 Método de ensayo para Plomo Lote por digestión multi ácida - volumetría
- *2013 Método de ensayo para Zinc Lote por digestión multi ácida - absorción atómica 4 ácidos
- *602 Método de ensayo para cobre por lote volumetría
- *603 Método de ensayo al fuego para plata lote por gravimetría minerales
- *659 Método de ensayo para Antimonio Lote digestión multi ácida - ICP-OES

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*2010		*2013	*602	*603		*659
				Pb %	Zn %	Cu %	Ag g/TM	Sb oz/TC	ppm	
MN23004666	LOTE: SH-061-2023 F:25-03 -2023	No proporcionado por el cliente.	Sobre Impreso Sellado - Mineral pulverizado - Sobre sellado	34,37	1,663	8,44	5533,9	161,441	14941	

Fin del informe

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.S., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LUAMA PE, 31/3/2023 16:11:37

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe via web

Resultados con reactivo promotor aerofloat 31



Señores: SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
Dirección: AV. ALAMEDA DEL CORREGIDOR NRO. 705 URB. LA MOLINA VIEJA LIMA - LIMA - LA MOLINA
Atención: SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
Recepción: 6/09/2023
Realización: 6/09/2023
Observación El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

SOBRE SELLADO

Métodos ensayados

- *2010 Método de ensayo para Plomo Lote por digestión multi ácida - volumetría
- *2013 Método de ensayo para Zinc Lote por digestión multi ácida - absorción atómica 4 ácidos
- *602 Método de ensayo para cobre por lote volumetría
- *603 Método de ensayo al fuego para plata lote por gravimetría minerales

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*2010	*2013	*602	*603	
				Pb	Zn	Cu	Ag	
				%	%	%	g/TM	oz/TC
MN23016661	SH-169-2023	No proporcionado por el cliente.	Concentrado - Sobre sellado	24,50	1,150	9,01	6027,9	175,853

----- Fin del informe -----

Resultados con reactivo promotor aerofloat 31



Laboratorios Analíticos del Sur

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN
DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



Registro N° LC - 050

Clave generada : CC4EFFD6

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-AC-23-02620

Fecha de emisión: 15/9/2023

Página 1 de 1

Señores: SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
Dirección: AV. ALAMEDA DEL CORREGIDOR NRO. 705 URB. LA MOLINA VIEJA LIMA - LIMA - LA MOLINA
Atención: SOCIEDAD MINERA ANDERREAL S.A.C.
Recepción: 14/9/2023
Realización: 14/9/2023
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

Métodos ensayados

- 501 Método de Ensayo para Plata por Absorción Atómica, Método Desarrollado (Validado) - 2013 (METODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- 502 Método de Ensayo para Cobre por Absorción Atómica, Método Desarrollado (Validado) - 2013 (METODO DE ENSAYO ACREDITADO)
- 503 Método de Ensayo para Plomo por Absorción Atómica, Método Desarrollado (Validado) - 2013 (METODO DE ENSAYO ACREDITADO)

Código Interno L.A.S.	(e) Nombre de Muestra	(e) Procedencia de Muestra	(e) Descripción de Muestra	501		502		503	
				g/TM	oz/TC	Cu %	Pb %		
MN23017515	CABEZA F:11-09-2023	No proporcionado por el cliente.	Cabeza	488	14,22	0,717	2,32		
MN23017516	RELAVE F:11-09-2023	No proporcionado por el cliente.	Relave	104	3,02	0,287	0,823		

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Firmado por: JUÁREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA, PE, 15/9/2023 15:43:27

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, ">Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
via web

Resultados con reactivo promotor aerofloat 31



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : F7486140

INFORME DE ENSAYO LAS01-MN-23-09457

Fecha de emisión: 21/9/2023

Página 1 de 1

Señores: SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.
Dirección: AV. ALAMEDA DEL CORREGIDOR NRO. 705 URB. LA MOLINA VIEJA LIMA - LIMA - LA MOLINA
Atención: SOCIEDAD MINERA ANDEREAL S.A.C.
Recepción: 19/9/2023
Realización: 19/9/2023
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra.

SOBRE SELLADO

Métodos ensayados

- *2010 Método de ensayo para Plomo Lote por digestión multi ácida - volumetría
- *2013 Método de ensayo para Zinc Lote por digestión multi ácida - absorción atómica 4 ácidos
- *602 Método de ensayo para cobre por lote volumetría
- *603 Método de ensayo al fuego para plata lote por gravimetría minerales
- *659 Método de ensayo para Antimonio Lote digestión multi ácida - ICP-OES

Código Interno L.A.S.	(c) Nombre de Muestra	(c) Procedencia de Muestra	(c) Descripción de Muestra	*2010	*2013	*602	*603		*659
				Pb %	Zn %	Cu %	Ag g/TM	Sb oz/TC	ppm
MN23017777	SH-186-2023	No proporcionado por el cliente.	Concentrado - Sobre sellado	29,79	1,075	8,73	6750,0	196,918	47531

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico OIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE. 21/9/2023 18:26:21

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
Vía web

Resultados con reactivo promotor aerofloat 31



ANEXO 4. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Elver Jaime Quispe Mamani
, identificado con DNI 74658945 en mi condición de egresado de:

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

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

"Optimización de la Flotación bulk para mejorar la Recuperación de plata y
plomo en la planta Concentradora Sociedad Minera Andereal S.A.C."
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 17 de Julio del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 5. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo Elver Jaime Quispe Mamani
, identificado con DNI 74658985 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Metalúrgica

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

Título Profesional denominado:

"Optimización de la flotación bulk para mejorar la recuperación de plata y plomo en la planta Concentradora Sociedad Minera Andesal S.A.C."

"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 17 de Julio del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella