



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita
aurífera**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autora

Yazmin Milagros Mory Blas

Asesor

M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez

Huacho - Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL

JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

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

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Yazmin Milagros Mory Blas	75144611	17 – 10- 2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Joaquín José Abarca Rodríguez	15740291	0000-0003-1004-3824
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Máximo Cisneros Tejeira	23904230	0000-0001-7953-9559
Ranulfo Flores Briceño	17937576	0000-0001-5954-6305
José Saul Orbegoso López	06800598	0000-0003-4866-3404

Yazmin Milagros Mory Blas

Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trncoid::1:3010832526

Fecha de entrega

16 sep 2024, 9:50 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 sep 2024, 10:00 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_-_Mory_Blas_-_Final.docx

Tamaño de archivo

1.6 MB

76 Páginas

13,974 Palabras

73,195 Caracteres



Página 2 of 83 - Descripción general de Integridad

Identificador de la entrega trncoid::1:3010832526

16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

16%  Fuentes de Internet

3%  Publicaciones

11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

**Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación
de pirita aurífera**

Autora

Yazmin Milagros Mory Blas

Octubre del 2024

**Tesis para optar el título profesional de ingeniero metalúrgico en la
Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**

**Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica**

Huacho – Perú

**Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación
de pirita aurífera**

.....
Dr. Máximo Cisneros Tejeira
Presidente

.....
Dr. Ranulfo Flores Briceño
Secretario

.....
Mg. José Saul Orbegoso López
Vocal

.....
M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez
Asesor

Dedicatoria

Mi tesis va dedicado a mis queridos padres Santiago Mory Aguilar y Antonia Blas Fernández por los valores que me inculcaron, así como por su incondicional apoyo desde el inicio hasta el final de mis estudios.

A mis hermanas Esther y Yanira quienes son mi constante ejemplo para seguir adelante.

A mi mascota Lili por su cariño y amor incondicional.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios, a mis padres Santiago Mory Aguilar y Antonia Blas Fernández, quienes me han brindado lo mejor de ellos para ser una profesional.

También un agradecimiento especial al Ing. Joaquín Abarca Rodríguez por su asesoramiento en la realización de este presente trabajo de tesis. Asimismo, expreso mi agradecimiento a la empresa Copperfield Perú S.A.C quien me brindo las instalaciones para el desarrollo experimental de la investigación.

Índice General

Dedicatoria	vii
Agradecimiento	viii
Índice General	ix
Índice de Tabla	xii
Índice de Figura	xiii
Índice de Anexo	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
Introducción	xvii
Capítulo I Planteamiento del Problema	18
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	18
1.2 Formulación del Problema.....	19
1.2.1 Problema General.....	19
1.2.2 Problemas Específicos.....	20
1.3 Objetivos de la Investigación.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivo Especifico.....	20
1.4 Justificación de la Investigación.....	20
1.5 Delimitación del Estudio.....	22

Capítulo II Marco Teórico	23
2.1. Antecedentes de la Investigación	23
2.1.1. Investigación Internacional.....	23
2.1.2. Investigación Nacional.....	25
2.2. Bases Teóricas.....	27
2.2.1. Efecto de colectores en el tratamiento de relaves.	27
2.2.2. Flotación de pirita aurífera.....	31
2.3. Definición de términos básicos.	35
2.4. Hipótesis de la Investigación.....	36
2.4.1. Hipótesis General.....	36
2.4.2. Hipótesis Específicos.....	36
2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.	37
Capítulo III Metodología.....	38
3.1. Diseño Metodológico.	38
3.2. Población y Muestra de la Investigación.....	39
3.2.1. Población.....	39
3.2.2. Muestra.	39
3.3. Técnicas de Recolección de Datos.	39
3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.....	40
Capítulo IV Resultados.....	41

4.1.	Análisis de resultados.....	41
4.1.1.	Condiciones de pruebas.....	41
4.1.2.	Resultados <i>de las pruebas</i>	49
4.2.	Contrastación de hipótesis.....	61
4.2.1.	Contrastación de hipótesis general.....	61
4.2.2.	Contrastación de hipótesis específicos.....	62
Capítulo V Discusión		65
5.1	Discusión de resultados.....	65
Capítulo VI Conclusiones y Recomendaciones		66
6.1	Conclusiones.....	66
6.2	Recomendaciones.....	66
Capítulo VII Referencias Bibliográficas		68
Anexos		74

Índice de Tabla

Tabla 1. <i>Operacionalización de las variables e indicadores</i>	37
Tabla 2 <i>Leyes de cabeza de la muestra relave procedente de planta</i>	41
Tabla 3 <i>Dosificación de reactivo en prueba estándar</i>	43
Tabla 4 <i>Dosificación de reactivos para prueba con A-242</i>	44
Tabla 5 <i>Empleo de reactivos en la prueba MX-945</i>	45
Tabla 6 <i>Empleo de reactivos en la prueba A-3926</i>	46
Tabla 7 <i>Empleo de reactivos en la prueba MX-5160</i>	47
Tabla 8 <i>Empleo de reactivos en la prueba A-3894</i>	48
Tabla 9 <i>Distribución de malla molienda de relave en 10 minutos</i>	49
Tabla 10 <i>Distribución de malla molida de relave en 20 minutos</i>	50
Tabla 11 <i>Moliendabilidad de relave</i>	50
Tabla 12 <i>Balance metalúrgico de la prueba estándar</i>	51
Tabla 13 <i>Balance metalúrgico de la prueba con promotor A-242</i>	53
Tabla 14 <i>Balance metalúrgico de la prueba con promotor MX-945</i>	54
Tabla 15 <i>Balance metalúrgico de la prueba con promotor A-3926</i>	56
Tabla 16 <i>Balance metalúrgico de la prueba con promotor MX-5160</i>	57
Tabla 17 <i>Balance metalúrgico de la prueba con promotor A-3894</i>	59
Tabla 18 <i>Colectores secundarios en la calidad y recuperación de Au-Ag</i>	61
Tabla 19 <i>Ditiofosfato en la flotación respecto calidad y recuperación de Au,Ag</i>	63
Tabla 20 <i>Ditiocarbamatos en la flotación respecto calidad y recuperación de Au , Ag</i>	64

Índice de Figura

Figura 1 <i>Circuito de prueba molienda de relave y flotación de oro</i>	42
Figura 2 <i>Moliendabilidad de mineral</i>	51
Figura 3 <i>Curva de cinética de recuperación Au-Ag prueba estándar</i>	52
Figura 4 <i>Curva de cinética de flotación de la recuperación de Au-Ag promotor A-242</i>	54
Figura 5 <i>Curva de la cinética de flotación de la recuperación Au-Ag promotor MX-945</i>	55
Figura 6 <i>Curva de cinética de flotación recuperación Au-Ag promotor A-3926</i>	57
Figura 7 <i>Curva de la cinética de flotación recuperación Au-Ag promotor MX-5160</i>	59
Figura 8 <i>Curva de cinética de flotación recuperación Au-Ag promotor A-3894</i>	60
Figura 9 <i>Colectores Secundarios en calidad y recuperación Au-Ag</i>	62
Figura 10 <i>Empleo de ditiófosfato en flotación en calidad y recuperación de Au, Ag</i>	63
Figura 11 <i>Empleo de ditiocarbamatos en la flotación en calidad y recuperación de Au, Ag</i> ...	64

Índice de Anexo

Anexo 1 <i>Localización</i>	75
Anexo 2 <i>Instrumentos para la toma de datos</i>	76
Anexo 3 <i>Matriz de Consistencia</i>	77
Anexo 4 <i>Resultado prueba estándar</i>	78
Anexo 5 <i>Resultado prueba colector A-242</i>	78
Anexo 6 <i>Resultado prueba colector MX-945</i>	78
Anexo 7 <i>Resultado prueba colector A-3926</i>	79
Anexo 8 <i>Resultado prueba colector MX-5160</i>	79
Anexo 9 <i>Resultado prueba colector A-3894</i>	79

Resumen

Se tuvo como objetivo “ evaluar el efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves en la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C”, el estudio tiene una metodología experimental, se aplicó el método de molienda y flotación con las siguientes consideraciones con leyes de cabeza de 1.89 g/t Au, 31.75 g/t Ag liberado el 85% pasante a la malla 200 en 10 minutos con 13 segundos, se emplearon 1000 gramos de mineral para cada prueba con 150 g/t ZnSO₄, 16 g/t A-404, 20 g/t Z-6, 10 g/t MIBC, en un tiempo de 3 minutos de acondicionamiento, flotaciones de 0.5, 1, 2 y 4 minutos, con prueba estándar y empleando los promotores A-242, MX-945, A-3926, MX-5160, A-3894 con una dosis de 8.2 g/t a un pH de 7.3 y un tiempo empleados total de 21 minutos. Resultados: se obtuvieron con el A-242 con leyes de concentrado de 11.25 g/t Au, 105.31 g/t Ag con recuperación de 62.04% de oro y 54.60% de plata, seguido de A-3894 con una recuperación del 65.32% de oro y 58.67% de plata con una ley de 7.67 g/t oro, 88.18 g/t de plata. Conclusión: el colector A-242 tiene mayor influencia en la calidad del concentrado para el oro y la plata con una recuperación optima, mientras en la recuperación se tiene el colector A-3894 con una ley baja.

Palabra clave: Flotación, relave, pirita, oro, cianuración, recuperación y calidad.

Abstract

The objective was "evaluate the effect of secondary collectors in the treatment of tailings in the flotation of auriferous pyrite at the Copperfield Peru S.A.C. plant", the study has an experimental methodology, the grinding and flotation method was applied with the following considerations with head grades of 1.89 g/t Au, 31.75 g/t Ag liberated 85% passing through 200 mesh in 10 minutes and 13 seconds, 1000 grams of ore were used for each test with 150 g/t ZnSO₄, 16 g/t A-404, 20 g/t Z-6, 10 g/t MIBC, in a time of 3 minutes of conditioning, flotations of 0.5, 1, 2 and 4 minutes, with standard test and using the promoters A-242, MX-945, A-3926, MX-5160, A-3894 with a dosage of 8.2 g/t at a pH of 7.3 and a total employed time of 21 minutes. Results: they were obtained with A-242 with concentrate grades of 11.25 g/t Au, 105.31 g/t Ag with recovery of 62.04% gold and 54.60% silver, followed by A-3894 with a recovery of 65.32% gold and 58.67% silver with a grade of 7.67 g/t gold, 88.18 g/t silver. Conclusion: the A-242 collector has greater influence on the quality of the concentrate for gold and silver with an optimum recovery, while the A-3894 collector has a low grade.

Keyword: Flotation, tailings, pyrite, gold, cyanidation, recovery and quality.

Introducción

En el contexto internacional y nacional, el tratamiento de relaves en la minería ha adquirido una creciente importancia debido a la necesidad de gestionar de manera adecuada los residuos mineros y maximizar la recuperación de minerales valiosos. En particular, la flotación de pirita aurífera en los relaves representa un desafío significativo debido a las características únicas de este mineral y su impacto en la calidad ambiental.

En los últimos años, ha habido una mayor conciencia sobre la necesidad de adoptar prácticas mineras más sostenibles y responsables. En este sentido, el uso de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera ha ganado relevancia tanto a nivel internacional como nacional.

A nivel internacional, se han llevado a cabo investigaciones y desarrollos tecnológicos para mejorar la eficiencia y la selectividad de la flotación de pirita aurífera en los relaves. Se han explorado diferentes tipos de colectores secundarios y se han realizado estudios para comprender su efecto en la recuperación de oro y en la reducción de residuos. Estos avances han sido impulsados por la necesidad de cumplir con estándares ambientales más estrictos y por la demanda de una minería más sostenible a nivel global.

En el ámbito nacional, la implementación de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera ha sido una preocupación creciente. Los gobiernos y las empresas mineras han reconocido la importancia de adoptar tecnologías y prácticas que mejoren la eficiencia de recuperación de oro y minimicen los impactos ambientales asociados con los relaves mineros. En este sentido, se han llevado a cabo investigaciones y se han promovido iniciativas para desarrollar colectores secundarios específicos para la flotación de pirita aurífera en relaves nacionales.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la realidad problemática.

La mayoría de las operaciones de procesamiento de minerales incluyen varias etapas de flotación por espuma para concentrar y aislar el producto deseado.

Dong (2016) señala que, para aumentar la hidrofobicidad de las partículas minerales en la pulpa, se utilizan agentes de hidrofobización conocidos como colectores que son un paso de acondicionamiento previo a la flotación.

Antes de la flotación, los colectores químicos se agregan rutinariamente a las lechadas de mineral molido, uniéndose selectivamente a partículas ricas en minerales, aumentando su hidrofobicidad y promoviendo así la flotación selectiva.

Tener especies minerales liberadas implica una reducción de tamaño cada vez mayor, donde la flotación convencional no responde bien. Entre los principales problemas de la flotación de espuma tradicional con partículas finas están la oclusión de los minerales o especies de interés y el aumento del arrastre de ganga por parte del concentrado o especies valiosas.

A pesar del papel generalizado de la flotación en el procesamiento de minerales, algunos minerales son difíciles de procesar por flotación, así por el ejemplo el caso de estudio recae sobre muestras de relave aurífero con contenido de pirita, donde las impurezas reducen la densidad de las partículas de oro, cambian la estructura, el oro se vuelve menos noble en términos químicos, entonces el hierro da propiedades magnéticas al oro provocando cambios en la composición del oro, lo cual se manifiestan notablemente en la flotación.

Abraitis, Patrick y Vaughan (2004) mencionan que la flotación de pirita ha sido investigada por muchos investigadores, sin embargo, estos trabajos revelaron que la pirita presenta

un comportamiento variable en los circuitos de flotación. Este comportamiento se relacionó principalmente con el origen y la composición mineralógica del mineral.

Las impurezas reducen la capacidad de flotación del oro, y cuanto más, más fácil. A menudo, las partículas de oro tienen recubrimientos superficiales que consisten en óxidos de hierro y manganeso, acanthita, covelita, galena, caolinita y algún otro mineral.

La planta de beneficio de oro Copperfield Perú S.A.C, procesa una gran gama de minerales de su propia mina y de terceros con una trazabilidad del 100%, lo cual es exportado a India y Dubai principalmente, por ello es necesario cumplir con la totalidad de extracción de oro en concentrado lo cual ya es una actividad viable e ejecutable por la empresa, con el ingreso al año 2023, Copperfield se propuso la meta de aumentar su producción y cerrar el año con 500 Kg de oro fino al mes, elevando en 66% su rendimiento. Por ello el propósito de este estudio es evaluar la mejor técnica o tratamiento de relaves para la recuperación de aurífera sobre todo en minerales de pirita, así contribuir con una metodología comprobada a base de estudios experimentales y científicos, de las mejores herramientas para ayudar en los objetivos de la empresa. Este manuscrito discute los principales mecanismos químicos y físicos involucrados en los fenómenos de adsorción de reactivos en la superficie del mineral, el impacto del pH y tipo de agente alcalinizante, y el efecto de los depresores de pirita, algunos ya utilizados en la industria y otros en investigación

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General.

¿Cuál es el efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.?

1.2.2 Problemas Específicos.

- i. ¿Cuál de los colectores secundarios ditiofosfatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.?
- ii. ¿Cuál de los colectores secundarios ditiocarbomatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar el efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves en la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

1.3.2 Objetivo Especifico

- i. Evaluar cuál de los colectores secundarios ditiofosfatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.
- ii. Evaluar cuál de los colectores secundarios ditiocarbomatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

1.4 Justificación de la Investigación

El efecto de los colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera, es un estudio funcional e aplicable a nivel industrial, ya que hoy en día es difícil la extracción del oro diseminado, puesto que se debe de considerar su mineralogía como antecedente previo a la aplicación de algún tipo de proceso o técnica, la flotación por si misma es uno de los

recursos más utilizados para la separación por medio de burbujas de las partículas valiosas de las que no son valiosas, sin embargo el empleo y selección de los reactivos difiere mucho del tipo de mineral a procesar así como de la técnica de flotabilidad, entonces la problemática recae en la realización previa de un estudio metalúrgico que pueda dar solución en pérdidas de planta, por ello el presente documento pretende evaluar y estandarizar las condiciones para una mejor producción de concentrado de oro.

La planta de beneficio de oro Copperfield Perú S.A.C, procesa una gran gama de minerales de su propia mina y de terceros con una trazabilidad del 100%, lo cual es exportado a India y Dubai principalmente, por ello es necesario cumplir con la totalidad de extracción de oro en concentrado lo cual ya es una actividad viable e ejecutable por la empresa, con el ingreso al año 2023, Copperfield Perú S.A.C se propuso la meta de aumentar su producción y cerrar el año con 500 Kg de oro fino al mes, elevando en 66% su rendimiento. Por ello el propósito de este estudio es evaluar la mejor técnica o tratamiento de relaves para la recuperación de aurífera sobre todo en minerales de pirita, así contribuir con una metodología comprobada a base de estudios experimentales y científicos, de las mejores herramientas para ayudar en los objetivos de la empresa, para lo cual a nivel practico se ejecutara las pruebas metalúrgicas con muestras de las canchas de concentrado, en este caso de 50 kg, para determinar los parámetros adecuados en la extracción de las partículas valiosas, encontrando condiciones aplicables a la planta a través de los estudios a nivel laboratorio. Lo cual no solo podrá ser empleado por Copperfield Perú S.A.C, sino también por otras plantas procesadoras de mineral auríferos.

1.5 Delimitación del Estudio

El estudio se realizó durante el año 2023, el cual tiene de referencia la sede de la planta de beneficio de oro y polimetálicos en la planta Copperfield Perú S.A.C, en la provincia de Barranca, específicamente en el distrito de Paramonga Km 221 de la panamericana norte.

El estudio considera a la producción de tonelaje de procesamiento de minerales auríferos de pirita proveniente de la minería artesanal, pequeña y mediana, la cual se empleará 50 kilogramos de muestreo de sus canchas de relave.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

Merino (2019) ,en su investigación titulada, *“Flotación de Cu soluble en la planta de concentración Salvador/Codelco”*, tuvo como objetivo aumentar la recuperación de Cu mediante una flotación bulk de Cu-Mb. Se usaron dos reactivos, el sulfhidrato de sodio y el MBS, de estos dos el sulfhidrato de sodio fue considerado como reactivo sulfidizante muy enérgico. De esto concluyo qué, la sulfurizacion permite aumentar la recuperación de Cu soluble, en la flotación, rougher, y a su vez se va recuperar el Cu total Por otro lado, el MBS no opero como un reactivo sulfidizante en ninguno de los casos, pero si aumento la recuperación Cu sulfurado. Por otra parte, el Fe y Mb, se dedujo qué, cuando se utiliza los reactivos que fueron nombrados sufrieron un aumento de recuperación, pero con la MBS no aumento mucho.

Osorio (2019), en su investigación titulada *“Alternativa metalúrgica (sonometalurgia) para la separación selectiva de minerales auríferos en relaves mineros”*, a través de las cinéticas de flotación de los relaves con los ensayos de laboratorio en celda Hallimond. Se concluyo que los valores de oro no recuperados se relacionan con el proceso de cianuración, debido a que la distribución granulométrica de las muestras enseña un d80 promedio de 104 μm .

Romero, Romero y Redrovan (2019), en su investigación titulada *“Efecto de la variación de los colectores Z6, 404 y 1208 en la flotación a granel de pirita y arsenopirita aurífera”*, siendo su objetivo determinar la influencia que tuvieron los tipos de mezcla de colectores. Se realizó la medición de la concentración por espectrofotometría de absorción atómica. Se concluyó que el porcentaje de sólidos en la pulpa del mineral influye en

la recuperación de oro, siendo el 33% de sólidos en la pulpa tienen mayor porcentaje de recuperación, el colector 404 en una concentración del 10% obtuvo un mayor porcentaje de recuperación de oro.

Guanuchi y Romero (2020), en su tesis donde realizó una *“Recuperación de metales por flotación de relaves auríferos en la sociedad civil minera “Goldmins” ubicada en el Cantón Zaruma”*, por medio del barrido ICP realizó una caracterización de los relaves de sus elementos constituyentes, con el fin de identificar la presencia de Pb y Zn; para la flotación se empleó activadores y colectores al 1% y espumantes puros con un tiempo de 7 min y un 30% de ρ/p . Se concluyó como marcha efectiva la siguiente: $CuSO_4$, Xantato Amílico de Potasio Z-6, Ditiofostato/404 y Frother-350, así como un colector complejo de Z-6 y DT-404, mejorando la recuperación de Pb-Zn, también se determinó como mejor modelo cinético de primer orden con un $R^2 > 0.94$ y $n = 1$.

Gulzhan, Mels y Kulzhamal (2020), en su artículo *“Enriquecimiento por flotación de minerales de oro resistentes”*, tiene por objetivo la selección y justificación del método combinado de flotación por gravedad de enriquecimiento de materias primas auríferas refractarias y el método hidro y pirometalúrgico. En tal aspecto las muestras fueron de minerales auríferos, donde el oro estuvo entre décimas de micra hasta 0,063 mm, junto con minerales de cuarzo, arsenopirita, pirita y bismuto. El autor concluye que el papel del oro en la arsenopirita aumenta con la profundidad. Los minerales son del tipo oro-cuarzo-sulfuro, el contenido de oro en las colas de flotación disminuye a 0,7 g/t y la recuperación máxima es de 84.59%, la flotación multietapa funcionó equilibradamente empleando como colector al xantogenato.

Castellon, Toro, Galvez, Robles, Leyva y Jeldres (2022) en su artículo descriptivo realiza una recopilación sobre la *“Flotación de espuma de calcopirita/mineral de pirita: una revisión*

crítica”, de esta manera a través de fundamentos actualizados busca definir el efecto de la presencia de pirita como compuesto desafiante para el proceso de flotación por su capacidad de capturar una porción de colector, disminuyendo la calidad del concentrado; el artículo discute los mecanismos químicos y físicos involucrados en los fenómenos de adsorción de reactivos en la superficie del mineral, el impacto del pH y tipo de agente alcalinizante, y el efecto de los depresores de pirita, algunos ya utilizados en la industria y otros en investigación. También se describen modernos reactivos colectores, para los cuales, aunque aún no se implementan a escala industrial, se han obtenido resultados prometedores en el laboratorio.

2.1.2. Investigación Nacional.

León y Dianderas (2019) en su investigación titulado *“Efecto del porcentaje de sólidos en la flotación de la galena a partir de un mineral de bajo grado de Plomo-Zinc En La Compañía Minera Casapalca S. A”*. Tuvo como objetivo, establecer los índices y parámetros de operación que van a influir cuando se va a recuperar en el proceso de flotación de la PbS partiendo de un mineral de bajo índice de Pb-Zn. De esto concluyo que, El colector conveniente sería el aerofloats 404, cuando se va a flotar minerales de Pb-ZnS y una concentración factible de este colector sería de 60 gramos por tiempo. El nivel de Pb aumentó cuando también se fue aumentando la concentración, de sólido, en la pulpa, hasta, el cincuenta por ciento.

Castilla y Chávez (2019) en su tesis, *“Crecimiento de la tasa de recuperación de los minerales de plomo, zinc y plata en la etapa de concentración de minerales de la Minera VOLCAN S.A.A.”*, nos menciona que existen 92 tipos de minerales, en dicha empresa., divididos en tres flujos, también que el mineral común como marmita, pirita y cuarzo son los ideales para poder sacar provecho, gracias a que es fácil tratarlo en los procesos metalúrgicos, otorgar concentrados de alta ley de cabeza en plomo, zinc y plata, también una menor ley de cabeza en cobre. El sulfato

de cobre es un mineral que causa las mayores distorsiones al tratamiento; pero no es apto para construir reservas ya que conlleva a un trabajo arduo. Al realizar los diferentes ensayos se determinó que la molienda en la planta concentradora se obtuvo un 60.2% el cual es óptimo, también que para los distintos elementos usados con respecto a sus características se tuvo grados diferentes. Por lo tanto, la concentración de plomo obtenido fue de 49.3% grado de molienda en finos todo esto durante 7 minutos y su punto óptimo de recuperación fue de un 85.2% teniendo un incremento del 1.75% en la tasa de recuperación.

López (2020), en su tesis sobre el *“Estudio y análisis de pruebas de flotación en minerales auríferos”*, propone evaluar mediante las propiedades de la hidrofobicidad en pruebas experimentales la recuperación por flotación de minerales auríferos acompañados de sulfuros, donde el concentrado se obtuvo de un grano grueso usando una celda flash, lo cual facilitó la caracterización de la textura de las partículas de pirita con adherencia de Au y As, empleando posteriormente el método de preconcentración para el mejoramiento de la recuperación de Au y Ag, el relave fue flotado en malla -200, llegando a una recuperación de 92.69% de Au pero desfavorables para Ag. El autor concluye señalando la necesidad de una preconcentración gravimétrica, ya que en este tipo de muestra el Au y Ag se hallan en tamaños muy finos.

Huacca (2021), en su investigación titulado *“Evaluar y optimizar el proceso cuando se va flotar minerales polimetálicos”*, tuvo como objetivo, Establecer los índices perfectos de los cuales influyen más cuando vamos a flotar el zinc, de esto concluyó que, el sulfato de cobre suele ser muy relevante para recuperar el zinc, nos indica que es un excelente agente de activación para el Zn, ojo igual va tener una consecuencia negativa, porque ante la presencia de plomo lo va activar.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Efecto de colectores en el tratamiento de relaves.

La mayoría de las superficies de partículas minerales son hidrofílicas por naturaleza, mientras que una burbuja de aire solo puede recoger partículas minerales que sean lo suficientemente hidrofóbicas. Dong (2016) señala que, para aumentar la hidrofobicidad de las partículas minerales en la pulpa, se utilizan agentes de hidrofobización conocidos como colectores en un paso de acondicionamiento previo a la flotación.

Es así como el colector se adsorbe selectivamente a la partícula mineral de interés, formando una capa hidrofóbica que promueve la unión a las burbujas de aire hidrofóbicas y la posterior recuperación del mineral en la fase de espuma desarrollada.

Algunas de las investigaciones realizadas por Raju y Khangaonkar (1987) y Kydros, Gallios y Matis (1994) sobre el uso de este proceso aplicado a minerales de calcopirita y pirita demostraron que en presencia del colector de xantato, la recuperación de mineral era mayor debido a la acción de las burbujas de oxígeno, creadas por la electrólisis del agua, donde la tasa de adsorción del xantato en pirita y calcopirita aumenta con el aumento de la concentración de oxígeno. Así, la presencia de oxígeno disuelto facilita la adsorción de los colectores en la superficie de los minerales. Sin embargo, un largo tiempo de contacto con el oxígeno podría oxidar y deprimir los minerales.

2.2.1.1. Colectores.

Los colectores son reactivos orgánicos que se utilizan para adsorberse selectivamente en las superficies de las partículas. Para Wills y Finch (2015) son sustancias químicas que permiten la colección de partículas de interés por la propiedad de volver hidrofóbica, para después atraerlos por las burbujas, compuestas por aire, y luego ser evacuadas por el lado superior.

De acuerdo con Baisui (2018) los colectores forman una monocapa en la superficie de la partícula que esencialmente forma una película delgada de hidrocarburos hidrofóbicos no polares. Los colectores aumentan considerablemente el ángulo de contacto para que las burbujas se adhieran a la superficie.

2.2.1.2. Tipos de colectores.

Los colectores provienen de los compuestos que tienen un grupo polar y no polar; la parte polar se adhiere a la superficie del mineral y la parte no polar se dirige hacia el agua.

Baisui (2018) señala que los colectores se pueden clasificar en dos categorías: no *iónicos* y *iónicos (aniónicos y catiónicos)*

- Los no iónicos funcionan a nivel molecular, pueden contener azufre, aceites hidrocarbonados, ésteres y bivalentes.
- Los iónicos tienen capacidad disociativa según su zona activa pueden ser aniónicos (sulfhídricos, ácidos grasos y sus sales alquilsulfatos y alquilsulfonatos), por ejemplo xantatos y ditionofosfatos; o catiónicos (aminas cuaternarias y nitrogenadas) como por ejemplo ácidos fosfónicos y los alcansulfonatos.

Los colectores aniónicos y catiónicos constan de un componente polar que se adhiere selectivamente a las superficies minerales y un componente no polar que se proyecta hacia la solución y hace que la superficie sea hidrofóbica.

Los colectores pueden unirse químicamente a la superficie del mineral con alta selectividad (quimisorción) o mantenerse en la superficie mediante fuerzas físicas (absorción física).

Yang (2011) y Dong (2016) mencionan dos tipos de colectores: *los convencionales* y *los quelantes*, ambos con resultados favorables en la flotabilidad y selectividad de partículas de minerales valiosos.

- Rao (2012) señala que los *colectores convencionales* son tensioactivos moleculares solubles en agua que consisten en una cola de carbono hidrofóbica y una cabeza hidrofílica reactiva. Wills y Finch (2015) explican que el grupo de cabeza reacciona selectivamente con la superficie de una partícula mineral, dejando la cadena de carbono hidrofóbica orientada hacia el agua, lo que hace que el sitio sea hidrofóbico.
- Yang (2011) y Dong (2016) refieren que los *colectores quelantes* se unen al mineral mediante la formación de un anillo de cinco o seis miembros mediante la donación del par de electrones no compartidos de átomos como O, N, S o P en compuestos orgánicos a átomos metálicos en la superficie del mineral. También se han informado intentos exitosos de usar colectores quelantes derivados de imidazol para la flotación de pentlandita, calcopirita y pirita.

De forma comercial Wills y Finch (2015) y Azañero (2015) señalan que los colectores que más se usan en el ambiente son los aniónicos de clase sulfihifrido como por ejemplo los Xantatos y ditiofosfatos.

- *Xantatos*: se usan cuando se flotan minerales con contenido de sulfuros, sales que pueden ser sódicas, potásicas del ácido xántico (Z-6, Z-11, etc.) su poder colector es de 8 – 13 pH. Su principal uso es de 5 a 100g/TM y soluble al 10 por ciento.
- *Ditiofosfatos*: Se basan en sales ácidas de ditiofosfórico, tienen buena solubilidad con el agua y será afectado por depresores de alto nivel en grado. Cuando hablamos de ditiofosfatos o aerofloats (A-26, A-204, A-3894, etc.), cabe mencionar que son colectores aplicados a pH menor a 8 y se pueden usar en ambiente con medio que solamente sea ácido ligeramente.

2.2.1.3.Importancia del uso de colectores

La importancia de la hidrofobicidad se ha enfatizado tanto en la teoría de la flotación como en la operación práctica. Dado que la mayoría de los minerales naturales son hidrofílicos, sus superficies deben tratarse con colectores antes de la flotación. Para Wills y Napier-Munn (2006) los colectores destacan el papel más importante de todos los reactivos de flotación al regular las propiedades superficiales de las partículas minerales. El propósito del colector es formar selectivamente una capa hidrófoba sobre una superficie mineral determinada sin unirse a los materiales de ganga en la suspensión de flotación; permitiendo así que las partículas hidrofobizadas se adhieran a las burbujas de aire, que pueden recuperarse en el producto de espuma. Las características críticas de un buen colector incluyen la capacidad de adsorberse selectivamente en las superficies minerales deseadas y reducir el agua/energía superficial mineral. Yang (2011), sostiene que la composición general de un colector molecular convencional es una cadena hidrocarbonada con un grupo de cabeza reactivo o funcional. El grupo de cabeza reacciona con la superficie del mineral y la cadena del grupo hidrocarbonado se aleja de la superficie hacia el ambiente acuoso.

Los xantatos, por ejemplo, son el tipo más común de colectores utilizados para minerales de sulfuro, patentada por Keller (Patente n° 1,554,216, 1925) fue un avance significativo para la flotación por espuma. Los xantatos son conocidos como colectores de bajo costo y fáciles de producir que generalmente brindan una buena eficiencia de flotación, lo que ha permitido su aplicación durante casi un siglo.

Sin embargo, el uso continuo de xantato ha generado una preocupación ambiental cada vez mayor, ya que el disulfuro de carbono se emite fácilmente a partir de la descomposición del xantato, por lo que los ingenieros y científicos se han embarcado en buscar el reemplazo de los

colectores de xantato. Según Dong y Xu (2011) la unión de los colectores a las superficies minerales se puede lograr mediante quimisorción o adsorción física (p. ej., interacción electrostática). La adsorción de xantatos en un mineral de sulfuro es un ejemplo de quimisorción, mientras que la adsorción de colectores basados en aminas catiónicas en caolinita cargada negativamente es un ejemplo de adsorción física.

2.2.1.4. Tratamientos de relaves

Chander (1991) menciona que los relaves de las minas de sulfuro generalmente contienen una gran cantidad de pirita (FeS_2), que es la principal fuente de drenaje ácido de roca. Los residuos de pirita deben eliminarse en condiciones estrictamente controladas. Grandes áreas de tierra, por otro lado, contienen suelos alcalinos que no son aptos para ningún tipo de producción agrícola. Este tipo de suelos se pueden remediar bajando el pH y el porcentaje de sodio intercambiable (ESP) del suelo usando ciertos agentes. Debido a su capacidad de generar ácido, la pirita puede ser una alternativa viable para dichos suelos.

Lin (1989) sostiene que la pirita se oxida fácilmente para formar ácido sulfúrico. Retirar la pirita antes de descargar los relaves disminuirá el potencial de generación de ácido a partir de los relaves y minimizará los posibles costos de remediación y tratamiento de desechos.

2.2.2. Flotación de pirita aurífera.

Abraitis, Patrick y Vaughan (2004) mencionan que la flotación de pirita ha sido investigada por muchos investigadores, sin embargo, estos trabajos revelaron que la pirita presenta un comportamiento variable en los circuitos de flotación. Este comportamiento se relacionó principalmente con el origen y la composición mineralógica del mineral. El tamaño de liberación, el comportamiento electroquímico de los minerales que lo constituyen, el contenido de elementos

traza y menores del mineral, la textura, las variables de aplicación pertenecientes a los circuitos de flotación determinan la recuperación de pirita en la espuma.

Yamashiro (2012) señala que en la flotación participan como macro agitación, el tiempo de flotación, el mineral, agua, gases y densidad de pulpa; del mismo modo se les conoce variables que participan en los procesos de concentración de la mena de mayor relevancia que van a satisfacer los resultados de la investigación.

2.2.2.1. Parámetros de flotación

Azañero (2015) manifiesta que en función a la composición del mineral a flotar se pueden considerar los siguientes parámetros:

- Porcentajes de sólidos o densidad de pulpa
- La temperatura en la pulpa
- Granulometría
- El tiempo de la flotación
- Su pH
- Carga que circula.
- Grado, tipo de aire a utilizar
- Nivel de espuma
- El grado en que se va a dosificar los reactivos

2.2.2.2. Tipos y dosificación de reactivos

Yang (2011) menciona que los reactivos de flotación son el componente más esencial del proceso de flotación. En los primeros días del desarrollo de la flotación comercial, los principales avances se debieron a la adquisición de reactivos de flotación más efectivos.

Nicholson, Gillham, Cherry y Reardon (1989) sostienen que los reactivos son la parte más importante del proceso de flotación. En el desarrollo de un proceso de tratamiento, se gasta mucho tiempo, energía y atención en la selección de reactivos para dar los resultados más efectivos de separación y concentración.

Al desarrollar un diagrama de flujo de flotación de mineral nuevo, se dedica mucha energía, tiempo y atención a la selección de reactivos para la optimización de los resultados de flotación en términos de recuperación y selectividad. Sobre la base de la función de flotación, los reactivos de flotación se dividen en colectores, espumantes, modificadores, depresores y floculantes.

- a. **Colectores:** se ha enfatizado que la mayoría de los minerales naturales son hidrofílicos, sus superficies deben tratarse con colectores antes de la flotación. Por lo tanto, los colectores destacan el papel más importante de todos los reactivos de flotación al regular las propiedades superficiales de las partículas minerales.
- b. **Espumantes:** los espumantes se utilizan para reducir el tamaño de las burbujas en la celda de flotación y permitir la formación de una espuma estable en la superficie de la lechada. Se necesita una espuma estable para mantener las burbujas el tiempo suficiente para que la eliminación de minerales de la celda maximice el rendimiento de la flotación.
- c. **Modificadores** - Los reguladores y activadores de pH generalmente se clasifican como modificadores en flotación. La función principal de los modificadores es facilitar la adsorción de los colectores en las superficies minerales deseadas y, por lo tanto, gobernar la selectividad de flotación. Los reguladores del pH suelen ser ácidos y álcalis. Los reguladores de pH industriales típicos incluyen ácido sulfúrico, cal, carbonato de sodio, etc.

2.2.2.3.Importancia de la flotación de relaves

Rutledge y Anderson (2015) mencionan que se informa que más del 80% del total de minerales metálicos en el mundo se recupera a través de procesos de flotación. Por definición, es un método de separación fisicoquímica que utiliza las diferencias en la interacción de las partículas sólidas con una solución acuosa y la fase gaseosa. Por lo tanto, es un proceso de 3 fases que involucra las partículas minerales (sólido) y el agua (líquido) que componen la pulpa, así como las burbujas de aire (gas) que elevan los materiales hidrofóbicos a la espuma, dejando el hidrofílico. materiales en la pulpa. Esta operación se rige por factores como la interacción burbuja-partícula y burbuja-burbuja. El objetivo principal de la flotación es llevar el material valioso a la superficie mediante la espuma, mientras que el material de ganga queda en la pulpa.

Además, Gül, Yüce, Sirkeci y Özer (2008) hace mención que el éxito de la flotación depende tanto de las características del mineral como del proceso de flotación aplicado. En la flotación es importante el uso de colectores selectivos de minerales, sin embargo, en el caso de la desactivación, el uso de depresores selectivos de minerales es de suma importancia, incluso el tipo de modificadores de pH podría determinar la eficiencia de la flotación. Los depresores como el cianuro, la cal, el metabisulfito de sodio son muy efectivos en la desactivación de la pirita, pero la calcopirita puede ser deprimida hasta cierto punto.

2.3. Definición de términos básicos.

- a) **Colectores:** son reactivos que se utilizan para adsorberse selectivamente en las superficies de las partículas.
- b) **Tratamiento de relaves:** consiste en seleccionar y gestionar la tecnología disponible que permita el reaprovechamiento de los componentes.
- c) **Flotación:** Proceso fisicoquímico de tres fases (sólido-líquido-gaseoso)
- d) **Pirita:** mineral compuesto por sulfuro de hierro.
- e) **Aurífera:** Que lleva o que contiene oro.
- f) **Reactivos:** Elemento que desarrolla una interacción con otra en una reacción química.
- g) **Hidrocarburos:** Compuesto orgánico de hidrógeno y carbón
- h) **Xantato:** Productos sólidos usados en la flotación de minerales, se caracteriza por ser un colector sulfhídrico donde su principal función es incrementar las propiedades hidrofóbica en las partículas de minerales de una pulpa y facilitar la flotabilidad.
- i) **Ditiofosfato:** son colectores altamente selectivos, por esta razón se utiliza como colector secundario. Empleados mayormente para la recuperación de oro y plata cuando se asocia con minerales de sulfuro.
- j) **Ditiocarbamatos:** son colectores utilizados principalmente en minerales asociados a sulfatos. Como sulfatos de cobre y plata. Proporciona mayor velocidad de flotación y alta selectividad.
- k) **Relaves:** sólido finamente molido, que se descarta en operaciones mineras.
- l) **A-404:** Es una solución acuosa de un colector de dos componentes basados en alquil ditiofosfato, para uso en la flotación de sulfuros de cobre, plomo, níquel y zinc, cobre metálico y de los sulfuros de hierro en circuito ácido.

- m) **Sulfato de Zinc ($ZnSO_4$)** : es un reactivo químico que sirve como depresor del Zinc y el Cobre en los procesos de flotación de minerales de plomo.
- n) **Z-6**: Es xantato amílico de potasio, es un colector primario usado como agente colector en la flotación de minerales de sulfuro, elementos metálicos tales como cobre, plata y oro y bastantes minerales oxidados de plomo y cobre.
- o) **MIBC**: Es Metil Isobutil Carbinol, es un espumante de acción rápida que genera una espuma fina, seca y de buena sustentación en las celdas de flotación.

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General.

El efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves permitirá la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

De los colectores secundarios ditiofosfatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

De los colectores secundarios ditiocarbomatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

La operacionalización de la investigación sobre “efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C” se detalla en la tabla 1.

Tabla 1.

Operacionalización de las variables e indicadores

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Efecto del colector	Dong (2016) señala que el efecto de los colectores es favorable para aumentar la hidrofobicidad de las partículas minerales en la pulpa, considerando el tipo de colector según el mineral a flotar.	•Ditiofosfatos	- A-242 - A-3926, - A-3894
		•Ditiocarbamatos	- MX-945 - MX-5160
Dependiente			
Flotación de pirita aurífera	Abraitis, Patrick y Vaughan (2004) relacionan la variabilidad de la flotabilidad de pirita aurífera con la composición mineralógica, lo cual puede incidir en la cantidad y tipo de reactivos utilizar.	•Concentrado	- Ley. - Toneladas
		•Recuperación	- Porcentaje
Intervinientes			
		•Velocidad de agitación	
		•Depresores	- rpm
		•Activadores	- kg/t
		•Solidos	- Porcentaje
		•Nivel de espuma,	- minutos
		•Tiempo de acondicionamiento	

Capítulo III

Metodología

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

De acuerdo a su aportación del conocimiento y finalidad el estudio evoca a una investigación aplicada, en donde se determinará el efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera, mediante pruebas metalúrgicas a muestras de mina (Jiménez Ávila & Gabriela Vázquez , 2023).

3.1.2. Nivel de Investigación.

De acuerdo al enunciado de título se atribuye la tesis a un nivel explicativo, en cual se busca establecer y explicar el efecto de los colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera (Bernal Torres, 2010).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

Siguiendo la línea del objetivo general el diseño aplica al modelo experimental, ya que se evaluará mediante pruebas flotación el efecto de los colectores secundarios en el tratamiento de relaves, existiendo una manipulación directa de las variables, para obtener los mejores resultados (Gómez, 2006).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

De acuerdo a los objetivos de la investigación, el enfoque corresponde a un modelo cuantitativo, donde se evaluará y codificará los resultados obtenidos de los registros de las pruebas metalúrgica y análisis de laboratorio, para determinar la incidencia de los colectores en el tratamiento por flotación de relaves auríferos (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.2. Población y Muestra de la Investigación.

Para este enunciado se consideró como población y muestra el mineral aurífero procesado por la planta Copperfield Perú S.A.C.

3.2.1. Población.

Corresponde a una población finita conformada por 50 kg de mineral aurífero que proviene de los clientes, que se encuentran en la cancha de grueso de la planta Copperfield Perú S.A.C.

3.2.2. Muestra.

Para el muestreo probabilístico se tomarán 44 Kg según el registro de la formula estadística para proporciones, para luego extraer 1 kilo del registro de los resultados de los procedimientos y operaciones seleccionadas según el objetivo de la investigación.

3.3. Técnicas de Recolección de Datos.

Las técnicas e instrumentos seleccionados para la investigación siguen la línea del enfoque cuantitativo donde a través del estudio experimental en las pruebas metalúrgicas se pretende evaluar el efecto de los colectores en la flotación de pirita aurífera.

3.3.1. Técnicas que se emplea en la recolección de datos.

Cuantitativas: se emplearon técnicas de flotación de relaves, considerando la manipulación de variables, de acuerdo a los ajustes necesarios para encontrar el mejor parámetro para la recuperación de mineral valioso, incluyendo la dosificación de reactivos y tiempo de acondicionamiento, lo que en los resultados estarán registrados a través de las pruebas metalúrgicas.

3.3.2. Descripción de los Instrumentos

Los instrumentos llamasen balance metalúrgico efectivo para relaves provenientes de las pruebas de metalúrgicas realizadas en laboratorio, dieron constancia de la data informativa de las

leyes de cabeza, concentrado y relave, así como de la alimentación y proceso blending, concentrado filtrado, % de recuperación y contenido metálico, y dosificación de reactivos. Para lo cual de las muestras que se sacarán de la cancha de mineral aurífero en este caso 44 kilogramos dispuesto por la formula estadística, se realizara una reducción por medio de la chancadora, tamizado pasante a la malla 10 y el cuarteo para luego sacar muestras promedio de 10 muestras de 1 kilogramo para las pruebas a realizar.

3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.

Para la ingesta de la data informativa se emplearon el software EXCEL, en los cuales se codificará los ítems expuestos en el balance metalúrgico de las pruebas experimentales generando un libro de códigos, que arrojaran los resultados acumulativos de las variables y dimensiones a evaluar, considerando tendencia, frecuencia, aproximación y confiabilidad, dicha información se extraerá en forma de tablas y gráficos de tendencia lineal experimental.

Capítulo IV

Resultados

4.1. Análisis de resultados.

4.1.1. Condiciones de pruebas.

Las muestras de relave procedentes de la planta se tiene las leyes de acuerdo a los reportes de laboratorio químico de la empresa se tienen en la tabla 2.

Tabla 2

Leyes de cabeza de la muestra relave procedente de planta

Código de Muestra	Ensayes						
	g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
RLV. PLANTA	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48

a) Pruebas de moliendabilidad.

En las pruebas de la moliendabilidad de relave procedente de planta para ver la liberación de los minerales que contiene oro y plata se sometieron a una molienda por espacio de 10 y 20 minutos respectivamente, luego de transcurrido el tiempo se llevó a filtrado, secado y el análisis de malla.

b) Parámetros establecidos.

Entre los parámetros establecidos se tiene los reactivos establecidos para la molienda de relave, en el acondicionamiento y los tiempos establecidos en el acondicionamiento y las flotaciones.

La corrida se realiza con una muestra de 1000 gramos y 500 mL de agua en la molienda de relave.

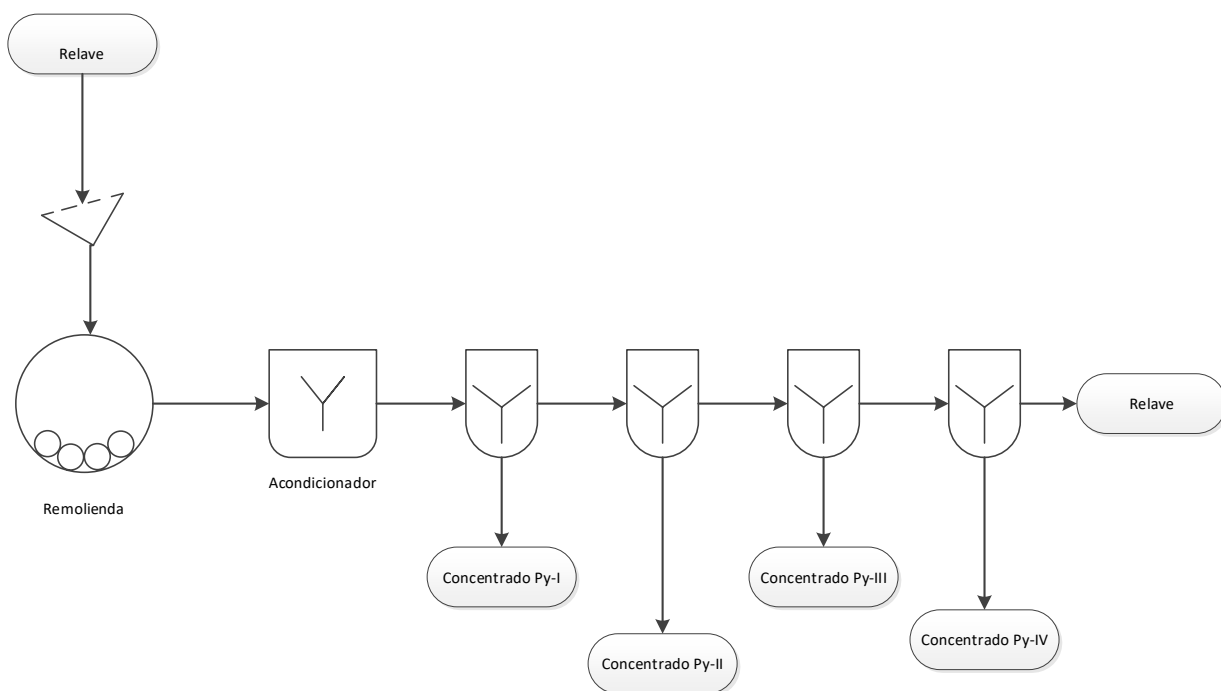
En la molienda de relave se dosifica los siguientes reactivos: ZnSO₄ al 10% 149.9 g/t.

En acondicionamiento se tiene se emplearon A-404 al 100% 16.4 g/t, Z-6 al 1% 20 g/t, MIBC 9.8 g/t al 100%.

Los tiempos empleados se tiene en el acondicionamiento de la pulpa 3 minutos, en las pruebas de cinética de flotación se extrajeron muestras con intervalos de tiempo de 0.5 minutos, 1 minuto, 2 minutos, y 4 minutos.

Figura 1

Circuito de prueba molienda de relave y flotación de oro



En la figura que antecede 1 se tiene el circuito de las pruebas de clasificación, molienda de relave, acondicionamiento, flotación Py-I, Flotación Py-II, flotación Py-III, flotación Py-IV.

c) Prueba estándar.

En la prueba estándar se realizaron con un tiempo de molienda de relave de 10 minutos con 13 segundos para una liberación del 85% pasante a la malla 200. Los reactivos empleados en la prueba se describen en la tabla 3.

Tabla 3*Dosificación de reactivo en prueba estándar*

Etapa	Tiempo (min)	pH	Dosis g/t			
			ZnSO ₄ (10%)	A-404	Z-6(1%)	MIBC
Molienda de relave	10.5	7.3	149.9			
Acondicionamiento	3	7.3		16.4	20.0	9.8
Concentrado Py -I	0.5	7.3				
Concentrado Py -II	1	7.3				
Concentrado Py -III	2	7.3				
Concentrado Py -IV	4	7.3				
	21	7.3	149.9	16.4	20.0	9.8

En la prueba estándar se realiza la molienda de relave, acondicionamiento, flotación I, II, III, IV con un tiempo de 21 minutos a un pH de 7.3 con 149.9 g/t de sulfato de zinc, con 16.4 g/t de A-404, 20 g/t de Z-6 y 9.8 de MIBC descrita en la tabla 3.

d) Prueba con el colector ditiofosfato A-242.

En la prueba donde se emplearon colector A-242 se mantiene las condiciones de las pruebas estándar lo que se le agrega es el colector A-242. El tiempo de molienda de relave es de 10 minutos con 13 segundos para una liberación promedio de 85% pasante a la malla 200.

Tabla 4

Dosificación de reactivos para prueba con A-242

Etapa	Tiempo (min)	pH	Dosis g/t				
			ZnSO ₄ (10%)	A-404	A-242	Z-6(1%)	MIBC
Molienda de relave	10.5	7.3	149.9				
Acondicionamiento	3	7.3		16.4	8.2	20.0	9.8
Concentrado Py -I	0.5	7.3					
Concentrado Py -II	1	7.3					
Concentrado Py -III	2	7.3					
Concentrado Py -IV	4	7.3					
	21	7.3	149.9	16.4	8.2	20.0	9.8

Las pruebas para evaluar el colector secundario A-242 de acuerdo la tabla 4 se mantiene las condiciones estándar con la adición de 8.2 g/t de A-242.

e) Prueba con el colector ditiocarbamato MX-945.

En la prueba donde se emplean el colector MX-945 se mantiene las condiciones estándar respecto las condiciones de molienda de relave, acondicionamiento y la flotación en excepción de la adición de MX-945 en el acondicionamiento de pulpa. El tiempo se mantiene en 10 minutos con 13 segundos para una reducción del tamaño de mineral pasante a la malla 200m del 85%.

Tabla 5*Empleo de reactivos en la prueba MX-945*

Etapa	Tiempo		Dosis g/t				
	(min)	pH	ZnSO ₄ (10%)	A-404	MX-945	Z-6(1%)	MIBC
Molienda de relave	10.5	7.3	149.9				
Acondicionamiento	3	7.3		16.4	8.2	20.0	9.8
Concentrado Py -I	0.5	7.3					
Concentrado Py -II	1	7.3					
Concentrado Py -III	2	7.3					
Concentrado Py -IV	4	7.3					
	21	7.3	149.9	16.4	8.2	20.0	9.8

En el acondicionamiento se agrega 8.2 g/t de MX-945 y los otros reactivos se mantiene la dosis igual de acuerdo la tabla 5.

f) Prueba con el colector ditiofosfato A-3926.

En la prueba donde se emplean el colector A-3926 se mantiene las condiciones estándar respecto las condiciones de molienda de relave, acondicionamiento y la flotación en excepción de la adición de A-3926 en el acondicionamiento de pulpa. Se emplearon 1000 gramos de mineral con medio litro de agua en la molienda de relave. El tiempo se mantiene en 10 minutos con 13 segundos para una reducción del tamaño de mineral pasante a la malla 200m del 85%.

Tabla 6

Empleo de reactivos en la prueba A-3926

Etapa	Tiempo		Dosis g/t				
	(min)	pH	ZnSO ₄ (10%)	A-404	A-3926	Z-6(1%)	MIBC
Molienda de relave	10.5	7.3	149.9				
Acondicionamiento	3	7.3		16.4	8.2	20.0	9.8
Concentrado Py -I	0.5	7.3					
Concentrado Py -II	1	7.3					
Concentrado Py -III	2	7.3					
Concentrado Py -IV	4	7.3					
	21	7.3	149.9	16.4	8.2	20.0	9.8

En la prueba donde se emplearon el colector A-3926 de la tabla 6 se tiene una dosificación de 8.2 g/t de A-3926 y los otras condiones estandar se matiene.

g) Prueba con el colector ditiocarbamato MX-5160.

En la prueba donde se emplean el colector MX-5160 se mantiene las condiciones estándar respecto las condiciones de molienda de relave, acondicionamiento y la flotación en excepción de la adición de MX-5160 en el acondicionamiento de pulpa. Se emplearon 1000 gramos de mineral con medio litro de agua en la molienda de relave. El tiempo se mantiene en 10 minutos con 13 segundos para una reducción del tamaño de mineral pasante a la malla 200m del 85%.

Tabla 7

Empleo de reactivos en la prueba MX-5160

Etapa	Tiempo		Dosis g/t				
	(min)	pH	ZnSO ₄ (10%)	A-404	MX-5160	Z-6(1%)	MIBC
Molienda de relave	10.5	7.3	149.9				
Acondicionamiento	3	7.3		16.4	8.2	20.0	9.8
Concentrado Py -I	0.5	7.3					
Concentrado Py -II	1	7.3					
Concentrado Py -III	2	7.3					
Concentrado Py -IV	4	7.3					
	21	7.3	149.9	16.4	8.2	20.0	9.8

En la prueba donde se emplearon el colector MX-5160 de la tabla 7 se tiene una dosificación de 8.2 g/t de MX-5160 y los otras condiones estandar se matiene.

h) Prueba con el colector ditiofosfato A-3894.

En la prueba donde se emplean el colector A-3894 se mantiene las condiciones estándar respecto las condiciones de molienda de relave, acondicionamiento y la flotación en excepción de la adición de A-3894 en el acondicionamiento de pulpa. Se emplearon 1000 gramos de mineral con medio litro de agua en la molienda de relave. El tiempo se mantiene en 10 minutos con 13 segundos para una reducción del tamaño de mineral pasante a la malla 200m del 85%.

Tabla 8

Empleo de reactivos en la prueba A-3894

Etapa	Tiempo		Dosis g/t				
	(min)	pH	ZnSO ₄ (10%)	A-404	A-3894	Z-6(1%)	MIBC
Molienda de relave	10.5	7.3	149.9				
Acondicionamiento	3	7.3		16.4	8.2	20.0	9.8
Concentrado Py -I	0.5	7.3					
Concentrado Py -II	1	7.3					
Concentrado Py -III	2	7.3					
Concentrado Py -IV	4	7.3					
	21	7.3	149.9	16.4	8.2	20.0	9.8

En la prueba donde se emplearon el colector A-3894 de la tabla 8 se tiene una dosificación de 8.2 g/t de A-3894 y los otras condiones estandar se matiene.

4.1.2. Resultados de las pruebas.

a) Resultados de las pruebas de moliendabilidad de relave.

Después de la molienda de relave y su respectivo análisis de malla se obtuvieron que en 10 minutos el 85.45% pasan a la malla 200m es menor a 74 micras y el de 20 minutos tiene el 89.94% pasante a la malla 200.

Tabla 9

Distribución de malla molienda de relave en 10 minutos

T = 10min				
Malla	Peso g	f(x)	G(x)	F(x)
50	73.135	7.314	7.31	92.69
70	12.548	1.255	8.57	91.43
100	13.710	1.371	9.94	90.06
140	17.132	1.713	11.65	88.35
200	28.930	2.893	14.55	85.45
270	176.870	17.687	32.23	67.77
-270	677.675	67.767	100.00	0.00
Total	1000	100.000		

El porcentaje pasante a la malla 200 en la tabla 9 es del 85.45% con una retención del 14.55%, mientras que 67.77% pasante a la malla 270 con una retención del 32.23%.

Tabla 10*Distribución de malla molida de relave en 20 minutos*

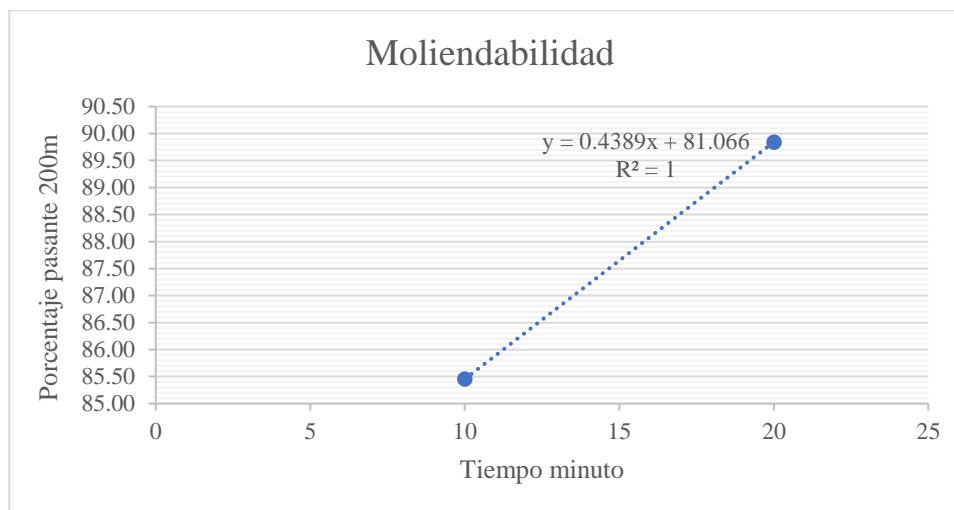
T = 20 min				
Malla	Peso g	f(x)	G(x)	F(x)
50	3.70	0.370	0.37	99.63
70	37.90	3.790	4.16	95.84
100	12.53	1.253	5.41	94.59
140	15.28	1.528	6.94	93.06
200	32.16	3.216	10.16	89.84
270	129.40	12.940	23.10	76.90
-270	769.03	76.903	100.00	0.00
Total	1000	100.000		

El porcentaje pasante a la malla 200 es de 89.84% con un retenido del 10.16% se detalla en la tabla 10, mientras que el 76.90% pasa a la malla 270.

Tabla 11*Moliendabilidad de relave*

Tiempo (min)	%-200m
10	85.45
20	89.84

En la molienda de relave en la tabla 11, sometida al tiempo establecido se tiene que en 10 minutos se reduce del 85.45% pasa a la malla 200 y en 20 minutos se tiene un pasante del 89.94% a dicha malla.

Figura 2*Moliendabilidad de mineral*

En la figura 2 donde la curva de moliendabilidad se ajusta a la ecuación $Y = 0.4389X + 81.066$, donde el porcentaje de liberación pasante a la malla 200 está en relación del tiempo de molienda como resultado a ello para una molienda del 85% pasante a la dicha malla se tiene un tiempo proyectada de 8 minutos con 58 segundos.

b) Prueba estándar.

Los resultados de las pruebas estándar se describen en la tabla 12 donde se realizaron las pruebas de flotación del mineral que contiene oro y plata.

Tabla 12*Balance metalúrgico de la prueba estándar*

Código de Muestra	Peso	Tiempo	Ensayes						
			g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
Cabeza	1000.00	0	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48
Py - I	45.14	0.50	9.24	157.62	0.46	3.93	10.91	32.64	2.57
Py - II	29.797	1.00	8.35	100.40	0.29	2.41	5.59	34.78	3.29
Py - III	35.967	2.00	7.55	77.17	0.20	1.84	2.85	35.29	3.93
Py - IV	44.301	4.00	6.01	58.89	0.12	1.60	1.00	27.22	3.74
Relave Final	845.48		1.07	16.92	0.02	0.70	0.13	7.09	1.16

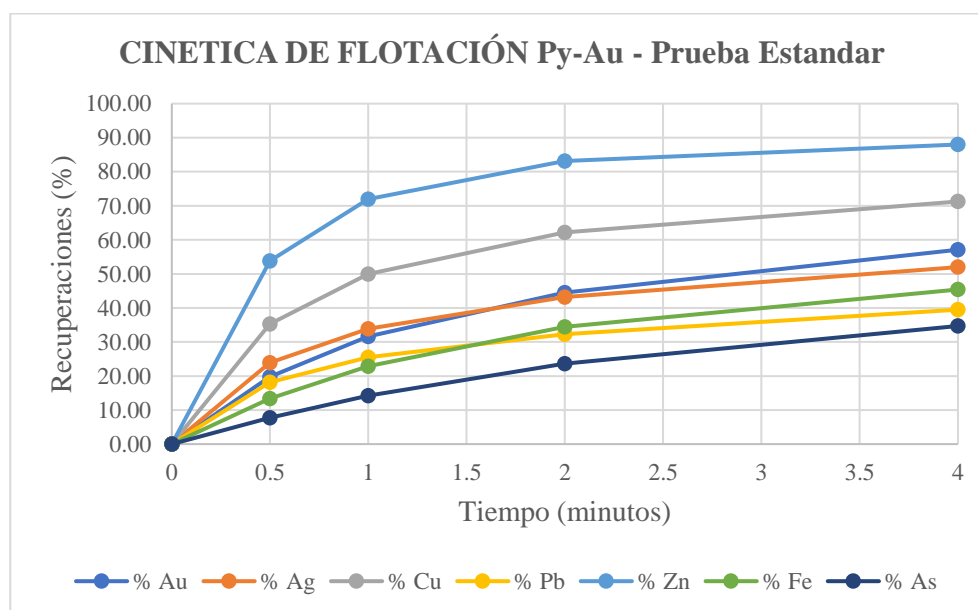
Cab. Calc	1000.68	2.11	29.78	0.06	0.98	0.92	10.97	1.50
		7.76	99.81					

Recuperaciones													
% Au	% Au Acum.	% Ag	% Ag Acum.	% Cu	% Cu Acum.	% Pb	% Pb Acum.	% Zn	% Zn Acum.	% Fe	% Fe Acum.	% As	% As Acum.
100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
19.78	19.78	23.88	23.88	35.30	35.30	18.14	18.14	53.78	53.78	13.42	13.42	7.72	7.72
11.80	31.58	10.04	33.92	14.69	49.99	7.34	25.48	18.19	71.97	9.44	22.86	6.53	14.25
12.88	44.46	9.32	43.23	12.23	62.22	6.77	32.25	11.19	83.16	11.56	34.42	9.41	23.66
12.63	57.09	8.76	51.99	9.04	71.25	7.25	39.49	4.84	88.00	10.98	45.40	11.03	34.70
42.91	100.00	48.01	100.00	28.75	100.00	60.51	100.00	12.00	100.00	54.60	100.00	65.30	100.00
100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	
57.09		51.99											

En la tabla 12 se tiene una calidad de concentrado con 9.24 g/t de oro, 157.62 g/t de plata con una recuperación de 19.78% y 23.88% en 0.5 minutos, mientras se tiene un promedio de calidad de concentrado de 7.76 g/t de oro, 99.81 g/t de plata con una recuperación de 57.09% de oro y 51.99% de plata.

Figura 3

Curva de cinética de recuperación Au-Ag prueba estándar



Se tiene la curva de la cinética de la flotación en la recuperación de oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro y arsénico en la figura 3.

c) Prueba de flotación con ditiofosfato A-242.

Los resultados de la prueba realizado con el promotor A-242 se detalla en la tabla 13 donde se describe las leyes y recuperación del oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro y arsénico en la cabeza relave y los respectivos concentrados.

Tabla 13

Balance metalúrgico de la prueba con promotor A-242

Código de Muestra	Peso	Tiempo	Ensayes						
			g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
Cabeza	1000.00	0	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48
Py - I	37.733	0.50	16.69	182.14	0.55	4.99	12.54	31.85	2.56
Py - II	40.441	1.00	12.17	109.91	0.30	2.54	6.07	35.79	3.39
Py - III	42.327	2.00	9.39	77.17	0.18	1.81	2.77	34.19	3.87
Py - IV	41.445	4.00	7.31	59.60	0.11	1.62	1.06	26.77	3.79
Relave Final	838.43		1.33	16.91	0.03	0.69	0.13	7.05	1.12
Cab. Calc	1000.37		2.94	31.22	0.07	1.01	0.99	11.11	1.49
			11.25	105.31					

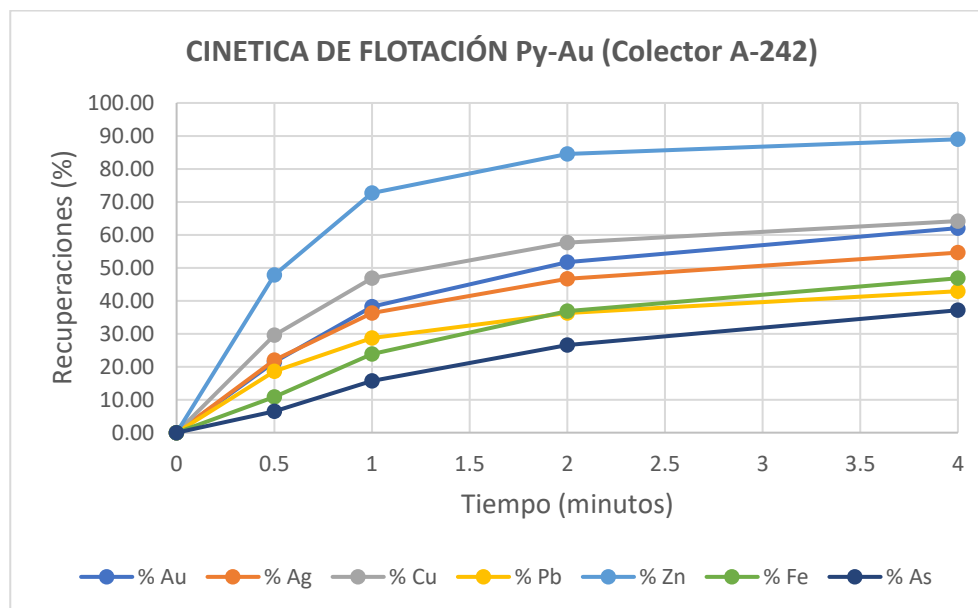
Recuperaciones													
% Au	% Au Acum.	% Ag	% Ag Acum.	% Cu	% Cu Acum.	% Pb	% Pb Acum.	% Zn	% Zn Acum.	% Fe	% Fe Acum.	% As	% As Acum.
100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
21.44	21.44	22.01	22.01	29.56	29.56	18.58	18.58	47.85	47.85	10.81	10.81	6.47	6.47
16.75	38.19	14.23	36.24	17.28	46.83	10.14	28.72	24.83	72.68	13.02	23.83	9.18	15.65
13.53	51.72	10.46	46.70	10.85	57.69	7.56	36.28	11.86	84.53	13.02	36.85	10.97	26.61
10.31	62.04	7.91	54.60	6.49	64.18	6.63	42.91	4.44	88.98	9.98	46.83	10.52	37.13
37.96	100.00	45.40	100.00	35.82	100.00	57.09	100.00	11.02	100.00	53.17	100.00	62.87	100.00
100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	
62.04		54.60											

La calidad del concentrado en la tabla 13, en medio minuto se tiene 16.69 g/t de oro, 182.14 g/t de plata con una recuperación de 21.44% y 22.01% respectivamente, mientras que se tiene un

concentrado total con leyes de 11.25 g/t de oro, 105.31 g/t de plata con una recuperación de 62.04% de oro y 54.60% de plata.

Figura 4

Curva de cinética de flotación de la recuperación de Au-Ag promotor A-242



En la figura 4 la curva de cinética de flotación en la recuperación de Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, As en la prueba con A-242.

d) Prueba de flotación con ditiocarbamato MX-945.

En la prueba realizada con promotor MX-945 se detalla en la tabla 14 las leyes de cabeza, concentrado, y los relaves respecto a oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro y arsénico.

Tabla 14

Balance metalúrgico de la prueba con promotor MX-945

Código de Muestra	Peso	Tiempo	Ensayes						
			g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
Cabeza	1000.00	0	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48
Py - I	42.596	0.50	9.90	168.67	0.52	4.71	11.50	32.26	2.76
Py - II	33.061	1.00	8.54	102.55	0.30	2.45	5.99	34.37	3.17
Py - III	42.263	2.00	7.69	80.16	0.19	1.90	3.13	32.93	3.63

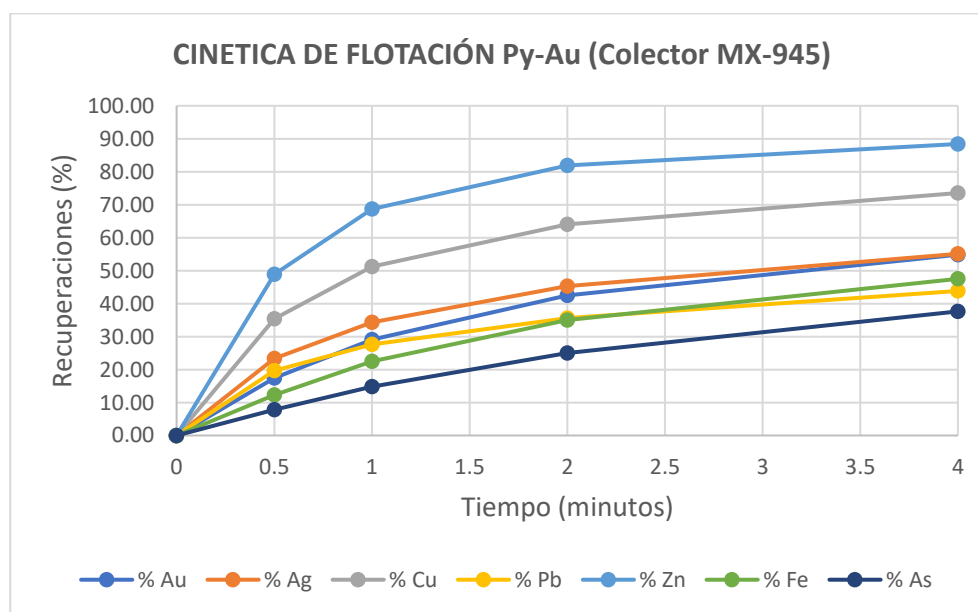
Py - IV	54.078	4.00	5.53	55.76	0.11	1.56	1.21	25.92	3.50
Relave Final	828.48		1.32	16.70	0.02	0.69	0.14	7.07	1.13
Cab. Calc	1000.47		2.42	30.80	0.06	1.02	1.00	11.16	1.50
			7.72	98.71					

Recuperaciones													
% Au	% Au Acum.	% Ag	% Ag Acum.	% Cu	% Cu Acum.	% Pb	% Pb Acum.	% Zn	% Zn Acum.	% Fe	% Fe Acum.	% As	% As Acum.
100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
17.41	17.41	23.32	23.32	35.37	35.37	19.71	19.71	48.91	48.91	12.31	12.31	7.83	7.83
11.66	29.07	11.00	34.32	15.84	51.21	7.96	27.67	19.77	68.68	10.18	22.49	6.98	14.81
13.42	42.49	10.99	45.31	12.82	64.04	7.89	35.55	13.21	81.89	12.47	34.96	10.22	25.03
12.35	54.84	9.79	55.10	9.50	73.54	8.29	43.84	6.53	88.42	12.56	47.52	12.61	37.64
45.16	100.00	44.90	100.00	26.46	100.00	56.16	100.00	11.58	100.00	52.48	100.00	62.36	100.00
100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	
54.84		55.10											

La calidad de concentrado de acuerdo la tabla 14 en medio minuto se tiene para el oro de 9.9 g/t y para la plata de 168.67 g/t, con un concentrado general de 7.72 g/t para el oro, 98.71 g/t para la plata con una recuperación de 54.84% y 55.10% respectivamente.

Figura 5

Curva de la cinética de flotación de la recuperación Au-Ag promotor MX-945



La curva de cinética de flotación en la figura 5 la recuperación para el oro tiende a crecer, mientras que de la plata crece luego tiende a decrecer.

e) Prueba de flotación con ditiofosfato A-3926.

Los resultados del análisis químico y los pesos de la flotación y relave se encuentran en la tabla 15 respecto a los concentrados y elementos presente como oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro y arsénico.

Tabla 15

Balance metalúrgico de la prueba con promotor A-3926

Código de Muestra	Peso	Tiempo	Ensayes						
			g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
Cabeza	1000.00	0	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48
Py - I	45.58	0.50	8.71	138.51	0.41	3.30	8.80	33.13	3.13
Py - II	33.02	1.00	7.76	108.94	0.30	2.60	5.82	32.77	3.31
Py - III	39.526	2.00	6.95	94.00	0.24	2.29	4.25	31.76	3.39
Py - IV	58.877	4.00	5.22	59.01	0.12	1.63	1.47	23.94	3.20
Relave Final	823.57		1.19	17.31	0.02	0.68	0.14	7.15	1.14
Cab. Calc	1000.58		2.21	31.34	0.06	0.98	0.96	11.14	1.51
			6.98	96.61					

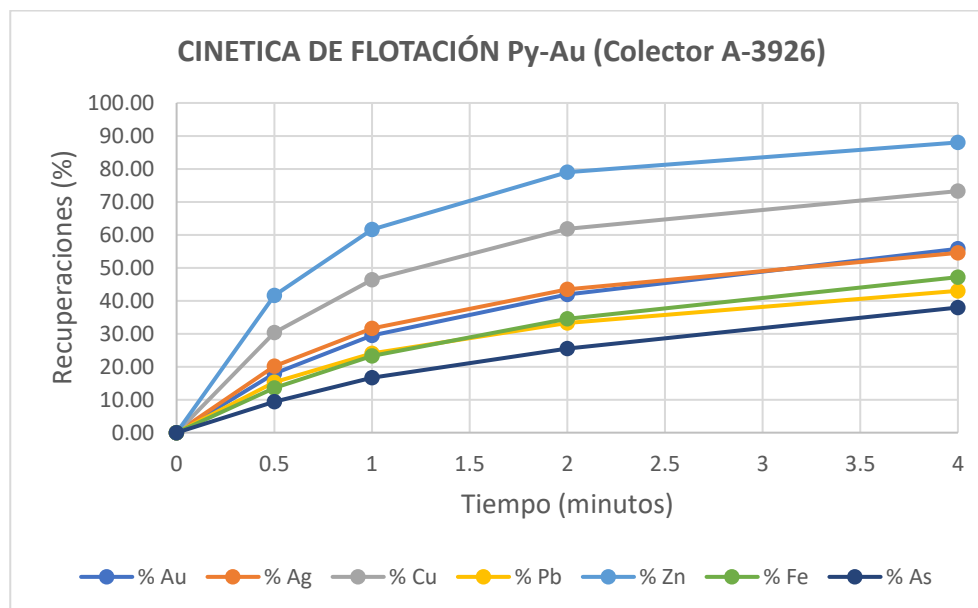
Recuperaciones													
% Au	% Au Acum.	% Ag	% Ag Acum.	% Cu	% Cu Acum.	% Pb	% Pb Acum.	% Zn	% Zn Acum.	% Fe	% Fe Acum.	% As	% As Acum.
100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
17.92	17.92	20.13	20.13	30.33	30.33	15.30	15.30	41.65	41.65	13.55	13.55	9.43	9.43
11.57	29.49	11.47	31.61	16.08	46.41	8.74	24.04	19.95	61.60	9.71	23.26	7.22	16.65
12.40	41.89	11.85	43.46	15.40	61.80	9.21	33.25	17.44	79.04	11.26	34.52	8.85	25.51
13.87	55.76	11.08	54.54	11.47	73.27	9.77	43.02	8.99	88.03	12.65	47.17	12.45	37.96
44.24	100.00	45.46	100.00	26.73	100.00	56.98	100.00	11.97	100.00	52.83	100.00	62.04	100.00
100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	
55.76		54.54											

La calidad y las recuperaciones en la tabla 15, el concentrado en medio minuto tiene 8.71 g/t de oro 138.51 g/t de plata con una recuperación de 17.92% de oro y 20.13% de plata y un

concentrado total promedio de 6.98 g/t de oro y 96.61 g/t de plata con una recuperación en la flotación del orden de 55.76% y 54.54% respectivamente.

Figura 6

Curva de cinética de flotación recuperación Au-Ag promotor A-3926



La curva de cinética de flotación respecto su recuperación con A-3926 en la figura 6, la plata crece luego decrece, mientras que el oro tiene a crecer.

f) Prueba de flotación con ditiocarbamato MX-5160.

Con el uso del colector MX-5160 se tiene una distribución de los pesos del concentrado, cabeza, relave y las leyes de los elementos que se tiene en consideración de detalla en la tabla 16.

Tabla 16

Balance metalúrgico de la prueba con promotor MX-5160

Código de Muestra	Peso	Tiempo	Ensayes						
			g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
Cabeza	1000.00	0	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48
Py - I	56.648	0.50	11.94	155.78	0.47	3.94	9.92	33.59	2.85
Py - II	33.67	1.00	8.55	91.42	0.25	2.22	4.94	34.35	3.40
Py - III	39.06	2.00	6.75	69.42	0.15	1.72	2.48	31.14	3.48

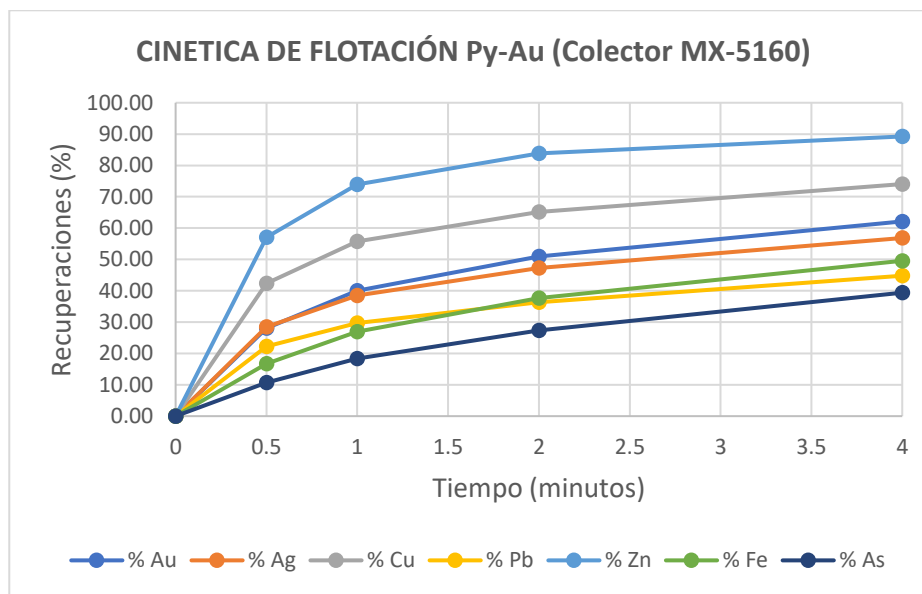
Py - IV	56.192	4.00	4.8	52.86	0.10	1.51	0.95	24.14	3.23
Relave Final	815.15		1.12	16.38	0.02	0.68	0.13	7.03	1.12
Cab. Calc	1000.72		2.41	30.91	0.06	1.00	0.98	11.35	1.51
			8.07	94.76					

Recuperaciones													
% Au	% Au Acum.	% Ag	% Ag Acum.	% Cu	% Cu Acum.	% Pb	% Pb Acum.	% Zn	% Zn Acum.	% Fe	% Fe Acum.	% As	% As Acum.
100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
28.06	28.06	28.52	28.52	42.38	42.38	22.22	22.22	57.08	57.08	16.75	16.75	10.72	10.72
11.94	40.00	9.95	38.47	13.40	55.78	7.44	29.67	16.89	73.97	10.18	26.92	7.60	18.32
10.94	50.94	8.76	47.24	9.33	65.11	6.69	36.36	9.84	83.81	10.70	37.63	9.02	27.34
11.19	62.13	9.60	56.84	8.94	74.05	8.45	44.81	5.42	89.24	11.94	49.57	12.05	39.39
37.87	100.00	43.16	100.00	25.95	100.00	55.19	100.00	10.76	100.00	50.43	100.00	60.61	100.00
100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	
62.13		56.841											

La calidad de concentrado en la tabla 16 para un tiempo de medio minuto se tiene 11.94 g/t de oro, 155.78 g/t de plata con una recuperación de 28.06% y 28.52% respectivamente para el promotor o colector secundario MX-5160. Una calidad de concentrado total se tiene de 8.07g/t de oro, 94.76 g/t de plata con una recuperación del orden de 62.13% y 56.84% para el oro y la plata respectivamente.

Figura 7

Curva de la cinética de flotación recuperación Au-Ag promotor MX-5160



La curva de cinética de recuperación en la flotación en la figura 7 para el oro crece mientras que para la plata tiene también a crecer al emplear el promotor o colector MX-5160.

g) Prueba de flotación con ditiofosfato A-3894.

Las leyes y los pesos obtenidos de la prueba realizada con el colector A-3894 se describen en la tabla 17 y el tiempo empleado para la extracción de muestra.

Tabla 17

Balance metalúrgico de la prueba con promotor A-3894

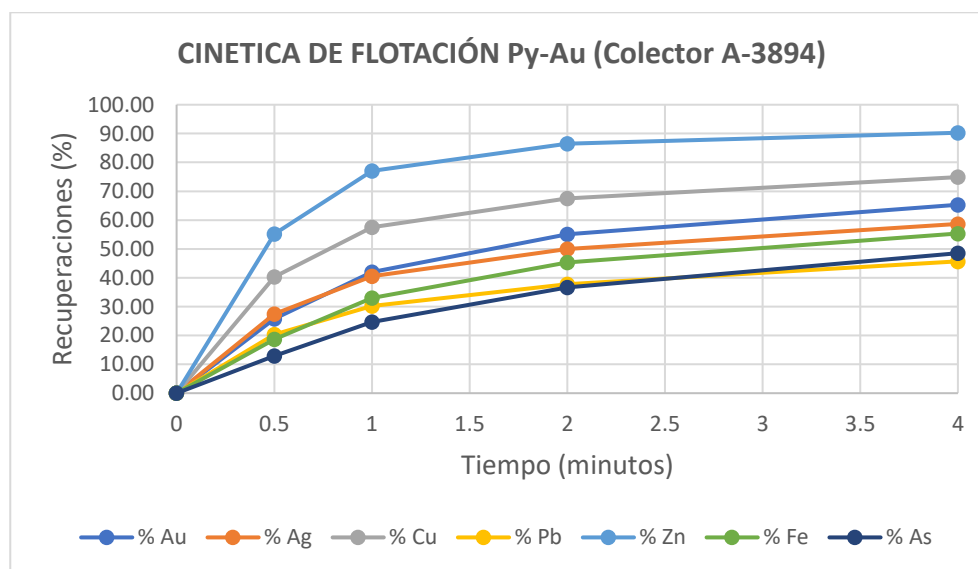
Código de Muestra	Peso	Tiempo	Ensayes						
			g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Fe	% As
Cabeza	1000.00	0	1.89	31.75	0.07	1.06	0.99	10.94	1.48
Py - I	62.363	0.50	9.96	135.62	0.41	3.20	8.69	34.19	3.10
Py - II	45.525	1.00	8.61	89.12	0.24	2.13	4.71	35.69	3.87
Py - III	44.961	2.00	7.00	64.98	0.14	1.65	2.08	31.35	4.02
Py - IV	52.411	4.00	4.7	50.82	0.09	1.49	0.70	21.71	3.39
Relave Final	795.85		1.05	16.02	0.02	0.67	0.12	6.39	0.97
Cab. Calc	1001.11		7.67	88.18	0.06	0.98	0.98	11.38	1.50

Recuperaciones													
% Au	% Au Acum.	% Ag	% Ag Acum.	% Cu	% Cu Acum.	% Pb	% Pb Acum.	% Zn	% Zn Acum.	% Fe	% Fe Acum.	% As	% As Acum.
100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
25.78	25.78	27.42	27.42	40.31	40.31	20.32	20.32	55.18	55.18	18.72	18.72	12.89	12.89
16.27	42.04	13.15	40.57	17.23	57.54	9.87	30.20	21.83	77.02	14.27	32.99	11.75	24.64
13.06	55.10	9.47	50.04	9.92	67.47	7.55	37.75	9.52	86.54	12.38	45.36	12.05	36.69
10.22	65.32	8.63	58.67	7.44	74.90	7.95	45.70	3.74	90.28	9.99	55.35	11.85	48.53
34.68	100.00	41.33	100.00	25.10	100.00	54.30	100.00	9.72	100.00	44.65	100.00	51.47	100.00
100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	
65.32		58.672											

Los resultados más resaltantes en la prueba realizado con A-3894 descrita en la tabla 17 se tiene el concentrado de pirita en medio minuto con 9.96 g/t de oro, 135.62 g/t de plata que representa una recuperación de 25.78% y 27.42% de oro y plata. Por otro lado, la calidad del concentrado promedio obtenido es de 7.67 g/t de oro y 88.18 g/t de plata que representa el 65.32% para el oro y 58.67% para la plata respecto al oro y plata que ingresa en el mineral.

Figura 8

Curva de cinética de flotación recuperación Au-Ag promotor A-3894



La curva de recuperación en la flotación en la figura 8 para el oro y plata tiende a crecer.

4.2. Contrastación de hipótesis.

4.2.1. Contrastación de hipótesis general.

Ha: El efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves permitirá la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

Ho: El efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves no permitirá la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

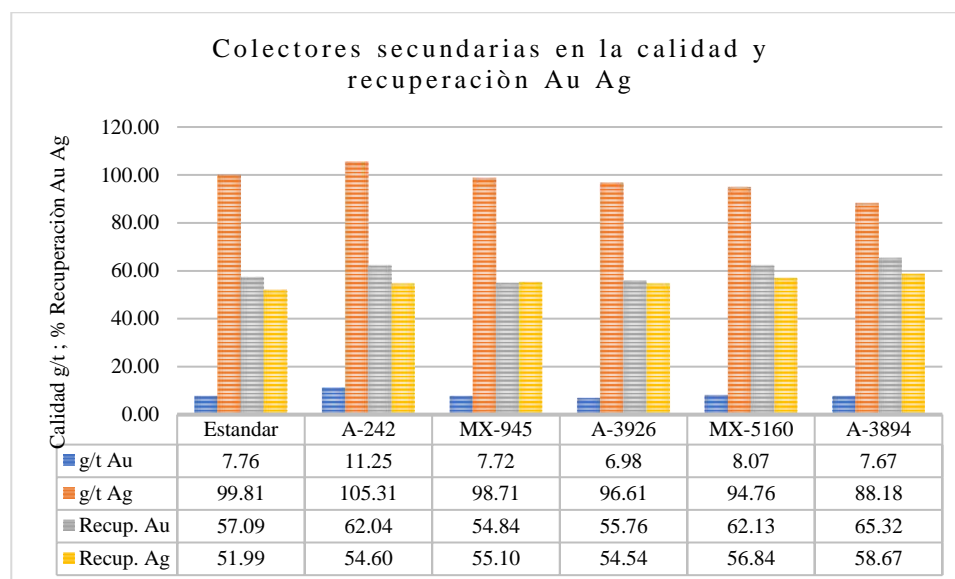
Tabla 18

Colectores secundarios en la calidad y recuperación de Au-Ag

Prueba	g/t Au	g/t Ag	Recup. Au	Recup. Ag
Estándar	7.76	99.81	57.09	51.99
A-242	11.25	105.31	62.04	54.60
MX-945	7.72	98.71	54.84	55.10
A-3926	6.98	96.61	55.76	54.54
MX-5160	8.07	94.76	62.13	56.84
A-3894	7.67	88.18	65.32	58.67

Figura 9

Colectores Secundarios en calidad y recuperación Au-Ag



De acuerdo la tabla 18 y la figura 9 prevalece la hipótesis alternativa para el colector A-242 respecto a la calidad y sobre recuperación A-3894 para el oro y la plata.

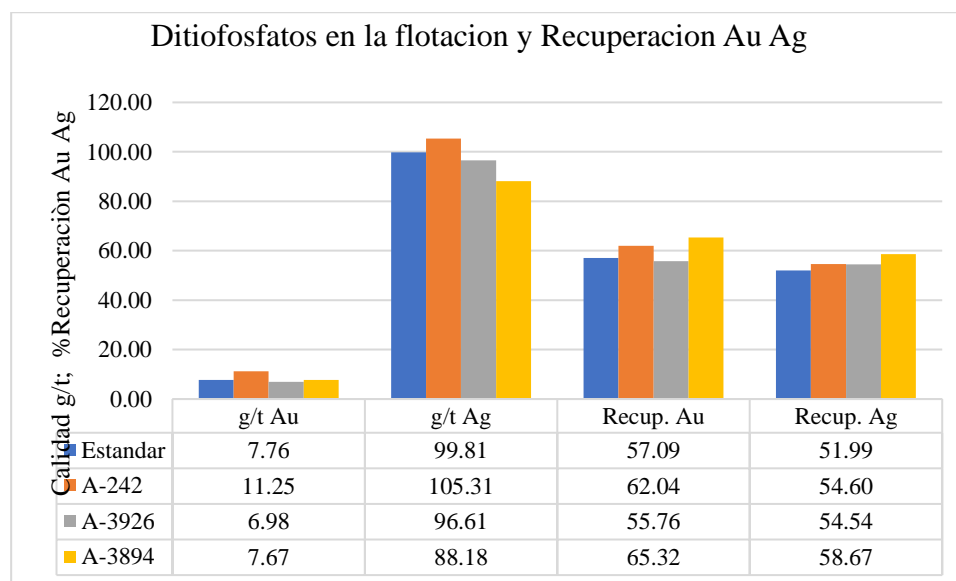
4.2.2. Contrastación de hipótesis específicos.

Ha: De los colectores secundarios ditiofosfatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

Ho: De los colectores secundarios ditiofosfatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos **no** tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

Tabla 19*Ditiofosfato en la flotación respecto calidad y recuperación de Au,Ag*

Prueba	g/t Au	g/t Ag	Recup. Au	Recup. Ag
Estándar	7.76	99.81	57.09	51.99
A-242	11.25	105.31	62.04	54.60
A-3926	6.98	96.61	55.76	54.54
A-3894	7.67	88.18	65.32	58.67

Figura 10*Empleo de ditiofosfato en flotación en calidad y recuperación de Au, Ag*

En la tabla 19 y la figura 10 respecto la hipótesis alternativa predetermina para el ditiofosfato el A-242 en la calidad y en la recuperación el A-3894.

Ha: De los colectores secundarios ditiocarbamatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la piritita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

Ho: De los colectores secundarios ditiocarbamatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos **no** tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.

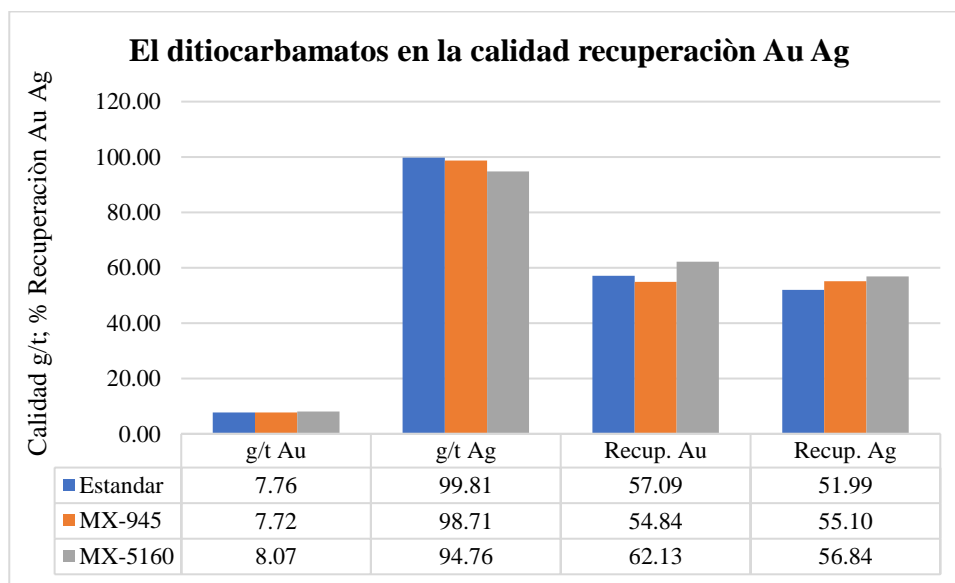
Tabla 20

Ditiocarbamatos en la flotación respecto calidad y recuperación de Au , Ag

Prueba	g/t Au	g/t Ag	Recup. Au	Recup. Ag
Estándar	7.76	99.81	57.09	51.99
MX-945	7.72	98.71	54.84	55.10
MX-5160	8.07	94.76	62.13	56.84

Figura 11

Empleo de ditiocarbamatos en la flotación en calidad y recuperación de Au , Ag



De acuerdo los datos de la tabla 20 y la figura 11 la hipótesis alternativa tiene injerencia ya que el MX-5160 tiene la mejor calidad y recuperación.

Capítulo V

Discusión

5.1 Discusión de resultados.

En la aplicación sobre el efecto de los colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera, se sometieron un mineral con una ley de 1.89 g/t de oro, 31.75 g/t de plata con una liberación del 85% menor a la malla 200 en un espacio de 10 minutos con 13 segundos, para 1000 gramos de relave y 500 ml de agua en la molienda, empleando sulfato de zinc 150 g/t, A-404 16 g/t, Z-6 20 g/t y 10 g/t de MIBC, con un acondicionamiento de 3 minutos y flotación sucesiva de 0.5 minutos, 1 minuto, 2 minutos y 4 minutos con las pruebas estándar donde emplearon 21 minutos a pH de 7.3, 149.9 g/t de sulfato de zinc, 16.4 g/t A-404, 20 g/t Z.6, y 9.8 g/t MIBC, para las pruebas con promotores de 8.2 g/t de A-242, MX-945, A-3926, MX-5160, A-3894, obteniendo la mejor alternativa con A-242 un concentrado de pirita con calidad de 11.25 g/t de Au, 105.31 g/t de plata con recuperaciones de 62.04% y 54.60% de oro y plata respectivamente, mientras que A-3894 se obtuvieron recuperación de 65.32% y 58.67% para el oro y la plata con leyes de concentrado 7.67 g/t Au y 88.18 g/t de plata. Por otra parte, los valores de oro no recuperables están relacionado por el proceso de cianuración y el tamaño de partícula 104 μm que se encuentra en el d80 (Osorio, 2019). El porcentaje de sólido en la pulpa en orden de 33% y el promotor A-404 al 10% tiene mayor influencia en la recuperación (Romero, Romero, & Redrovan, 2019). La presencia del oro en las colas disminuye con los colectores xantogenato obteniendo una recuperación de 84.59% (Gulzhan, Mels, & Kulzhamal, 2020). Se llega que los trabajos realizados los promotores tiene a mejora la recuperación de oro tanto en calidad y recuperación.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones.

Sobre el “Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera” en relación a los resultados obtenidos y los objetivos trazados se concluye:

Que el promotor A-242 tiene mejor influencia en la calidad de concentrado con una ley de 11.25 g/t de oro y 105.31 g/t para la plata con una recuperación de 62.04% y 54.60% respectivamente, mientras que en la recuperación se encuentra A-3894 con 65.32% y 58.67% para el oro y la plata respectivamente con leyes de 7.67 g/t Au y 88.18 g/t para la Ag.

Para los colectores secundarios de ditiofosfato se tiene el A-242 con leyes de concentrado de pirita con calidad de 11.25 g/t Au, 105.31 g/t Ag, mientras que en la recuperación el colector A-3894 con 65.32% de oro y 58.67% para la plata.

En los colectores secundarios de ditiocarbamatos se tiene el colector MX-5160 con 8.07 g/t de oro y 94.76 g/t de plata con recuperación de 62.13% de oro y 56.84% de plata.

6.2 Recomendaciones.

Las recomendaciones para el estudio realizado “Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera” se tiene los siguientes:

Realizar una prueba más detallada donde involucran los 3 procesos desbaste, depuración y limpieza para poder ver mejor y tener una proyección a planta.

Se debe realizar proceso cíclico para que puedan ser más acorde a los procesos reales y tener una visión más real del proceso y su proyección a planta.

Realizar pruebas de flotación con diferentes granulometrías y el estudio geometalurgia para ver en que tamaño de partícula se encuentra el oro y su asociación en función a ello se debe liberar el mineral.

Se recomienda que los relaves producto del proceso de flotación debe ser depositados herméticamente o enviados como relleno hidráulico a los socavones donde fueron extraídos el mineral. Y a la vez como medida correctiva para minimizar la contaminación se puede fabricar ladrillos eco amigables, debido a que el relave ya se encuentra liberado, de esa manera se estaría minimizando la extracción de la materia prima.

Capítulo VII

Referencias Bibliográficas

- Abraitis, P., Pattrick, R., & Vaughan, D. (2004). Variations in the compositional, textural and electrical properties of natural pyrite: a review. *International Journal of Mineral Processing*, 41-59. doi:<https://doi.org/10.1016/j.minpro.2003.09.002>
- Añazero, A. (2015). *Flotación y concentración de minerales*. Lima: Colecciones Jovic.
- Baisui, H. (2018). Development of Copper Recovery Processes from Low-Grade-Copper Resources by Flotation and High-Pressure Oxidative Leaching. *PhD Tesis*. Akita University. Obtenido de https://air.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=3205&item_no=1&attribute_id=46&file_no=2
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson educación .
- Biswas, A., & Davenport, W. (2013). *Extractive Metallurgy of Copper: International Series on Materials Science and Technology*. Oxford: D. W. Hopkins.
- Castellon, C., Toro, N., Galvez, E., Robles, P., Leiva, W., & Jeldres, R. (2022). Froth Flotation of Chalcopyrite/Pyrite Ore: A Critical Review [Flotación de espuma de calcopirita/mineral de pirita: una revisión crítica]. *Review. Materials*, 15(6536), 1-42. doi:<https://doi.org/10.3390/>
- Chander, S. (1991). Electrochemistry of sulfide flotation: Growth characteristics of surface coatings and their properties, with special reference to chalcopyrite and pyrite. *International Journal of Mineral Processing*, 121-134. doi:[https://doi.org/10.1016/0301-7516\(91\)90047-M](https://doi.org/10.1016/0301-7516(91)90047-M)

- Dong, J., & Xu, M. (2011). Evaluation of environmentally friendly collectors for xanthate replacement. *Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors Conference*, (págs. 289-302). Ottawa.
- Dong, X. (2016). Soft Nanoparticle Flotation Collectors. *Thesis for the Degree Doctor of Philosophy*. McMaster University, Hamilton. Obtenido de https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/20957/2/PhD%20Thesis_%20Xiaofei%20Dong_1252601.pdf
- Frank Leon, J. D. (2019). Efecto del porcentaje de sólidos en la flotación de la galena a partir de un mineral de bajo grado de plomo-zinc en la Compañía Minera Casapalca S.A. *Tesis para título profesional*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6012/T010_70135839_T_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Cordoba: Editorial Brujas. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=9UDXPe4U7aMC&newbks=1&newbks_redir=0&printsec=frontcover&pg=PA85&dq=dise%C3%B1o+de+investigaci%C3%B3n+experimental&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20de%20investigaci%C3%B3n%20experimental&f=false
- Guanuchi, L., & Romero, D. (2020). Recuperación de metales por flotación de relaves auríferos en la sociedad civil minera “Goldmins” ubicada en el Cantón Zaruma. *Tesis para título profesional*. Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15659/1/T-3585_GUANUCHI%20OCAMPO%20LISSETTE%20PAULETTE.pdf

- Gül, A., Yüce, E., Sirkeci, A., & Özer, M. (2008). Use of non-toxic depressants in the selective flotation of copper-lead-zinc ores. *Use of non-toxic depressants in the selective flotation of copper lead-zinc ores*, 11-118. Obtenido de 10.1179/000844308794408425
- Gulzhan, A., Mels, S., & Kulzhamal, N. (2020). Flotation enrichment of resistant gold ores [Enriquecimiento por flotación de minerales de oro resistentes]. *II International Conference Essays of Mining Science and Practice*, (págs. 1-9). doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016800005>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Huacca, M. (2021). Optimización del proceso de flotación de minerales auríferos en celda flash para mejorar la recuperación de oro en la empresa minera Cori Puno. *Tesis para título profesional*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16958/Huacca_Mamani_Milwar_Erick.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez Ávila, J. M., & Gabriela Vázquez, A. (2023). *La investigación aplicada a la práctica clínica. Incubadora de investigadores*. Editorial digital. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=UmmwEAAAQBAJ&newbks=1&newbks_redir=0&printsec=frontcover&dq=investigaci%C3%B3n+aplicada+seg%C3%BAn+autores&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q=investigaci%C3%B3n%20aplicada%20seg%C3%BAn%20autores&f=false
- Katherine Castilla, Y. C. (2019). Crecimiento de la tasa de recuperación de los minerales de plomo, zinc y plata en la etapa de concentración de minerales de la minera volcan s.a.a. *Tesis para*

- titulo profesional*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3364>
- Keller, C. (1925). *Patente n° 1,554,216*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US1554216A/en>
- Kydros, K., Gallios, G., & Matis, K. (1994). Electrolytic Flotation of Pyrite [Flotación Electrolítica de Pirita]. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 59, 223–232. doi:<https://doi.org/10.1002/jctb.280590303>
- Lin, I. (1989). The effect of seasonal variations in temperature on the performance of mineral processing plants. *Minerals Engineering*, 47-54. doi:[https://doi.org/10.1016/0892-6875\(89\)90064-2](https://doi.org/10.1016/0892-6875(89)90064-2)
- Lopez, P. (2020). “Estudio y análisis de pruebas de flotación en minerales auríferos”. *Tesis para titulo profesional*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/818e7ce7-e7b2-4961-b788-8f6f78d1019e/content>
- Merino, P. (2019). *Flotacion de cobre soluble en planta*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepcion, Atacama.
- Molina Vergara, I. (2017). *Estudio del efecto de la aplicación de espumantes en el proceso de flotación*. Santiago.
- Nicholson, R., Gillham, R., Cherry, J., & Reardon, E. (1989). Reduction of acid generation in mine tailings through the use of moisture-retaining cover layers as oxygen barriers. *Canadian Geotechnical Journal*, 402-403. doi:10.1139/t90-052
- Osorio, J. (2019). Alternativa metalúrgica (sonometalurgia) para la separación selectiva de minerales auríferos en relaves mineros. *Tesis para título de Maestría*. Universidad

- Nacional de Colombia, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76930/1017185513.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paola, M. (2019). Flotación de Cu soluble en la planta de concentración Salvador/Codelco. *Informe de memorio de titulo*. Universidad de Concepcion, Atacama. Obtenido de http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/336/1/Tesis_Flotacion_de_cobre_soluble_en_planta_concentradora.Image.Marked.pdf
- Raju, G., & Khangaonkar, P. (1987). Electroflotación de finos de calcopirita con dietilditiocarbamato de sodio como colector. *Revista internacional de procesamiento de minerales*, 13(3), 211-221. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301751684900048?via%3Dihub>
- Rao, R. (2012). *Surface Chemistry of Froth Flotation: Volume 1: Fundamentals* (2da edición ed.). Springer.
- Romero, H., Romero, D., & Redrovan, F. (2019). Efecto de la variación de los colectores Z6, 404 y 1208 en la flotación a granel de piritita y arsenopiritita aurífera. *Revista Boliviana de Química*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602019000200002
- Rutledge, J., & Anderson, C. (2015). Tannins in Mineral Processing and Extractive Metallurgy. *Metals*, 1520-1542. doi:<https://doi.org/10.3390/met5031520>
- Wills, B., & Finch, J. (2015). *Wills' Mineral Processing Technology - An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery (Eight ed.)* (8a edición ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

Wills, B., & Napier-Munn, T. (2006). *Wills' Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery* (7a edición ed.). Butterworth-Heinemann.

Yamashiro, A. (2012). *Cianuración de concentrados pirrotíticos auríferos con etapa de pretratamiento de oxidación con aire*. Lima: Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1333/1/Yamashiro_ba.pdf.

Yang, S. (2011). Nanoparticle Flotation Collectors. *Tesis de Posgrado*. McMaster University, Ontario. Obtenido de <https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/11950/1/fulltext.pdf>

Anexos

Anexo 1 Localización



Anexo 3 Matriz de Consistencia

Título: “Efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera”

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
Generales	<i>X: Independiente</i>					
	¿Cuál es el efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves para la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.?	Evaluar el efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves en la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.	El efecto de colectores secundarios en el tratamiento de relaves permitirá la flotación de pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.	Efecto de colectores en el tratamiento de relaves	- Ditiolosfosatos - Ditiocarbomatos	Tipo de investigación: Aplicada. Nivel de Investigación: Explicativo.
Específico	<i>Y: Dependiente</i>					
	¿Cuál de los colectores secundarios ditiolosfosatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.?	Evaluar cuál de los colectores secundarios ditiolosfosatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.	De los colectores secundarios ditiolosfosatos A-242, A-3926 y A-3894 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.	Flotación de pirita aurífera	- Mineral - Dosificación de reactivos	Diseño de Investigación: Experimental.
¿Cuál de los colectores secundarios ditiocarbomatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.?	Evaluar cuál de los colectores secundarios ditiocarbomatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación tiene mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.	De los colectores secundarios ditiocarbomatos MX-945 y MX-5160 en el tratamiento de relaves por flotación uno de ellos tendrá mejor efecto en la calidad y recuperación de oro en el concentrado de la pirita aurífera en la planta Copperfield Perú S.A.C.	Enfoque de Investigación: Cuantitativo.			
						Población y muestra: Población: 50 kilos de mineral Muestra: 44 kilos Técnica: Cuantitativa: Flotación selectiva Procesamiento Información: SPSS (versión prueba) y Excel

