



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores para ver la calidad y
recuperación de cobre plata y oro en la Planta Virgen del Rosario**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autores

Tommy Fernando Carbajal Carrillo

Brandon Scott Flores Muñoz

Asesor

Dr. Joaquín José Abarca Rodríguez



JOAQUÍN JOSÉ
ABARCA RODRIGUEZ
INGENIERO METALURGICO
Reg. CIP Nº 108833

Huacho - Perú

2026



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
Tommy Fernando Carbajal Carrillo	74417761	23 – 04 - 2026
Brandon Scott Flores Muñoz	71957628	23 – 04 - 2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Joaquín José Abarca Rodríguez	15740291	https://orcid.org/0000-0003-1004-3824
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Máximo Tomás Salcedo Meza	15602588	https://orcid.org/0000-0002-6190-3794
Máximo Cisneros Tejeira	23904230	https://orcid.org/0000-0001-7953-9559
Delicias Eufemia Natividad Huasupoma	15740030	https://orcid.org/0000-0001-5142-6392

2025-004741 Flores Muñoz 2026-010869 Carbajal C...

Tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores para ver la calidad y recuperación de cobre plata y...

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE FIQyM - PREGRADO - 2026

Unidad de Investigación de la FIQyM - 2026

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3492233021

Fecha de entrega

26 feb 2026, 3:35 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

26 feb 2026, 3:44 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_CARBAJAL_Y_FLORES.docx

Tamaño del archivo

3.9 MB

81 páginas

17.019 palabras

89.084 caracteres



Página 2 de 87 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3492233021

16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado especialmente a todas las personas que ayudaron a seguir desarrollando esta tesis, especialmente a los padres que siempre nos dijeron que estudiáramos y termináramos la carrera y al creador Dios todo poderoso por permitirme llegar hasta acá e iluminar el camino y a la familia

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi asesor de tesis al Ing. Joaquín Abarca por su apoyo y orientación durante todo este proceso de investigación. A pesar de los obstáculos que he enfrentado en la vida, he mantenido mi determinación, dedicación, perseverancia y resiliencia. Además, agradezco a la familia por su aliento y confianza en mí para completar esta investigación

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	7
INDICE FIGURA	10
INDICE DE TABLA	11
ANEXO.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	17
1.2 Formulación del Problema.....	19
1.2.1 Problema General.....	19
1.2.2 Problemas Específicos.	19
1.3 Objetivos de la Investigación.....	19
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	19
1.3.2 <i>Objetivo Específico</i>	19
1.4 Justificación de la Investigación.....	20
1.5 Delimitación del Estudio	21
1.5.1 <i>Delimitación de Territorio</i>	21
1.5.2 <i>Delimitación de Tiempo Espacio</i>	21
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	22

2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	22
2.1.1.	<i>Investigación Internacional.....</i>	22
2.1.2.	<i>Investigación Nacional.....</i>	23
2.2.	Bases Teóricas.....	25
2.2.1.	<i>Menas polimetálicas de cobre plata y oro</i>	25
2.2.2.	<i>Principios de flotación selectiva.</i>	25
2.2.3.	<i>Variable que interviene en la flotación de minerales.....</i>	26
2.2.4.	<i>Depresores en el tratamiento de menas polimetálicas.....</i>	28
2.2.5.	<i>Colectores en el tratamiento de menas polimetálicas de cobre oro y plata.</i>	30
2.2.6.	<i>Interacciones entre cobre plata oro en la flotación.....</i>	32
2.2.7.	<i>Evaluación de la calidad y recuperación.....</i>	32
2.2.8.	<i>Avances tecnológicos en el tratamiento de menas polimetálicas.....</i>	33
2.3.	Definiciones conceptuales.....	35
2.4.	Hipótesis de la Investigación.....	37
2.4.1.	Hipótesis General	37
2.4.2.	Hipótesis Específicos.....	37
2.5.	Operacionalización de Variables e Indicadores.....	38
CAPITULO III METODOLOGÍA.....		39
3.1.	Diseño Metodológico.....	39
3.2.	Población y Muestra.....	40
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	41
3.4.	Técnicas para el Procesamiento de la Información.....	42
CAPITULO IV RESULTADOS.....		43

4.1.	Análisis de Resultados.....	43
4.1.1.	Condiciones de trabajo.....	43
4.1.2.	Resultados.	45
4.2.	Contrastación de Hipótesis.	49
2.5.1.	Contrastación de Hipótesis General.	49
2.5.2.	Contrastación de Hipótesis Específicos.	57
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.....		60
5.1.	Discusión de Resultados.....	60
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		62
6.1.	Conclusiones.....	62
6.2.	Recomendaciones.....	63
CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		65
7.1.	Referencias bibliográficas.....	65
ANEXOS.....		73

INDICE FIGURA

Figura 1 Variables que interviene en el proceso de flotación de los minerales	26
Figura 2 Molienda y flotación de cobre	43
Figura 3 Calidad de concentrado Ag, Cu	48
Figura 4 Recuperación de plata y oro.....	49

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Operacionalización de las variables e indicadores	38
Tabla 2 Reactivos depresores en el circuito de molienda y flotación	44
Tabla 3 Reactivos colectores, promotores y espumantes en molienda y flotación	44
Tabla 4 Dosis de reactivo depresores y complejos en las 6 pruebas de flotación	44
Tabla 5 Dosis de reactivo colectores, promotores en las 6 pruebas de flotación	45
Tabla 6 Dosis de reactivo en el circuito de flotación	45
Tabla 7 Resultado del análisis químico del circuito de flotación.....	46
Tabla 8 Distribución de los elementos metálicos en el circuito de flotación	46
Tabla 9 Leyes de cabeza, concentrado de las 6 pruebas	47
Tabla 10 Leyes de relave y recuperación de plata y cobre de las 6 pruebas	47
Tabla 11 Medidas de ajuste del modelo para el cobre	50
Tabla 12 análisis de varianza en la calidad de cobre en el concentrado.....	50
Tabla 13 Análisis de varianza en la recuperación de cobre	50
Tabla 14 Medidas de ajuste del modelo para la recuperación de plata	51
Tabla 15 Análisis de varianza para recuperación de plata Z-11/Bisulfito de sodio.....	51
Tabla 16 Análisis de varianza para recuperación de plata Z-11/Mezcla RCSC	51
Tabla 17 Análisis de varianza para recuperación de plata Z-11/ ZnSO ₄	52
Tabla 18 Ajuste de modelo para la calidad y recuperación de oro.....	52
Tabla 19 Análisis de varianza de la calidad de oro y Z-11 / Mezcla RCSC Sulfato de zinc	53
Tabla 20 Análisis de varianza para la ley de oro en relación Z-11 / Mezcla y bisulfito	54
Tabla 21 Análisis de varianza para la ley de oro en el concentrado en relación de Z-11 / Bisulfito Sulfato de zinc.....	54

Tabla 22 Análisis de varianza en la recuperación de oro en relación a Z-11 / Mezcla RSCS	54
Tabla 23 Análisis de varianza de la recuperación de oro en relación de Z-11 / sulfato de zinc Mezcla RCSC.....	55
Tabla 24 Análisis de varianza de la recuperación de oro en relación de Z-11 / Mezcla RCSC bisulfito	55
Tabla 25 Análisis de varianza de la recuperación de oro en relación a Z-11 / Bisulfito Sulfato de zinc	55
Tabla 26 Análisis de varianza para Z-11 y su recuperación de Au, Ag y Cu	57
Tabla 27 Análisis de varianza para la calidad de concentrado respecto a los depresores.....	58
Tabla 28 Análisis de varianza de calidad y recuperación en relación a los depresores y colectores	59

ANEXO

Anexo 1 localización de la planta Virgen del Rosario	74
Anexo 2 Matriz de consistencia.	75
Anexo 3 Dosis de reactivo en la prueba 1.....	76
Anexo 4 Puebla 1 Balance metalúrgico	76
Anexo 5 Dosis de reactivo en la prueba 2.....	77
Anexo 6 Puebla 2 Balance metalúrgico	77
Anexo 7 Dosis de reactivo en la prueba 3.....	78
Anexo 8 Puebla 3 Balance metalúrgico	78
Anexo 9 Dosis de reactivo en la prueba 4.....	79
Anexo 10 Puebla 4 Balance metalúrgico	79
Anexo 11 Dosis de reactivo en la prueba 5.....	80
Anexo 12 Puebla 5 Balance metalúrgico	80
Anexo 13 Dosis de reactivo en la prueba 6.....	81
Anexo 14 Puebla 6 Balance metalúrgico	81
Anexo 15 Análisis de recuperación colector.....	82
Anexo 16 Análisis de calidad de concentrado.....	82
Anexo 17 análisis de colectores y depresores	82

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tratamiento de menas polimetálicas mediante el uso de depresores (RCSC, sulfato de zinc y bisulfito de sodio) y colectores (Z-11, A-3418 y MIBC) sobre la calidad del concentrado y la recuperación de cobre, plata y oro en la Planta Virgen del Rosario. El estudio se desarrolló a nivel experimental explicativo, utilizando seis pruebas de flotación donde se modificaron las dosis de los reactivos evaluados. Se empleó un mineral con leyes de 0.24 g/t de oro, 215.07 g/t de plata y 2.39% de cobre. El procedimiento incluyó molienda hasta un 56% pasante malla 200, acondicionamiento de 8 minutos, flotación rougher (5 min), scavenger (6 min) y limpieza (5 min), con una pulpa al 32% de sólidos. Se realizaron análisis químicos de cabeza, concentrado y relaves, y se aplicó análisis estadístico mediante ANOVA y regresión para determinar la influencia de cada reactivo. Los resultados mostraron que la prueba 4 logró la mayor recuperación de cobre (62.49%) con una ley de 27.50%, mientras que la prueba 3 alcanzó la mejor ley de plata (1192.81 g/t) con una recuperación de 31.90%. El colector Z-11 presentó significancia estadística en la recuperación de los tres metales ($p < 0.05$), mientras que los depresores mostraron mayor influencia en la calidad del concentrado de oro. Se concluye que la interacción entre colectores y depresores influye de manera diferenciada en la recuperación y ley de los metales evaluados, siendo determinante el tipo y la dosis del reactivo en función del metal objetivo y la naturaleza del mineral tratado.

Palabras claves: Flotación selectiva, Menas polimetálicas, Recuperación metalúrgica, Reactivos de flotación

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the treatment of polymetallic ores using depressants (RCSC, zinc sulfate and sodium bisulfite) and collectors (Z-11, A-3418 and MIBC) on the quality of the concentrate and the recovery of copper, silver and gold at the Virgen del Rosario Plant. The study was developed at an explanatory experimental level, using six flotation tests where the doses of the reagents evaluated were modified. An ore with grades of 0.24 g/t gold, 215.07 g/t silver and 2.39% copper was used. The procedure included grinding to 56% passing 200 mesh, 8 min conditioning, rougher flotation (5 min), scavenger (6 min) and cleaning (5 min), with a 32% solids pulp. Chemical analysis of head, concentrate and tailings was performed, and statistical analysis was applied by ANOVA and regression to determine the influence of each reagent. The results showed that test 4 achieved the highest copper recovery (62.49%) with a grade of 27.50%, while test 3 achieved the best silver grade (1192.81 g/t) with a recovery of 31.90%. The Z-11 collector presented statistical significance in the recovery of the three metals ($p < 0.05$), while the depressants showed greater influence on the quality of the gold concentrate. It is concluded that the interaction between collectors and depressants has a differentiated influence on the recovery and grade of the metals evaluated, with the type and dose of the reagent depending on the target metal and the nature of the ore treated being decisive.

Keywords: Selective flotation, Polymetallic ores, Metallurgical recovery, Flotation reagents, Flotation reagents

INTRODUCCIÓN

La creciente explotación de menas polimetálicas de baja ley y alta complejidad mineralógica representa uno de los principales retos en la industria minera actual. Estos minerales, que contienen simultáneamente cobre, plata, oro, plomo, zinc y otros elementos acompañantes, presentan interacciones superficiales complejas que dificultan su separación eficiente durante el proceso de flotación. En este contexto, la selección adecuada de reactivos tanto colectores como depresores se vuelve determinante para optimizar la calidad del concentrado y la recuperación metalúrgica de los metales de interés.

En la Planta Virgen del Rosario, ubicada en una zona productora de minerales complejos, se ha identificado la necesidad de evaluar nuevas combinaciones de reactivos que permitan mejorar el desempeño del circuito de flotación. En particular, se ha propuesto el uso de colectores como Z-11, A-3418 y MIBC, y depresores como la mezcla RCSC, sulfato de zinc y bisulfito de sodio, los cuales han mostrado efectos selectivos en estudios previos sobre minerales sulfurados.

Esta investigación tiene como propósito principal determinar cómo influye el tratamiento con diferentes dosis de depresores y colectores sobre la calidad (ley) y la recuperación de cobre, plata y oro en condiciones de operación de planta. Para ello, se realizó un estudio experimental aplicando pruebas de flotación con distintas combinaciones de reactivos y se analizó estadísticamente su efecto mediante herramientas como ANOVA y regresión. Los resultados permitirán proponer mejoras concretas al proceso metalúrgico y contribuir al aprovechamiento eficiente de los recursos minerales polimetálicos disponibles en la región.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática.

La planta concentradora virgen del Rosario es una empresa que se dedica al servicio de concentración de minerales por flotación, dentro de ello la complejidad de menas polimetálicos, conllevan a los desafíos en la flotación y la necesidad de optimizar el uso de los depresores y colectores para una mayor calidad y recuperación de los minerales que contiene cobre, plata y oro.

Los minerales que se procesan en la planta concentradora son menas polimetálicos conformados por calcopirita, calcocita, bornita referente al cobre, los minerales de plata es su mayoría está conformado por argentita, Acatita y los de minerales que conforman el oro se tiene oro nativo, electrum y las piritas, entre las impurezas se pirita, magnetita, galena, esfalerita esta complejidad de mineralógica tienden a dificultar la separación selectiva de los minerales de interés durante el tratamiento.

En el proceso de flotación que conlleva a la concentración de cobre, plata y oro, por la presencia de diferentes minerales con propiedades fisicoquímicas similares complican la selectividad del proceso de flotación, por lo que conlleva a un ajuste adecuado de los parámetros de la flotación, tiempo de acondicionamiento y flotación, pH, dosificación de los reactivos, concentración.

Los reactivos depresores como el cianuro de sodio, sulfato de zinc, sulfito de sodio, se emplean para la depresión de los minerales que no tiene valor económico o no deseados como la arsenopirita, pirita, etc. Mientras que los colectores se emplean para mejorar la hidrofobicidad de los minerales valiosos y facilitar su flotación selectiva con los xantatos y tioles. En relación a la

dosificación y la combinación de estos reactivos adecuadamente, permitirá una mayor recuperación y calidad del concentrado final.

La liberación de minerales a 60% a 85% pasante a la malla 200 y una dosificación de colector se tiene una alta selectividad y flotabilidad y la obtención de concentrado de plata (Xianyang y otros, 2019). El empleo de una mezcla de xantao con tionocarbamato como colector influye en la calidad y recuperación de los minerales de interés con una concentración de la mezcla de colector de 2×10^{-5} mol/L (Dhar y otros, 2019). El colector no iónico tecflote con radicales alquilo de diferente estructura del grupo funcional, colector en la flotación y recuperación tiene una acción colectora de sulfuros de níquel cobre, actuando igual que los colectores tradicionales en la flotación de minerales (Kameneva y otros, 2022)

El mineral alimentado al proceso presenta variaciones significativas debido a los cambios geológicos y la mineralogía del yacimiento, esto variación dificulta el ajuste de los parámetros de las variables, lo que influye en la eficiencia de la recuperación y calidad del cobre, plata y oro. Esto conlleva a un estudio detallado del proceso de flotación y el empleo de colectores, depresores con la finalidad de mejorar los mecanismos de separación, que necesita buscar parámetros para ello es necesario realizar pruebas de flotación a nivel laboratorio con la finalidad de buscar diferentes estrategias de flotación y optimizar los parámetros operativos. Los resultados de la investigación permiten implementar y mejorar a nivel planta y maximizar la eficiencia del proceso de flotación de menas polimetálicos.

1.2 Formulación del Problema.

1.2.1 Problema General.

¿En qué medida el tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores permitirá obtener una mejor calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿En qué medida el colector Z-11 tendrá efecto en la recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro?

¿En qué medida los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tendrá efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro?

¿En qué medida el colector y los depresores tendrá efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 *Objetivo General.*

Analizar el tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores para ver la calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario.

1.3.2 *Objetivo Específico.*

Analizar en qué medida el colector Z-11 tiene efecto en la recuperación del concentrado respecto al cobre plata oro.

Analizar en qué medida los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tiene efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro.

Analizar en qué medida el colector y los depresores tiene efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.

1.4 Justificación de la Investigación

La justificación del estudio es de importancia desde el punto de vista económica de los metales presente en las menas, la complejidad de su composición mineralógica, la optimización del proceso de tratamiento, la sostenibilidad ambiental y su desarrollo tecnológico que se pueden generar de la investigación. En la mejora de la recuperación y calidad del concentrado donde se encuentran el cobre, oro y plata, teniendo un impacto pósito en su rentabilidad y competitividad de la empresa.

En lo económico, el tratamiento de menas polimetálicos que contiene oro, plata y cobre estos elementos metálicos tiene un alto valor económico en el mercado global y la coyuntura actual por la demanda de los metales. El tratamiento eficiente de estas menas permite mejorar y aumentar la productividad y los ingresos de la empresa.

En la complejidad de las menas por su composición mineralógica compleja, por la presencia de diversos minerales valiosos y las gangas. Es compleja y dificulta la separación selectiva de los minerales de interés, lo que hace reflejar en su bajo nivel de recuperación y la calidad del concentrado. Por lo que es necesario optimizar el proceso, con un adecuado uso de los reactivos colectores y depresores, para ello es necesario realizar una investigación que permita mejorar la selectividad de la flotación, aumentado la recuperación de cobre, oro y la plata con una disminución de los valores en el relave.

En la sostenibilidad ambiental es necesario buscar una mayor eficiencia en el tratamiento de las menas polimetálicos, con una reducción de los residuos y una mejor gestión de los

desechos mineros, con una contribución a la sostenibilidad ambiental de las operaciones, reduciendo el impacto sobre el entorno y mejorar la aceptación de la sociedad de la actividad mineral de la planta Virgen del Rosario.

En lo tecnológico el estudio busca con el uso de colectores y depresores en la flotación de las menas, que permita generar nuevos conocimientos y soluciones tecnológicas. Estos hallazgos pueden ser aplicados en los procesos industriales que enfrenta desafíos en el tratamiento de menas complejas.

1.5 Delimitación del Estudio

1.5.1 *Delimitación de Territorio.*

El laboratorio donde se desarrollarán se encuentra ubicado en la planta concentradora Virgen del Rosario, ubicado en el departamento de Ancash, provincia de Huaylas, distrito de pueblo libre, paraje de Puacpampa. A una altitud de 2352 msnm, temperatura entre 10°C a 18°C, con una humedad relativa de 60% a 75% con coordenadas latitud 9° 7'20.77"S, longitud 77°46'12.06"O.

1.5.2 *Delimitación de Tiempo Espacio.*

El estudio se realizará en semestre 2024-I y 2024-II, en el primer semestre se desarrollarán el planeamiento de la investigación donde se realizar el plan de estudio y la estructuración de las actividades a realizar y las pruebas preliminares, mientras que el segundo semestre se desarrollarán las pruebas experimentales y la elaboración del informe.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigación Internacional.

Para Panayotov & Panayotova (2023) en su investigación “Tecnología para incrementar el contenido de metales preciosos en concentrado de cobre obtenido por flotación” publicado en la revista *Journalssystem* en la presente investigación experimental se reemplaza la cal por catódico, procedentes de la electrolisis del agua. Obteniendo un resultado en el concentrado de cobre en el proceso tradicional de 148.04 g/mg de oro y 112.8 g/mg de plata, mientras que con el tratamiento propuesto se obtuvo 216.45 g/mg de oro y 174.03 g/mg de plata. Obteniendo una calidad de cobre de 16.2% en el tradicional a obtener 27.5% con un incremento de recuperación del 3%, concluyendo que el parámetro principal es el valor del pH del catódico.

Matveeva y otros (2022) en su investigación “Fundamentación del uso de ditiopiril metano como colector de sulfuros de oro en la flotación de minerales complejos” publicado en la revista *ore & metals*. Se empleo la ditiopiril metano (DTM) y oro para ver la interacción de sus estructuras para la formación en la parte superficial complejos entre metales no ferrosos y nobles, mediante espectrofotometría UV. Llegando a los resultados que los reactivos empleados son capaces de construir compuestos complejos entre el oro y la solución acuosa. El compuesto entre el oro y DTM tiene una adsorción en el rango de pico de 364 a 370 nm, lo que demuestra que la adsorción del oro en la pirita es 2.5 veces mayor que con los minerales naturales, para ello emplearon microscopio de barrido electrónico y laser de barrido para establecer la adsorción en una superficie pulida de la pirita aurífera, mientras que con la adición de xantato butil de potasio permite mejorar la recuperación de los metales de interés y los metales nobles. Teniendo un

incremento en la recuperación para el cobre en 8.24%, la de plata en 21.34% y la del oro en 9.97%, concluyendo que el ditiopiril metano y el xantato butil de potasio tiene efecto en la recuperación de oro, plata y oro.

Panayotova (2023) en su trabajo “Control of Non-Ferrous Metal-Sulfide Minerals’ Flotation via Pulp Potential” publicado en la revista minerals, investigación no experimental de revisión de la dependencia del potencial Eh de la pulpa, se tiene como resultado la relación entre el potencial Eh en la pulpa en la flotación sin colectores, se tiene cambios en el potencial de la pulpa por diferentes aplicaciones de reactivos, gas y la molienda resultado que el potencial de oxidación reducción y su influencia de los reactivos, concluye el pH y el potencial Eh de la pulpa es necesario el control en la flotación por lo que es necesario su investigación al nivel de procesos industriales.

La flotación de los minerales es un desafío ya que los minerales de fácil tratamiento se van agotando y los minerales de baja ley tiene otros elementos que interfiere en la selectividad de los minerales de valor económico por lo que es necesario buscar los colectores y depresores específicos que nos conlleven a obtener un concentrado optimo y con los costos de operación adecuada.

2.1.2. Investigación Nacional.

Huamaní (2023) es trabajo de para obtener el título profesional “Evaluación a nivel experimental del uso del espumante frother 210 en la recuperación de la plata por flotación de minerales refractarios – Nasca - 2022”, publicado en el repositorio de la Universidad Nacional de San Luis Gonzaga Perú, es un trabajo experimental. El mineral tiene una ley de cabeza de 127 g/t de plata, realizaron un conjunto de ensayos de las cuales a un pH de igual o mayor a 10.5 con una concentración de espumante el F-610 en una concentración de 20, 30, 40, 50 y 60 mg/L,

como regulador la cal, mientras que el cianuro de sodio y sulfato de zinc como depresor en una mezcla a razón de 0.02g/L, como colector el Z-1. Como resultado se tiene que con una concentración de 30 mg/L de Z-11 y con una mezcla de los depresores y 60 mg/L de espumante se tiene una mejor recuperación. concluyendo que el colector F-210 con el empleo de Z-11 tiene una estabilidad y es una alternativa efectiva para la flotación de plata a nivel industrial.

Curichahua & Paitan (2021) en su trabajo sobre “” publicado en el repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, es una investigación experimental con la finalidad de ver el comportamiento de calcopirita y la galena, el estudio se realizaron mediante la flotación y el análisis químico mediante el espectroscopia de infrarrojo de transmisión de fourier y el simulador dinámico molecular, llegando a un resultado a una diferencia de recuperación entre el cobre y el plomo en un 20% a una pH de 9.5 y concentración de 7×10^{-4} mg/L de o-isopropil – N-etil thionocarbomate. Concluyendo que la hidratación de la calcopirita sede sitios para que la galena sea adsorbida en los sitios activos y aumentado su hidrofobicidad y la flotabilidad.

(Rivera Vargas, 2023) en su trabajo respecto a “valuación metalúrgica para la optimización del proceso de flotación de concentrados Bulk plomo, cobre y plata en la Compañía Minera Raura mediante diseños experimentales, 2019 - 2022” publicado en el repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, es un trabajo experimental. Se emplearon el diseño factorial para ello el cianuro de sodio, sulfato de zinc y RA55 depresor biodegradable. Obteniendo como resultado que el RA55 tiene efecto inhibidor de la pirita y la esfalerita lo que permite disminuir la contaminación ambiental y mejora la rentabilidad de la empresa, concluyendo que RA55 tiene influencia en la flotación de la plata y plomo y deprime la esfalerita y sustituye en forma parcial al cianuro de sodio.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. *Menas polimetálicas de cobre plata y oro.*

Los minerales que contiene múltiples metales económicamente valiosos de cobre, plata, oro, estos minerales suelen contener sulfuros complejos y otros minerales asociados a ello (Robb, 2020). Las características de los minerales de cobre se tiene calcopirita, bornita, calcosina para la plata se tiene argentita, plata nativa y los minerales de oro se tiene oro nativo, electrum y los minerales que se encuentran asociados son la pirita, galena, esfalerita (Sinclair, 2009).

La asociación de la complejidad mineralógica que dificulta la separación selectiva y la presencia de minerales refractarios, reducen la recuperación de la variabilidad en la composición que afecta la eficiencia del proceso, necesita complejo y múltiples etapas para la flotación (Jergensen, 2018).

2.2.2. *Principios de flotación selectiva.*

En la concentración de minerales por flotación selectiva se basa en las diferencias de sus propiedades superficiales de los minerales, donde se utiliza la propiedad de la hidrofobicidad para la separación de los minerales valiosos de las gangas (Wills & Finch, 2016) .

la flotación selectiva se encuentra basada en el proceso físico químico de sus diferencias de sus propiedades hidrofóbicas de su superficie de los minerales. La finalidad es separar los minerales valiosos de las gangas en una pulpa acuosa mediante la adhesión de las partículas de minerales a las burbujas de aire (Wills & Finch, 2015).

El proceso físico químico se fundamenta, en que las partículas hidrofóbicas se adhieren a las burbujas de aire, mientras que las hidrofílicas permanecen en la pulpa (Finch & Dobby, 2019). En la tensión superficial se determina la estabilidad de las burbujas y la fuerza de adhesión entre las partículas y las burbujas (Somasundaran y otros, 2018), mientras que la doble

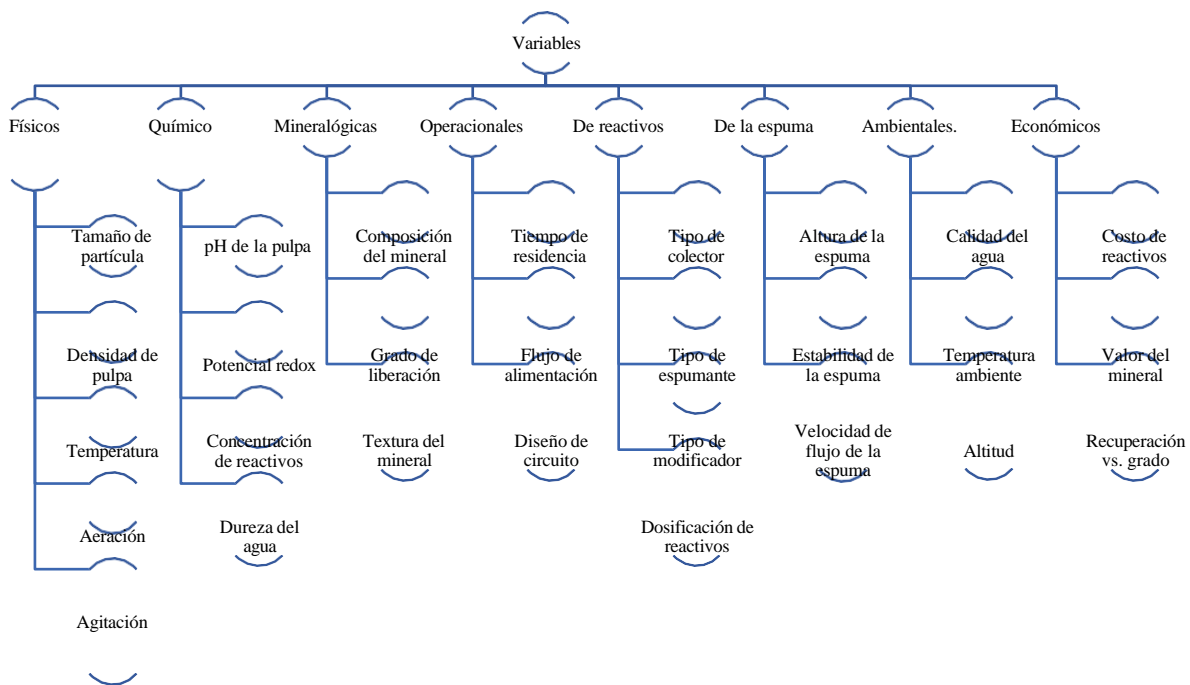
capa influye en las interacciones entre partículas y entre partículas y burbujas, lo que se modifica mediante el control de pH y la adición de reactivos (Wang Y. y otros, 2020).

2.2.3. Variable que interviene en la flotación de minerales.

En el proceso de la flotación de minerales se tiene un conjunto de factores que intervienen para la flotación antes y durante la actividad de la separación de los minerales en el proceso de flotación de los minerales valiosos y de la ganga.

Figura 1

Variables que interviene en el proceso de flotación de los minerales



Nota en la figura 1 se describe las variables que interviene antes y durante la flotación de los minerales valiosos (Gómez, 2022).

El proceso de flotación de minerales está influenciado por múltiples variables que interactúan, por lo que es necesario ser controladas para lograr una alta eficiencia en la recuperación y calidad de los minerales valioso.

Tamaño de partícula: El tamaño de las partículas es una de las variable importantes que interviene en el proceso de flotación, si las partículas son demasiados grandes pueden no

adherirse a las burbujas de aire y caer al fondo de las celdas de flotación, mientras que las partículas demasiado pequeñas pueden mantenerse suspendida y no flotar adecuadamente, el tamaño óptimo de se encuentran entre 20 a 100 micras para una máxima recuperación de minerales valioso (Wills & Finch, 2016).

pH del medio: Es una de las variables de la flotación que afecta la carga superficial de los minerales y la efectividad de los reactivos de flotación. El pH optimo varía dependiendo del tipo de minerales y los reactivos utilizados. El pH para el cobre esta entre 7.5 a 12, para la plata entre 6 a 10 y para el oro entre 6 a 11. El pH adecuado mejora la adsorción de los colectores y evita la precipitación de los reactivos, lo que es importante en la eficiencia del proceso (Fuerstenau et al., 2007).

Concentración de reactivos: los reactivos empleados en la flotación, como colectores, espumantes y modificadores son importantes para la modificación de las propiedades superficiales de los minerales y estabilidad de la espuma. La concentración y el tipo de reactivos deben de ser optimizados para maximizar la recuperación y selectividad del mineral valioso (Wills & Finch, 2016).

Velocidad de agitación: La velocidad de agitación en la celda de flotación juega un papel importante en la dispersión de las burbujas de aire y la suspensión de las partículas del mineral. La velocidad de agitación está en un rango de 800 a 1200 rpm dependiendo de la granulometría del mineral, tipo de celda, etapa de flotación, formación de espuma, densidad de pulpa y selectividad. Una agitación adecuada asegura el contacto entre partículas y burbujas, pero una agitación excesiva puede desestabilizar la espuma y reducir la eficiencia del proceso (Fuerstenau et al., 2007).

Composición del agua: La calidad y composición del agua utilizada en la flotación puede influir significativamente en la eficiencia del proceso. La presencia de ciertos iones disueltos puede afectar la estabilidad de la espuma y la adsorción de reactivos en la superficie de los minerales. Es necesario controlar la composición del agua para mantener condiciones óptimas de la flotación de los minerales (Wills & Finch, 2015).

Tipo de mineral: Los diferentes minerales por su composición tiene distintas propiedades fisicoquímicas que afectan su composición en la flotación. La mineralogía del mineral, incluida la presencia de impurezas y minerales de ganga, determina el tipo y cantidad de reactivos necesarios y las condiciones de operación del proceso (Wills & Finch, 2016).

2.2.4. Depresores en el tratamiento de menas polimetálicas.

Los depresores son reactivos que permite cambiar la superficie del mineral que sean hidrofílicos, con ello el proceso de flotación sea selectivo de menas polimetálicos. Se tiene un conjunto de depresores y cada depresor tiene una función específica para inhibir la flotación de ciertos minerales y la flotación de otros minerales. Entre los depresores más empleados se tiene cianuro de sodio, sulfato de zinc, oxido de calcio, bisulfito de sodio (Bulatovic, 2007). El cianuro de sodio se emplea para la depresión de minerales que tiene hierro en la flotación de plomo-zinc, por otra parte, el sulfato de zinc se emplea para deprimir la esfalerita en la separar el de plomo-zinc o cobre- zinc (Wills & Finch, 2016)

2.2.4.1. Mecanismo de la depresión.

La acción de inhibir en la flotación de minerales específicos son la formación de compuestos insolubles o complejos en la superficie del mineral, lo que impide la adsorción de colector y la hidrofobización del mineral (Rao & Leja, Surface chemistry of froth flotation, 2004). La modificación de la carga superficial del mineral, altera la interacción del mineral con

los colectores, el óxido de calcio actúa como depresor de la pirita en la flotación de minerales de cobre, al aumentar el pH y forma hidróxido de hierro en la superficie de la pirita, reduciendo su flotación (Wills & Napier-Munn, 2006)

2.2.4.2. Selectividad eficiencia de la depresión.

Respecto su selectividad y eficiencia de los reactivos depresores permite lograr una separación efectiva de los minerales polimetálicos. La selectividad es la capacidad depresora de los reactivos que actúan sobre minerales específicos, sin alterar significativamente respecto los minerales valiosos. Mientras que la eficiencia, está relacionado con la cantidad de depresor necesario para lograr el efecto necesario y rapidez con la que actúan los reactivos depresores (Fuerstenau et al., 2007).

En la optimización, la selectividad y la eficiencia, es necesario considerar los factores que intervienen como el pH, la temperatura, la concentración del depresor y las interacciones con ocurren con otros reactivos presentes en las celdas de flotación. En la flotación donde se separan el molibdeno del cobre, se emplean una mezcla de fosfato de sodio con sulfuro de sodio, lo que permite una alta selectividad y eficiencia en la depresión de los minerales de cobre con una flotación selectiva de la molibdenita (Wang L. y otros, 2015).

La selección y aplicación adecuada de depresores requiere saber sobre la mineralogía de los minerales y propiedades fisicoquímicas de las menas involucradas, con pruebas experimentales y pilotaje permite determinar las condiciones óptimas de uso de los depresores en cada caso específicos (Kawatra & Eisele, 2001).

2.2.5. *Colectores en el tratamiento de menas polimetálicas de cobre oro y plata.*

La función fundamental de los colectores en el proceso de flotación de menas es la hidrofobicidad selectiva a la superficie de las partículas de minerales de interés, permitiendo su separación de la ganga. En los casos donde tiene menas de cobre, plata y oro, es la selección de los colectores adecuado con la finalidad de optimizar la recuperación y la selectividad (Bulatovic, 2010).

2.2.5.1. Colectores empleados en la flotación de cobre oro y plata.

Los colectores se agrupan en dos vertientes aniónicos y catiónicos, los aniónicos se emplean en la flotación de los sulfuros y los metales preciosos, mientras que los catiónicos se usan en la flotación de minerales no metálicos (Wills & Finch, 2016). Entre los colectores aniónicos se tiene los xantatos empleados por su eficiencia en la flotación de sulfuros de cobre y oro nativos, mientras que los ditiofosfatos por su selectividad en la flotación de cobre oro, de igual manera los tionocarbamatos en la flotación de plata y oro. Las aminas se emplean en el circuito de limpieza de oro ocasionalmente. La propiedad referente a su hidrofobicidad de los colectores está sustentada en la cadena larga de los hidrocarbonada que le da la capacidad de adsorción selectiva (Nagaraj & Farinato, Evolution of flotation chemistry and chemicals: A century of innovations and the lingering challenges, 2016).

2.2.5.2. Mecanismo de adsorción en la flotación de cobre plata y oro

La adsorción de los colectores en la superficie del mineral está sustentada en la quimi sorción donde la formación de los enlaces químicos entre los iones metálicos y los colectores en la superficie mineral. El xantato es el principal reactivo que realiza el enlace iónico con los minerales sulfuros de cobre (Fuerstenau et al., 2007). Mientras que la fisisorción es la adsorción de la fuerza de Van der Waals, en los minerales de baja energía superficial en los casos de oro

nativo (O'Connor & Dunne, 1994). La precipitación superficial, es la formación de compuestos colector metal insolubles sobre la superficie mineral en la flotación de plata (Lotter & Bradshaw, 2010). Mientras que la adsorción electrostática permite que los colectores catiónicos en ciertos minerales oxidados tengan la acción de adsorción (Rao & Finch, 1989).

2.2.5.3. Flotación selectiva en la flotación de cobre playa y oro.

En el proceso de flotación referente la selectividad de los colectores en la flotación de menas de cobre, plata y oro, esto van a depender de varios factores, donde está incluido la concentración del colector, pH y la presencia de iones competidores.

En la flotación de menas de cobre el xantato etil isopropil de cadena corta es una alternativa efecto, mientras que los ditiofosfatos ofrecen una buena selectividad frente a la pirita, la combinación de los xantatos y ditiofosfatos permite optimizar el grado y recuperación (Bulatovic, 2007). Para la plata los xantatos amil de cadena larga se emplea debido a la naturaleza más hidrofóbica lo que permite emplear para los minerales de plata, para los minerales de plata compleja se utiliza mercaptobenzotiazol y sus derivados (Woodcock y otros, 2007). Para el oro libre y asociados con los sulfuros se emplean los ditiofosfatos y tionocarbonatos, mientras que para oro refractarios son eficaces los colectores a base de tiol como el mercaptobenzotiazol (Adams, 2016). Por lo que es necesario utilizar mezclas de colectores para optimizar la recuperación de los tres metales en menas polimetálicos. La elección de los reactivos depender de la mineralogía específica, las condiciones de la pulpa y los objetivos trazados (Lotter & Bradshaw, 2010).

2.2.6. Interacciones entre cobre plata oro en la flotación.

En el proceso de flotación existen interacciones entre estos metales por su complejidad y dependen de muchos factores como de las condiciones del proceso, los reactivos empleados, pH, granulometría del mineral y la mineralogía del mineral.

En las interacciones del cobre y plata, tiene una acción positiva el cobre en la recuperación de la plata, por su acción activador de la superficie de los minerales de plata, mejorando su flotabilidad (Ramírez & Parra, 2009), sin embargo, en altas concentraciones, el cobre puede inhibir la flotación de la plata debido a la formación de complejo de cobre y plata (Seke, 2005).

Entre el cobre y el oro en la interacción, el mineral de cobre puede pueden tener un efecto negativo en la recuperación del oro, al formar un complejo de oro cobre que son menos flotables (Buswell & Nicol, 2002), mientras que la presencia de iones de cobre puede activar la superficie de los minerales de oro, siendo este efecto menor que el efecto inhibidor de los complejos de oro-cobre (Grano, 2009).

Para la plata y el oro su interacción puede ser de manera sinérgica en la flotación, los minerales de plata pueden activar su superficie de los minerales que contiene el oro, permitiendo mejorar la recuperación (Trahar, 1981), en otros casos la presencia de la plata tiene un efecto inhibidor en la flotación de minerales de oro, se fundamenta debido a su formación de complejos de plata-oro (Nguyen & Schulze, 2004).

2.2.7. Evaluación de la calidad y recuperación.

En el proceso de flotación, la recuperación de los metales valiosos como el cobre, plata y el oro a partir de los minerales y los concentrados, es necesario la evaluación respecto la calidad y la recuperación es fundamental para la optimización y el rendimiento del proceso de flotación.

La calidad del concentrado de cobre, plata y oro debe evaluarse en términos de pureza, contenido del metal y presencia de las impurezas (Fuerstenau et al., 2007), el parámetro de grado de calidad del concentrado y la distribución de partícula afectan la calidad (Wills & Finch, 2015).

La evaluación de la recuperación en el proceso metalúrgica de cobre, plata, oro durante la flotación debe ser cuidadosamente monitoreado (Lotter y otros, 2011), y los factores como la eficiencia de concentración por flotación, la selectividad y la cinética de la flotación influyen en la recuperación final (Chander, 1991).

Respecto a la eficiencia del proceso de flotación implica el análisis de indicadores de la productividad, el consumo de los reactivos, el consumo de la energía y la generación de los residuos (Simate & Ndlovu, Popularization of the sustainability concepts in the mining and mineral processing industries, 2014), permite identificar oportunidades de mejora y tomar decisiones para optimizar el proceso (Crundwell y otros, 2011).

2.2.8. Avances tecnológicos en el tratamiento de menas polimetálicas.

En la característica de los minerales se emplean técnicas para su identificación de los minerales empleando el microscopio electrónico de barrido (SEM), difracción de rayos X(XRD) y el análisis de integro mineralógico que permite una mejor característica de las menas polimetálicas (Becker y otros, 2009), lo que permite comprender la asociación mineralógica y la distribución de los metales valiosos, lo que es fundamental para diseñar proceso de tratamiento eficiente (Petruk, 2000).

Se tiene una mejora de nuevos colectores, espumantes y modificadores que sean más selectivos y eficientes para la flotación de menas polimetálicas (Fuerstenau et al., 2007), estos reactivos permiten una mejor separación de los minerales valioso de la ganga (Wills & Napier-Munn, 2006).

En la tecnología de acondicionamiento y la pre tratamiento que consiste en la molienda, la clasificación ha sido implementado para liberar y exponer los minerales valiosos (Bulatovic, Handbook of flotation reagents: chemistry, theory and practice: flotation of sulfide ores, 2007), este pre tratamiento mejora la eficiencia de la etapa de la flotación (Olubambi y otros, 2007).

El empleo de la celda de flotación con diseños geométricos optimizados y sistemas de control automatizados ha permitido una mejor recuperación y grado de los concentrados (Lotter y otros, 2016). La tecnología de la flotación en columna y la flotación neumática han demostrado ser más eficientes que la flotación convencional (Finch & Dobby, 1990).

En la optimización de los circuitos, y la unión de múltiples etapas de la flotación, con recirculación de corrientes, han permitido maximizar la recuperación de los metales valioso (Tao, 2004), el empleo de los modelos matemáticas y simulación de procesos ayudan a diseñar y optimizar los circuitos de flotación adecuado (King, 2012).

En la tecnología emergentes enfoque como la flotación por espuma de gas, la flotación por plasma y la flotación electrostática están siendo investigados para mejorar aún más el procesamiento de menas polimetálicas (Feng & Aldrich, 2000). Esta tecnología busca aumentar la selectividad y eficiencia de la separación por flotación (Ekmekçi y otros, 2003).

El tratamiento de los residuos, la neutralización, disposición y la recuperación e los metales, han permitido una gestión más sostenible de los desechos de los procesos de tratamiento de menas polimetálicos (Simate & Ndlovu, 2014). Permittedo minimizar el impacto ambiental y recuperar aún más los metales valioso (Hilson, 2003).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a) **Menas polimetálicas:** Mineral que contiene más de un mineral o metal de valor económicamente en cantidad significativa, incluyendo combinaciones en su mayoría de oro, plata, cobre, plomo y zinc (Lottermoser, 2017, p. 7).
- b) **Flotación:** es la separación de minerales valioso de las gangas mediante el proceso fisicoquímico basado en las diferencias de capacidad de las partículas para adherirse a la burbuja de aire en una suspensión acuosa (Wills & Finch, 2016, p. 265).
- c) **Colectores:** reactivos compuesto-orgánicos que se adsorbe selectivamente en la superficie los partículas de minerales, haciendo hidrofóbicas y permitiendo su adhesión a las burbujas de aire en el proceso de flotación (Bulatovic, 2007, pág. 5).
- d) **Depresores:** Son reactivos que aumentan su hidrofiliidad o interfiriendo con la acción del colector, utilizado en la flotación para prevenir o reducir la flotación de minerales específicos (Kawatra & Carlson, 2013, p. 992).
- e) **Recuperación:** Es el metal que se obtiene en la flotación en el concentrado en relación al metal que ingresa en la cabeza al proceso, expresado en porcentaje del metal obtenido (Fuerstenau et al., 2007, p. 245).
- f) **Ley o grado:** Es la expresión del contenido metálico valioso en el concentrado en porcentaje o grado por tonelada, onzas por tonelada (Wills & Finch, 2016, p. 81).
- g) **Selectividad:** Es la separación de los minerales o grupo de minerales de otras menas complejas, en el proceso de flotación con una capacidad y eficazmente de separar (Nagaraj & Farinato, 2016, p. 7).

- h) **Activación:** Es un proceso donde se modifica la superficie del mineral, con la finalidad de hacerle más susceptible a la acción de hidrofobicidad del colector, con una adición de iones metálicos (Fuerstenau et al., 2007, p. 385).
- i) **Circuito de flotación:** Es la forma de configuración del diseño de la etapa de la flotación conformados por celdas y equipos auxiliares, con fines de optimizar la recuperación y el grado de ley de los minerales valioso en una operación de procesamiento de minerales (Malhotra et al., 2009, p. 1461).
- j) **Cinetica de flotación:** Es la velocidad de concentración de las partículas de minerales mediante la flotación en relación del tiempo, expresado en función del primer orden (Yoon et al., 2012, p. 270).

2.4. Hipótesis de la Investigación.

2.4.1. Hipótesis General.

Con un adecuado tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores permitirá obtener una calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

Con una dosis adecuado de colector Z-11 tendrá un efecto optimo en la recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.

Con una dosis adecuado de los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tendrá un efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro.

Con una dosis adecuada del colector y los depresores se tendrá un efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.

2.5. Operacionalización de Variables e Indicadores.

Las variables que se consideran en el estudio respecto al “*Tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores para ver la calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario*”, se detalla en la tabla 1 correspondiente a las operacionalizaciones respecto a las variables y los indicadores.

Tabla 1

Operacionalización de las variables e indicadores

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Tratamiento de menas polimetálicas	Es un conjunto de proceso que se le da al mineral como liberación, adición de reactivo, acondicionamiento, y flotación de los minerales que son comerciables (Wills & Finch, 2016).	- Colectores y depresores	- Mezcla RCSC - ZnSO ₄ - Bisulfito de sodio - Z-11
Dependiente			
Calidad y recuperación	En el resultado de la flotación de minerales se busca maximizar la calidad y recuperación de los minerales de interés, con un control adecuado de las variables que intervienen en el proceso (Wills & Finch, 2016).	- Ley de concentrado y recuperación	- Porcentaje. - Gramo por tonelada
Intervinientes			
Factores	Son variables que intervienen en el proceso, pero no se manipulan en el acondicionamiento de la pulpa del mineral conformado por las características del mineral, condiciones de proceso y diseño de los equipos (Sutulov, 1963).	- Velocidad de agitación - Granulometría - Tiempo - pH - Calidad de agua - Espumante - Aire	- Rpm - μm - Minuto - Básico - Gramo por tonelada - cm ³ por minuto.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

Para el estudio a realizar es una investigación aplicada, ya que se enfoca en resolver problemas prácticos o necesariamente concreto, su principal aplicación es generar conocimiento que pueden ser utilizado de manera inmediata para mejorar situaciones o condiciones específicos, orientado hacia la acción y la búsqueda de solucionar a problemas reales (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.2. Nivel de Investigación.

En cuanto al nivel de investigación es explicativo, ya que tiene como base fundamental explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, centrándose en establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian. Este tipo de investigación va más allá de lo descripción de conceptos o fenómenos, buscando responder a las razones de estos, está dirigida a explicar por qué ocurre en fenómeno y en qué condiciones se manifiesta. Los estudios explicativos son más estructurados y profundos que los descriptivos y correlacional, pues su interés se centra en explicar las causas de los hechos y fenómenos (Ñaupas Paitán y otros, 2018).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

La investigación que se desea realizar tiene el diseño experimental cuantitativa, ya que el investigador manipula una o más variables independientes para analizar las consecuencias que esta manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (Ñaupas Paitán y otros, 2018). En este tipo de estudio experimental, el investigador tiene un control directo sobre las variables

independientes, las cuales son manipuladas para observar su efecto sobre las variables dependientes. Este tipo de investigación se caracteriza por la existencia de uno o más grupos de comparación (grupo de control) que permiten medir el impacto de la manipulación de la variable independiente. Los diseños experimentales permiten establecer relaciones de causa efecto entre las variables, lo que les confiere un alto nivel de validez interna (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

Respecto al enfoque de la investigación es cuantitativa, basado en el uso de técnicas estadística para conocer ciertos aspectos de interés sobre la realidad, tiene como objetivo la construcción y demostración de teorías. Este enfoque se centra en recoger procesar y analizar datos numéricos sobre variables previamente determinadas, permitiendo buscar establecer patrones de comportamiento en una población (Ñaupas Paitán y otros, 2018). Las investigaciones cuantitativas se caracterizan por ser objetiva, deductiva, confirmatoria, inferencial y generalizable. Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadística. Los métodos cuantitativos permiten alcanzar un mayor nivel de precisión, control y replica de los hallazgos obtenidos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población de la Investigación.

La población que se considera es el mineral de una campaña de 30 días, que se encuentran en las chancas de mineral de la empresa proveniente de la mina correspondiente a la minera Virgen del Rosario entre mayo junio del 2024.

3.2.2. Muestra de la Investigación.

La extracción de la muestra de las canchas de mineral grueso se obtendrá por método de muestreo probabilístico, lo que se dividirá en 40 partes de lo que se extraerá una muestra, de este proceso de extracción de muestra de tiene una probabilidad 50 kilos de mineral lo que se llevaran al laboratorio de preparación de muestras, para realizar la reducción, clasificación y el cuarteo para obtener una muestra de 1 kilo por duplicado para realizar las pruebas, tanto de la flotación, moliendabilidad, análisis químico y caracterización del mineral.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

3.3.1. Técnicas que se Emplearon en la Recolección de Datos.

Se empleará la técnica de observación, ya que es una técnica de recolección de datos que consiste en registro sistemático, valido y confiable de comportamientos o conductas manifiestos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La observación permite al investigador obtener información directa y en tiempo real sobre un fenómeno o situación de interés, sin tener que depender de lo que puedan decir o reportar los participantes (Kawulich, 2005). La observación es una técnica importante en la investigación cuantitativa, ya que permite recopilar datos objetivos y cuantificables sobre acontecimientos, conducta y proceso (Flick, 2015).

3.3.2. Descripción de los Instrumentos Empleados en la Recolección de Datos.

Los instrumentos que se emplearán en la recolección de datos serán guías de observación, lista de verificación, escalada de observación, tabla estructurada (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Las guías de observación son instrumentos que detallan los aspectos a observar, las pautas a seguir y los espacios para registrar las observaciones, mientras que las listas de verificación son formatos estructurados que permiten registrar la presencia o ausencia de determinados comportamiento o características y las escalas de observación son instrumentos

que permite cuantificar y calificar los comportamientos observados según criterios preestablecidos.

Otros instrumentos que se va a emplearse serán libreta de notas, celulares que permitan gravar los videos y toma de fotos para el registro, de la parte experimental a realizar.

3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información.

Para el procesamiento de la información se aplicará la estadística descriptiva y la inferencial mediante la regresión lineal y el análisis de varianza mediante el ANOVA con la finalidad de analizar los datos cuantitativos para identificar la relaciones significativas y diferenciales entre variables y tomar decisiones en base a los datos empíricos (Montgomery & Runger, 2014). La regresión lineal nos permite examinar y modelar la relación entre una variable dependiente y una variable independiente, en una regresión lineal simple permite como una variable independiente predice a la variable dependiente, por otra parte la regresión lineal múltiple incluye múltiples variables independiente en el modelo, con el propósito principal de la regresión lineal es entender cómo cambia la variable dependiente cuando las variables independientes cambian y permiten predecir basados en las relaciones de las variables (Montgomery & Runger, 2014). Mientras que el análisis de varianza ANOVA permite comparar las medias de tres o más grupos para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos, por otra parte, evalúa la variabilidad dentro de los grupos y entre los grupos para discernir si al menos una media de grupo es diferente de las demás (Diaz, 2009).

Para el procesamiento de los datos mediante la estadística descriptiva y inferencial se emplearán software estadístico como jamovi, minitab, Excel, etc. De acceso libre, mientras que para la la digitalización el procesamiento de texto el Word y su distribución el pdf.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados

4.1.1. Condiciones de trabajo.

En las pruebas realizadas se emplearon 2 kilos de mineral que tiene una ley de 0.24 g/t de oro, 215.07 g/t de plata, 2.39% de cobre, 3.05% de plomo, 1.75% de zinc, 8.29% de hierro y 0.36% de arsénico. La densidad del mineral es de 2.95 g/cm³, lo que se agrega 1 litros de agua se muele aproximadamente por un espacio de 10.5 minutos, en lo que se libera el 56% pasante a la malla 200. En la flotación se realiza una flotación con un 32% de solido (dilución 2-125), el tiempo de acondicionamiento fue de aproximadamente 8 minutos, flotación rougher 5 minutos, acondicionamiento scavenger de 7 minutos, limpieza 5 minutos, 6 minutos Scavenger.

Figura 2
Molienda y flotación de cobre

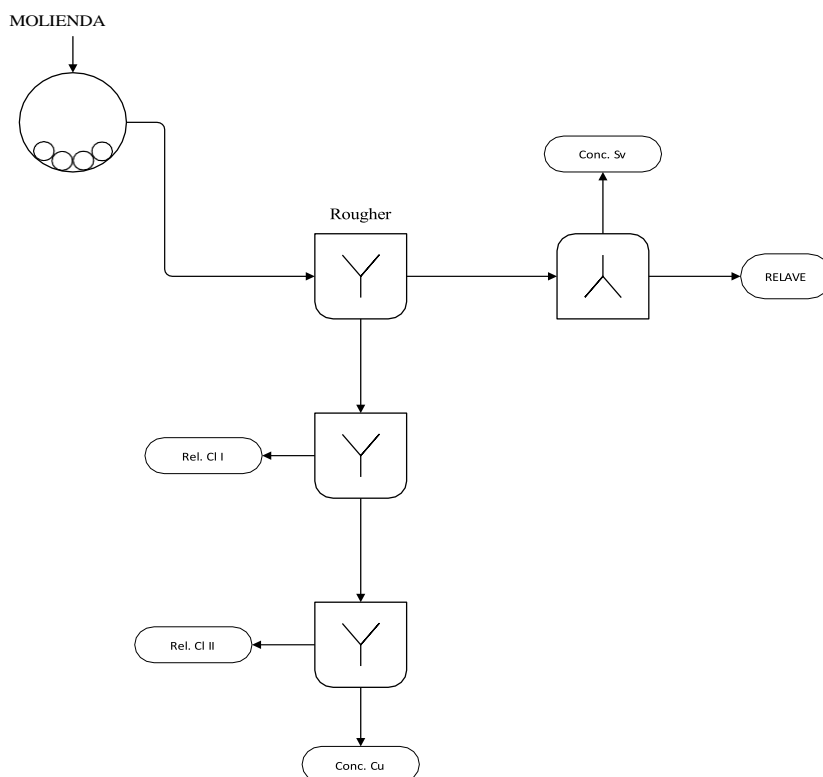


Tabla 2*Reactivos depresores en el circuito de molienda y flotación*

	g/t		
	MEZCLA RCSC (10%)	ZnSO ₄ (10%)	Bisulfito (10%)
Molienda			
Acond. Rougher			
Acond. Scv			
Cleaner Scv		50.28	
I -Separacion	175.99		
II -Separacion			251.41
Total	175.99	50.28	251.41

Tabla 3*Reactivos colectores, promotores y espumantes en molienda y flotación*

	g/t					
	CN/Zn (10%)	3418	3894	Z-11 (1%)	MIBC	pH
Molienda	175.99					
Acond. Rougher	0.00	4.37	8.95	10.06	4.93	7.50
Acond. Scv				2.51	2.46	7.50
Cleaner Scv						8.00
I -Separacion						9.00
II -Separacion			4.48			9.00
Total	175.99	4.37	13.43	12.57	7.39	41.00

Tabla 4*Dosis de reactivo depresores y complejos en las 6 pruebas de flotación*

N°	Mezcla RCSC (10%) g/t	ZnSO ₄ (10%) g/t	Bisulfito (10%) g/t	CN/Zn (10%) g/t	ZnSO ₄ /bisulfito g/t	Complejo g/t
1	175.99	50.28	251.41	175.99	175.02	
2	225.02	200.02	150.02			
3	199.90	74.96	149.93		124.94	
4	199.93	74.97	149.95		99.96	
5	99.97	124.97	112.47			359.90
6	100.34	125.43	112.89			351.21

Tabla 5*Dosis de reactivo colectores, promotores en las 6 pruebas de flotación*

N°	g/t				
	A-3418	A-3894	A-238	Z-11	MIBC
1	4.37	13.43		12.57	7.39
2			11.00	12.90	7.50
3	4.35			17.49	4.50
4	4.35			17.49	7.35
5			8.80	15.00	7.50
6			8.83	15.05	6.02

4.1.2. Resultados.**Tabla 6***Dosis de reactivo en el circuito de flotación*

	cc/ min										
	Mezcla RCSC	ZnSO ₄ (10%)	Bisulfito (10%)	CN/Zn (10%)	3418	A- 31	3894	Z-11 (1%)	Z-6 (1%)	MIBC	pH
Molienda				3.5							
A-1					1		2	2		2	7.5
SCV								0.5		1	7.5
Cl-scv		1									8
I-Separ.	3.5										9
II-Separ.			5				1				9
Total	3.5	1	5	3.5	1	0	3	2.5	0	3	

En la tabla 7 y 8 la calidad en el concentrado bulk se tiene 1176.10 g/t de plata con 18.80% de cobre y en el concentrado 1501.20 g/t de plata y 17.68% de cobre con una distribución de 7.09% para la plata, 9.44% para el cobre en concentrado bulk, mientras que para concentrado de cobre tiene de orden de 4.95% para la plata y 4.86% de cobre.

Tabla 9
Leyes de cabeza, concentrado de las 6 pruebas

N°	Ley de Cabeza					Ley de Concentrado				
	g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn
1	0.24	215.07	2.39	3.05	1.75	0.36	1176.10	18.80	2.07	3.84
2	0.24	215.07	2.39	3.05	1.75	0.35	1092.19	31.52	2.69	1.76
3	0.24	215.07	2.39	3.05	1.75	0.25	1192.81	22.00	17.35	7.26
4	0.24	215.07	2.39	3.05	1.75	0.26	950.72	27.50	7.57	2.28
5	0.24	215.07	2.39	3.05	1.75	0.16	948.09	31.32	4.81	0.84
6	0.24	215.07	2.39	3.05	1.75	0.15	954.77	29.16	4.91	4.32

Tabla 10
Leyes de relave y recuperación de plata y cobre de las 6 pruebas

N°	Ley Relave					Recuperación				
	g/t Au	g/t Ag	% Cu	% Pb	% Zn	% Au	% Ag	% Cu	% Pb	% Zn
1	0.20	43.86	0.30	0.38	0.74	1.79	7.09	9.44	2.54	2.69
2	0.25	132.40	1.27	2.49	1.51	2.17	8.84	21.12	1.38	1.62
3	0.23	55.33	0.43	0.48	0.65	5.12	31.90	58.67	30.56	22.35
4	0.19	67.52	0.49	0.78	1.24	6.33	24.69	62.49	13.17	6.95
5	0.30	68.08	0.56	0.68	1.20	1.95	17.35	49.26	5.83	1.89
6	0.26	105.79	0.73	1.79	1.10	2.01	16.51	44.27	5.87	9.39

La calidad y recuperación en la tabla 9, 10 y de las figuras 3 y 4 desde la perspectiva de la recuperación se tiene la prueba 4 para el cobre con recuperación de 24.69% para plata y 62.49% para el cobre con calidad de 950.72 g/t y 27.50% respectivamente, mientras que para la prueba 3 se tiene una recuperación de 31.90% de plata con 58.67% para el cobre con 1192.81 g/t de plata y 22% de cobre respecto a las otras pruebas realizados tiene mejor calidad, pero no recuperación.

Figura 3
Calidad de concentrado Ag, Cu

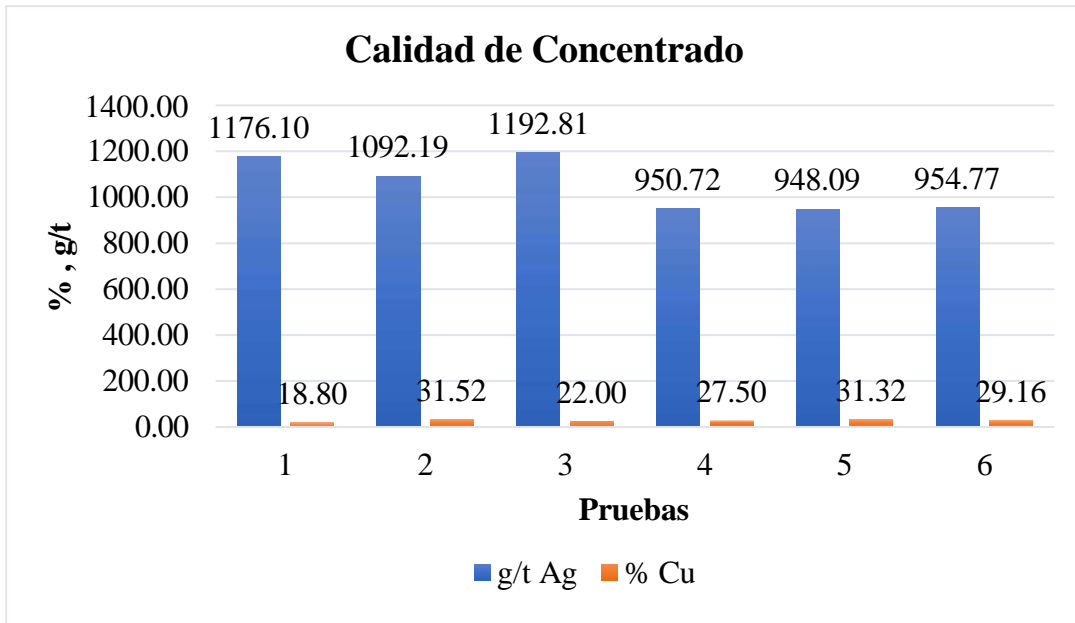
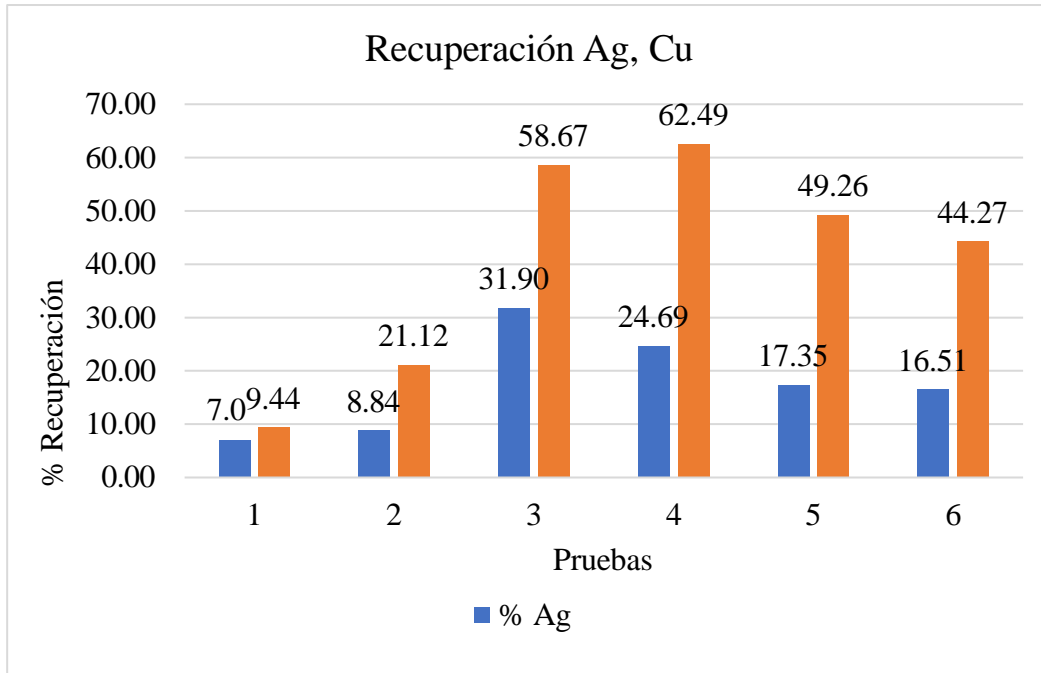


Figura 4
Recuperación de plata y oro



En relación a los resultados obtenidos de la prueba 4 en la tabla 4 la dosis de 199.93 g/t mezcla RSSC, 74.97 g/t sulfato de zinc, 149.95 g/t de bisulfito de sodio, mezcla sulfato de zinc y bisulfito de sodio de 99.96 g/t respecto a los depresores, mientras que para los colectores 4.35 g/t de A-3418, 17.49 g/t Z-11 y 7.35 g/t de espumante MIBC. Mientras que para la prueba 3 las dosis de depresores se tienen 199.90 g/t de RCSC, 74.96 g/t sulfato de zinc, 149.93 g/t de bisulfito de sodio, con una mezcla de sulfato de zinc y bisulfito de sodio 124.94 g/t, respecto a los colectores 4.35 g/t de A-3418, 17.49 g/t Z-11 y espumante 4.5 g/t.

4.2. Contrastación de Hipótesis.

2.5.1. Contrastación de Hipótesis General.

- **Ha:** Con un adecuado tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores permitirá obtener una calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario.

- **Ho:** Con un adecuado tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores **no** permitirá obtener una calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario.

Tabla 11

Medidas de ajuste del modelo para el cobre

Condición	Colector – depresor	R	R ²	p
Ley calidad	Z-11 Bisulfito de sodio	0.912	0.831	0.069
Recuperación	Z-11 Bisulfito de sodio	0.993	0.986	0.002

Tabla 12

análisis de varianza en la calidad de cobre en el concentrado

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	25.1	1	25.14	3.29	0.167
Bisulfito (10%) g/t	112.9	1	112.85	14.78	0.031
Residuos	22.9	3	7.63		

Tabla 13

Análisis de varianza en la recuperación de cobre

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	1193.8	1	1193.8	111.1	0.002
Bisulfito (10%) g/t	151.1	1	151.1	14.1	0.033
Residuos	32.2	3	10.7		

Para el cobre de las tablas 11, 12, 13 en la calidad de cobre en el concentrado el coeficiente de correlación para la calidad y recuperación son 0.912 y 0.993 y el valor de p calculado el bisulfito es de 0.031 y en la recuperación para Z-11 es de 0.002 y 0.033 para el bisulfito de sodio como depresor menor a 0.05. por lo que predetermina el bisulfito de sodio en

la calidad de concentrado respecto al cobre y en la recuperación Z-11 y bisulfito de sodio en los otros reactivos predetermina la hipótesis nula.

Tabla 14

Medidas de ajuste del modelo para la recuperación de plata

Condición	Colector – depresor	R	R ²	p
Recuperación	Z-11 Bisulfito de sodio	0.969	0.939	0.015
Recuperación	Z-11 Mezcla RCSC	0.97	0.94	0.015
Recuperación	Z-11 Sulfato de zinc	0.968	0.938	0.015

Tabla 15

Análisis de varianza para recuperación de plata Z-11/Bisulfito de sodio

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	335.378	1	335.378	36.9379	0.009
Bisulfito (10%) g/t	0.275	1	0.275	0.0303	0.873
Residuos	27.239	3	9.08		

Tabla 16

Análisis de varianza para recuperación de plata Z-11/Mezcla RCSC

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	414.051	1	414.051	46.778	0.006
Mezcla RCSC (10%) g/t	0.959	1	0.959	0.108	0.764
Residuos	26.554	3	8.851		

Tabla 17*Análisis de varianza para recuperación de plata Z-11/ ZnSO4*

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	356.3	1	356.28	38.8	0.008
ZnSO4 (10%) g/t	1.51E-04	1	1.51E-04	1.65E-05	0.997
Residuos	27.5	3	9.17		

Para la plata en la tabla 14 con un coeficiente de correlación para la relación Z-11 y bisulfito de sodio, Z-11 mezcla de RCSC, Z-11 sulfato de zinc tiene valores de 0.969, 0.970, 0.968 y un valor de p calculado de 0.015 menor a 0.05 para una confiabilidad del 95% y un error del 5%. En las tablas 15, 16 y 17 para el colector Z-11 los valores de p calculado tienen los valores de 0.009, 0.006, 0.008, mientras que para los depresores el p calculado supera el valor de 0.05. El colector Z-11 con la intervención de un depresor tiene efecto en la reparación de la plata por lo que predetermina en estos casos la hipótesis alternativa en los otros casos la mezcla de los depresores y colector no influyen en la calidad ni recuperación de la plata imponiéndose la hipótesis nula.

Tabla 18*Ajuste de modelo para la calidad y recuperación de oro*

Condición	Colector – depresor	R	R²	p
Ley calidad	Z-11 – Mezcla RCSC sulfato de zinc	0.999	0.998	0.003
Ley calidad	Z-11 – Mezcla RCSC bisulfito	0.999	0.998	0.004
Ley calidad	Z-11 – Bisulfito sulfato de zinc	0.998	0.996	0.005
Recuperación	Z-11 Mezcla RCSC	0.974	0.949	0.012
Recuperación	Z-11 – Mezcla RCSC sulfato de zinc	0.981	0.962	0.056
Recuperación	Z-11 – Mezcla RCSC bisulfito	0.981	0.963	0.056
Recuperación	Z-11 – Bisulfito sulfato de zinc	0.981	0.962	0.056

En la tabla 18 en la ley de oro en el concentrado donde interactúan Z-11 y la mezcla de dos depresores Mezcla RCSC sulfato de zinc y bisulfito de sodio se tiene en valor de correlación

entre 0.998 y 0.999 donde los valores de p calculado tienen los valores de 0.003, 0.004 y 0.005, inferior a 0.05 valor predeterminado estadísticamente para una confiabilidad del 95% con un porcentaje de error del 5%. En la recuperación del oro para un coeficiente de correlación de 0.974 y p calculado 0.012 donde interactúan Z-11 y mezcla RCSC, en los casos de interactúan Z- 11, Mezcla de dos depresores mezcla RCSC, sulfato de zinc y bisulfito de sodio se tiene valores calculados de p de 0.056 superior a 0.05.

En las interacciones de dos depresores con el colector en la ley del oro en el concentrado tiene efecto, predeterminado la hipótesis alternativa, en los otros casos donde interactúan tres depresores y el colector se rechaza y pregermina la hipótesis nula. En la recuperación tiene efecto el colector Z-11 y la interacción mezcla RCSC, en los otros casos no tiene efecto pregerminando la hipótesis nula.

Tabla 19

Análisis de varianza de la calidad de oro y Z-11 / Mezcla RCSC Sulfato de zinc

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	0.01295	1	0.01295	287	0.003
Mezcla RCSC (10%) g/t	0.0286	1	0.0286	633.9	0.002
ZnSO4 (10%) g/t	0.00276	1	0.00276	61.1	0.016
Residuos	9.02E-05	2	4.51E-05		

Tabla 20*Análisis de varianza para la ley de oro en relación Z-11 / Mezcla y bisulfito*

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	0.00344	1	0.00344	69.4	0.014
Mezcla RCSC (10%) g/t	0.01405	1	0.01405	283.8	0.004
Bisulfito (10%) g/t	0.00275	1	0.00275	55.5	0.018
Residuos	9.90E-05	2	4.95E-05		

Tabla 21*Análisis de varianza para la ley de oro en el concentrado en relación de Z-11 / Bisulfito Sulfato de zinc*

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	0.00667	1	0.00667	91.4	0.011
Bisulfito (10%) g/t	0.02855	1	0.02855	391.3	0.003
ZnSO4 (10%) g/t	0.01401	1	0.01401	192	0.005
Residuos	1.46E-04	2	7.30E-05		

En las tablas 19, 20 y 21 la interacción del colector Z-11 y la intervención de dos depresores los calores de p obtenida son inferiores a 0.05 para un error de 5% y una confiabilidad estadísticamente del orden de 9%, lo que nos indica tiene efecto en la calidad del concentrado respecto al oro.

Tabla 22*Análisis de varianza en la recuperación de oro en relación a Z-11 / Mezcla RSCS*

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	13.97	1	13.97	41.9	0.007
Mezcla RCSC (10%) g/t	4.075	1	4.075	12.2	0.04
Residuos	0.999	3	0.333		

Tabla 23

Análisis de varianza de la recuperación de oro en relación de Z-11 / sulfato de zinc Mezcla RCSC

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	10.657	1	10.657	29.13	0.033
ZnSO4 (10%) g/t	0.267	1	0.267	0.731	0.483
Mezcla RCSC (10%) g/t	4.149	1	4.149	11.34	0.078
Residuos	0.732	2	0.366		

Tabla 24

Análisis de varianza de la recuperación de oro en relación de Z-11 / Mezcla RCSC bisulfito

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	11.897	1	11.897	32.529	0.029
Mezcla RCSC (10%) g/t	2.216	1	2.216	6.058	0.133
Bisulfito (10%) g/t	0.268	1	0.268	0.732	0.482
Residuos	0.731	2	0.366		

Tabla 25

Análisis de varianza de la recuperación de oro en relación a Z-11 / Bisulfito Sulfato de zinc

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Z-11 g/t	12.611	1	12.611	34.47	0.028
Bisulfito (10%) g/t	4.149	1	4.149	11.34	0.078
ZnSO4 (10%) g/t	2.215	1	2.215	6.06	0.133
Residuos	0.732	2	0.366		

En la recuperación del oro en relación al colector y depresores en el caso de la tabla 22 la interacción del Z-11 y mezcla RCSC los valores de p calculado tiene valores de 0.007 y 0.04 que

indican tiene efecto en la recuperación del oro. Mientras que en las tablas 23, 24 y 25 los valores p para el colector Z-11 tiene 0.033, 0.029, 0.028 inferior a 0.05, mientras que para la interacción dos depresores en los tres casos el valor obtenido de p es superior a 0.05.

En relación al resultado la interacción de entre (Z-11/ mezcla RCSC) y el colector en la interacción de dos depresores tienen efecto en la recuperación del oro donde se afirma la hipótesis alternativa, mientras que en los otros casos de la interacción colector un depresor, interacción doble y triple depresores y el colector no influyen en la recuperación y predetermina la hipótesis nula.

2.5.2. Contrastación de Hipótesis Específicos.

- **Ha:** Con una dosis adecuado de colector Z-11 tendrá un efecto optimo en la recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.
- **Ho:** Con una dosis adecuado de colector Z-11 **no** tendrá un efecto optimo en la recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.

Tabla 26

Análisis de varianza para Z-11 y su recuperación de Au, Ag y Cu

Elemento	R	R ²	AIC	F	gl1	gl2	p
Cobre	0.958	0.918	43.5	45.0	1	4	0.003
Plata	0.968	0.938	32.2	60.4	1	4	0.001
Oro	0.860	0.740	22.0	11.4	1	4	0.028

En el análisis de varianza de la tabla 11 para el oro, plata, y cobre respecto al colector Z-11, con un coeficiente de correlación de 0.958, 0.968, 0.860 los valores de p calculado respecto al valor establecido con una confianza del 95% estadísticamente con un error del 5% se tiene 0.03 para el cobre, 0.001 para plata, 0.028 para el oro son menores a 0.05.

Los resultados obtenidos del análisis el colector Z-11 tiene efecto en la recuperación del cobre, plata y oro por lo tanto predetermina la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

- **Ha:** Con una dosis adecuado de los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tendrá un efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro.
- **Ho:** Con una dosis adecuado de los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio **no** tendrá un efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro.

Tabla 27*Análisis de varianza para la calidad de concentrado respecto a los depresores*

Elementos	R	R²	AIC	F	gl1	gl2	p
Au g/t	0.999	0.997	-38.3	239	3	2	0.004
Ag g/t	0.751	0.564	78	0.864	3	2	0.576
%Cu	0.933	0.871	33.4	4.52	3	2	0.187

Los depresores en la tabla 12 en relación a la calidad de concentrado respecto al oro, plata y cobre, con un coeficiente correlación de 0.999 para el oro, 0.751 para la plata, 0.933 para el cobre. Para una confianza del 95% estadísticamente y con un error del 5% el valor de p calculado respecto a RCSC, sulfato de zinc y el bisulfito de sodio se tiene 0.004 para el oro menor a 0.05 y de 0.576 para la plata, 0.187 para el cobre mayor a 0.05.

Para el caso del oro tiene efecto en la calidad del concentrado en la ley donde se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, mientras que para el caso de plata y cobre se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

- **Ha:** Con una dosis adecuada del colector y los depresores se tendrá un efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.
- **Ho:** Con una dosis adecuada del colector y los depresores **no** se tendrá un efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro

Tabla 28*Análisis de varianza de calidad y recuperación en relación a los depresores y colectores*

Elemento	R	R ²	AIC	F	gl1	gl2	p
Au g/t	1.00	1.00	-41.0	199.00	4	1	0.053
Ag g/t	0.75	0.57	80.0	0.32	4	1	0.846
% Cu	0.94	0.89	34.6	1.98	4	1	0.484
Recup Au	0.98	0.96	16.4	6.42	4	1	0.287
Recup Ag	0.97	0.94	37.8	4.02	4	1	0.356
Recup Cu	1.00	1.00	30.4	74.60	4	1	0.087

En la tabla 13 respecto a la calidad en relación a los depresores y colector se tiene un coeficiente de correlación 1, 0.75, 0.95 para el oro, plata y cobre y un valor de p calculado superior a 0.05 siendo esto 0.053, 0.846, 0.484 para una confianza del 95% estadísticamente. Mientras que para la recuperación se tiene su coeficiente de correlación de 0.98, 0.97 y 1 con un p calculado de 0.287, 0.356 y 0.087 superior al valor de p preestablecido de 0.05.

De los resultados obtenidos ya que el valor de p calculado es superior a 0.05 de rechaza la hipótesis alternativa y prevalece la hipótesis alternativa no tiene efecto los depresores y colector en la calidad (leyes de oro, plata, cobre) y la recuperación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados

Los resultados experimentales obtenidos en la Planta Virgen del Rosario confirman que el comportamiento metalúrgico de las menas polimetálicas sometidas a flotación es altamente influenciado por la interacción selectiva entre depresores y colectores. El análisis estadístico detallado mediante ANOVA y regresión múltiple evidencia efectos diferenciados sobre la calidad (leyes) y la recuperación de oro, plata y cobre.

En las pruebas 3 y 4, se obtuvo una alta calidad de concentrado con contenidos de cobre de 22% y 27.5%, respectivamente, lo cual se vincula directamente al uso de Z-11 (17.49 g/t) en combinación con depresores mixtos (RCSC + ZnSO₄ + bisulfito). La recuperación máxima de cobre (62.49%) se registró en la prueba 4, aunque la mejor ley correspondió a la prueba 3 (22%). Según el análisis estadístico (tablas 11-13), el colector Z-11 y el bisulfito de sodio presentan valores de $p < 0.05$, lo cual confirma que influyen significativamente tanto en la recuperación como en la calidad del concentrado. Este resultado valida la hipótesis alternativa general y específica.

A pesar de que las leyes más altas de plata se obtuvieron en la prueba 3 (1192.81 g/t) y prueba 2 (1092.19 g/t), la recuperación fue más eficiente en la prueba 3 (31.90%). Los análisis de varianza (tablas 14–17) demuestran que el colector Z-11 es estadísticamente significativo ($p < 0.05$), mientras que los depresores, ya sea individualmente o en mezcla, no lo son. Esto sugiere que Z-11 es el principal responsable del aumento en recuperación, pero no necesariamente mejora la ley del concentrado, lo que limita parcialmente la aceptación de la hipótesis específica respecto a los depresores.

En la recuperación del oro, el análisis muestra que la interacción Z-11/RCSC (tabla 22) presenta $p < 0.05$, confirmando su efecto significativo. Sin embargo, cuando se adiciona un tercer depresor, el valor p supera el umbral de significancia (tablas 23–25), descartando su influencia directa. En términos de calidad, todas las combinaciones con Z-11 y dos depresores (RCSC + bisulfito o $ZnSO_4$) resultan significativas ($p < 0.05$, tablas 19–21), lo que valida parcialmente la hipótesis general respecto al oro: los colectores influyen en la recuperación, y los depresores en la calidad del concentrado.

El análisis específico (tabla 26) revela que Z-11 tiene un efecto altamente significativo en la recuperación de todos los metales evaluados ($p < 0.05$). Este hallazgo concuerda con literatura internacional reciente, como el trabajo de Matveeva et al. (2022), que destaca el efecto de la estructura molecular del colector sobre la adsorción superficial en sulfuros metálicos.

Los depresores (RCSC, $ZnSO_4$ y bisulfito de sodio) muestran influencia significativa únicamente en la calidad del concentrado de oro ($p = 0.004$, tabla 27). No obstante, no se observa un efecto estadísticamente significativo para plata ni cobre, lo que indica una selectividad de acción. Estos resultados contrastan con investigaciones como las de Rivera (2023), donde la sustitución de cianuro por depresores biodegradables como RA55 mostró mejoras en selectividad y sostenibilidad.

A pesar de que las combinaciones de colectores y depresores muestran correlaciones altas en muchos casos ($R > 0.95$), los valores de p (tabla 28) indican que en condiciones multivariadas no siempre se alcanzan efectos significativos. Esto podría explicarse por efectos de interferencia entre reactivos o condiciones operativas subóptimas (pH, Eh, tiempo de residencia). La literatura internacional de Panayotova (2023) respalda esta interpretación al resaltar la importancia del control del potencial redox en flotación compleja.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La investigación permitió validar la hipótesis general al demostrar que la aplicación adecuada de depresores (RCSC, $ZnSO_4$ y bisulfito de sodio) en conjunto con el colector Z-11 influye positivamente en la calidad y recuperación de oro, plata y cobre en la Planta Virgen del Rosario. Los análisis estadísticos (ANOVA y regresión) confirmaron que las condiciones óptimas de dosificación de reactivos impactan significativamente en los resultados metalúrgicos, permitiendo mejorar la eficiencia del proceso de flotación selectiva de menas polimetálicas.

El colector Z-11 fue confirmada, ya que mostró un efecto significativo sobre la recuperación de los tres metales evaluados. El análisis de varianza indicó valores de p menores a 0.05 para cobre ($p = 0.003$), plata ($p = 0.001$) y oro ($p = 0.028$), lo que evidencia su efectividad como colector principal en el proceso. Los mejores resultados de recuperación se obtuvieron en la prueba 3 y 4, destacando una recuperación de 31.90% de plata y 62.49% de cobre, lo que respalda el uso del Z-11 como componente clave del esquema reactivo.

En relación con los depresores, se determinó que la combinación de RCSC, $ZnSO_4$ y bisulfito de sodio solo tuvo un efecto estadísticamente significativo en la calidad del concentrado de oro ($p = 0.004$), sin impacto relevante sobre plata ($p = 0.576$) ni cobre ($p = 0.187$). Esto demuestra que la hipótesis específica se cumple parcialmente, ya que los depresores son efectivos en la ley del oro, pero no en los otros metales, resaltando la necesidad de ajustar su aplicación de forma diferenciada según el objetivo metalúrgico.

Respecto a la interacción entre colectores y depresores, los resultados muestran que esta combinación no tiene un efecto significativo en la mayoría de los casos sobre la ley y

recuperación de los metales, a excepción del oro, donde sí se evidenció una mejora en la calidad del concentrado ($p = 0.003$ con Z-11 y mezcla RCSC/ $ZnSO_4$). Por tanto, se acepta parcialmente la hipótesis específica, ya que la sinergia entre reactivos requiere condiciones muy precisas y metal-dependientes para manifestar efectos positivos.

Entre los principales resultados se destaca que la mayor ley de cobre en concentrado fue de 27.50% con una recuperación de 62.49% (prueba 4), mientras que para la plata se obtuvo una ley máxima de 1192.81 g/t con una recuperación del 31.90% (prueba 3). En cuanto al oro, la mayor ley en concentrado fue de 0.36 g/t (prueba 1), siendo su recuperación significativa cuando se aplicó Z-11 junto con la mezcla de RCSC. Los análisis estadísticos respaldan estos resultados al mostrar valores de $p < 0.05$ para el colector Z-11 en los tres metales, reafirmando su eficacia y el impacto selectivo de los depresores en el proceso de flotación.

6.2. Recomendaciones

Evaluar y ajustar la combinación y dosificación de colectores y depresores según el tipo de mena y el metal prioritario. La interacción entre reactivos mostró comportamientos diferenciados según el metal evaluado. Por ello, se recomienda diseñar estrategias de flotación adaptadas a la composición del mineral, priorizando colectores como el Z-11 para mejorar la recuperación de metales valiosos y aplicando depresores selectivos en función de la interferencia de especies no deseadas.

Implementar un programa de control de parámetros operativos como pH, Eh, tiempo de acondicionamiento y porcentaje de sólidos. Los resultados evidencian que variables como el pH (≈ 9.0), la agitación y los tiempos de acondicionamiento influyen significativamente en la efectividad de los reactivos. Establecer un sistema de monitoreo y control continuo de estos parámetros permitirá mantener condiciones óptimas y reproducibles en el proceso de flotación.

Realizar campañas experimentales periódicas para evaluar nuevas formulaciones de reactivos y adaptarse a las variaciones mineralógicas. Dado que las características del mineral tratado pueden variar con el tiempo, se recomienda llevar a cabo ensayos periódicos de laboratorio y planta piloto para evaluar el rendimiento de nuevas combinaciones de reactivos. Esto permitirá optimizar el proceso metalúrgico, reducir costos y mejorar la selectividad frente a minerales complejos o refractarios.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. Referencias bibliográficas

- Adams, M. (2016). Gold ore processing: Project development and operations (2nd ed. ed.). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2012-0-02979-7>
- Becker, M., Harris, P., Wiese, J., & Bradshaw, D. (2009). Mineralogical characterization of naturally floatable gangue in Merensky Reef ore flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 93(3-4), 246-255.
- Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents: chemistry, theory and practice: flotation of sulfide ores (Vol. 1)*. Elsevier.
- Bulatovic, S. (2010). *Handbook of flotation reagents: Chemistry, theory and practice: Volume 2: Flotation of gold, PGM and oxide minerals*. Elsevier Science & Technology Books.
- Buswell, A., & Nicol, M. (2002). Some aspects of the electrochemistry of the flotation of gold. *Journal of Applied Electrochemistry*, 32(12), 1321-1329.
- Chander, S. (1991). A review of the influence of electrical double layer, reagent adsorption and surface chemistry on the flotation of apatite and calcite minerals. *International Journal of Mineral Processing*, 31(1-2), 65-85.
- Crundwell, F., Moats, M., Ramachandran, V., Robinson, T., & Davenport, W. (2011). *Extractive metallurgy of nickel, cobalt and platinum group metals*. Elsevier.
- Curichahua Huamantica, J., & Paitan Castro, M. E. (2021). Utilización de O-Isopropil-N-Etil Tionocarbamato Como Colector en la Flotación de la Calcopirita y Galena en la CIA Minera Casapalca SA. Ingeniero metalurgicas y materiales. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8321>

- Dhar, P., Thornhill, M., & Rao Kota, H. (2019). Investigación sobre la recuperación de cobre de un nuevo depósito de cobre (Nussir) en el norte de Noruega: tionocarbamatos y mezcla de xantato-tionocarbamato como colectores. *Minerals*, 9(2), 118. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/min9020118>
- Diaz, A. (2009). *Diseño estadístico de experimentos* (2 ed.). Universidad de Antioquia. Google-Books-ID: 0x0DW6dNiyAC
- Ekmekçi, Z., Bradshaw, D., Allison, S., & Harris, P. (2003). Effects of frother type and dosage on the behaviour of particles in flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 72(1-4), 255-263.
- Feng, D., & Aldrich, C. (2000). Effect of particle size on flotation performance of complex sulphide ores. *Minerals engineering*, 13(4), 361-368.
- Finch, I., & Dobby, G. (2019). Column flotation. En J. Finch, & M. Beattie, *Mineral surfaces and flotation* (págs. 11-38). Pergamon.
- Finch, J., & Dobby, G. (1990). *Column flotation* (Vol. 3). Pergamon.
- Flick, U. (2015). *El diseño de la investigación cualitativa*. Ediciones Morata. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcsp/detail.action?docID=4824299>
- Fuerstenau, M., Jameson, G., & Yoon, R. (2007). *Froth Flotation. A Century of Innovation*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. <https://www.smenet.org/store/mining-books/froth-flotation-a-century-of-innovation>
- Fuerstenau, M., Jameson, G., & Yoon, R. (2007). *Froth flotation: a century of innovation*. SME.
- Gómez, R. (2022). Análisis integral de las variables en la flotación de minerales. . *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 42(3), 205-220. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rlmm.v42n3.85632>

- Grano, S. (2009). The influence of molecular weight, molecular weight distribution and hygroscopicity of polyacrylic acid dispersants on their adsorption and effect on the rheology of high solids iron ore slurries. *Minerals Engineering*, 22(4), 462-471.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Hilson, G. (2003). Defining "cleaner production" and "pollution prevention" in the mining context. *Minerals engineering*, 16(4), 305-321.
- Huamaní paredes, D. M. (2023). Evaluación a nivel experimental del uso del espumante frother 210 en la recuperación de la plata por flotación de minerales refractarios – Nasca - 2022. Ingeniero metalurgico. Universidad Nacional de Samn Luis Gonzaga, Ica.
<https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/86a774a4-27b0-46a2-ac6c-a2568b1b7e93/content>
- Jergensen, G. (2018). Copper-gold ore processing with ion exchange and SART technology. *Mining Engineering*, 70(8), 36-41.
- Kameneva, Y., Chernousenko, E., & Mitrofanova, G. (2022). The application of collectors with nitrile functional grouping for flotation of copper-nickel ores. *Engineering Sciences*.
<https://doi.org/doi:10.37614/2949-1215.2022.13.1.019>
- Kawatra, S. K., & Eisele, T. (2001). *Froth flotation: Fundamental principles*. SME.
- Kawatra, S., & Carlson, J. (2013). *Beneficiation of phosphate ore*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

- Kawulich, B. (2005). La observación participante como método de recolección de datos. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 6(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.17169/fqs-6.2.466>
- King, R. (2012). *Modeling and simulation of mineral processing systems*. Elsevier.
- Lotter, N., & Bradshaw, D. (2010). The formulation and use of mixed collectors in sulphide flotation. *Minerals Engineering*, 23(11-13), 945-951. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.03.011>
- Lotter, N., & Bradshaw, D. (2010). The formulation and use of mixed collectors in sulphide flotation. *Minerals Engineering*, 23(11-13), 945-951. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2010.03.011>
- Lotter, N., Bradshaw, D., Becker, M., Parolis, L., & Kormos, L. (2011). Factors affecting the industrial flotation of Merensky and UG2 ores. *Minerals Engineering*, 24(3-4), 321-326.
- Lotter, N., Kormos, L., Osvald, K., & Schnieders, D. (2016). The business value of best practices in mineral processing. *Minerals Engineering*, 98, 275-285.
- Lottermoser, B. (2017). *Environmental indicators in metal mining*. Springer International Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-42731-7>
- Malhotra, D., Taylor, P., Spiller, E., & LeVier, M. (2009). *Recent advances in mineral processing plant design*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-recentadvancesinmineralprocessinglantdesign.pdf>
- Matveeva, T., Getman, V., Karkeshkina, & Yu. (2022). Fundamentación del uso de ditiopiril metano como colector de sulfuros de oro en la flotación de minerales complejos. *Ores y metals*, 12. <https://www.rudmet.ru/journal/2168/article/36046/?language=en>

- Montgomery, D., & Runger, G. (2014). Applied Statistics and Probability for Engineers (6th ed ed.). Wiley.
https://books.google.com.pe/books?id=_f4KrEcNAfEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Nagaraj, D., & Farinato, R. (2016). Evolution of flotation chemistry and chemicals: A century of innovations and the lingering challenges. *Minerals Engineering*, 2(14), 96-97.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.04.019>
- Nagaraj, D., & Farinato, R. (2016). Evolution of flotation chemistry and chemicals: A century of innovations and the lingering challenges. *Minerals Engineering*,. 96-97, 2-14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.06.019>
- Nguyen, A., & Schulze, H. (2004). Colloidal science of flotation. CRC Press, 118.
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., & Romero Delgado, H. (2018). Metodología de la investigación: Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis. Ediciones de la U.
<https://doi.org/https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcsp/detail.action?docID=5485826>
- O'Connor, C., & Dunne, R. (1994). The flotation of gold bearing ores A review. *Minerals Engineering* , 7(7), 839-849. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0892-6875\(94\)90128-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0892-6875(94)90128-7)
- Olubambi, P., Ndlovu, S., Potgieter, J., & Borode, J. (2007). Effect of ore morphology on the processing of low-grade complex sulphide ores. *Hydrometallurgy*, 86(3-4), 112-129.
- Panayotov, V., & Panayotova, M. (2023). Technology for increasing the precious metals content in copper concentrate obtained by flotation. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 59(5). [https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.37190/ppmp/167424](https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.37190/ppmp/167424)

Panayotova, M. (2023). Control of Non-Ferrous Metal-Sulfide Minerals' Flotation via Pulp Potential. *Minerals*, 13(12), 1512. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/min13121512>

Petruk, W. (2000). *Applied mineralogy in the mining industry* (Vol. 1). Elsevier.

Ramírez, A., & Parra, R. (2009). Interactions between copper and silver in flotation. *Minerals Engineering*, 22(4), 379-385.

Rao, S., & Finch, J. (1989). A review of water re-use in flotation. *Minerals Engineering*, 2(1), 65-85. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0892-6875\(89\)90066-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0892-6875(89)90066-6)

Rao, S., & Leja, J. (2004). *Surface chemistry of froth flotation*. Springer.

Rivera Vargas, H. A. (2023). Evaluación metalúrgica para la optimización del proceso de flotación de concentrados Bulk plomo, cobre y plata en la Compañía Minera Raura mediante diseños experimentales, 2019 - 2022. *Ingenierio metalurgista y materiales*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/9643>

Robb, L. (2020). *Introduction to ore-forming processes*. John Wiley & Sons.

Seke, M. (2005). The behaviour of silver and copper in the froth flotation process. *Minerals Engineering*, 18(8), 833-837.

Simate, G., & Ndlovu, S. (2014). Popularization of the sustainability concepts in the mining and mineral processing industries. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 35(4), 236-256.

Simate, G., & Ndlovu, S. (2014). Popularization of the sustainability concepts in the mining and mineral processing industries. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, , 35(4), 236-256.

- Sinclair, W. (2009). Porphyry deposits. In *Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods*. Geological Association of Canada., 223-243.
- Somasundaran, P., Zhang, L., & Krishnakumar, S. (2018). Fundamentals of flotation. En P. Somasundaran, *Encyclopedia of surface and colloid science* (3 ed., págs. 2712-2739). CRC Press.
- Sutulov, A. (1963). Flotación de minerales. Concepción : Instituto de investigaciones tecnológicas .
- Tao, D. (2004). Role of bubble size in flotation of coarse and fine particles. *Separation Science and Technology*, 39(4), 741-760.
- Trahar, W. (1981). A rational interpretation of the role of particle size in flotation. *International Journal of Mineral Processing*, 8(4), 289-327.
- Wang, L., Peng, Y., Runge, K., & Bradshaw, D. (2015). A review of entrainment: Mechanisms, contributing factors and modelling in flotation. . *Minerals Engineering*, 98, 218-239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.09.003>
- Wang, Y., Peng, Y., Nicholson, T., & Lauten, R. (2020). The role of chemical conditions in the flotation separation of chalcopyrite and pyrite. *Minerals Engineering*, 157.
- Wills, B., & Finch, J. (2015). *Wills' mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery*. Butterworth-Heinemann.
- Wills, B., & Finch, J. (2015). *Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery* (9 ed.). Butterworth-Heinemann.
- Wills, B., & Finch, J. (2016). *Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery* (8th ed. ed.). Montrial: Butterworth-

Heinemann. <https://www.elsevier.com/books/wills-mineral-processing-technology/wills/978-0-08-097053-0>

Wills, B., & Napier-Munn, T. (2006). *Wills' mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery*. Elsevier.

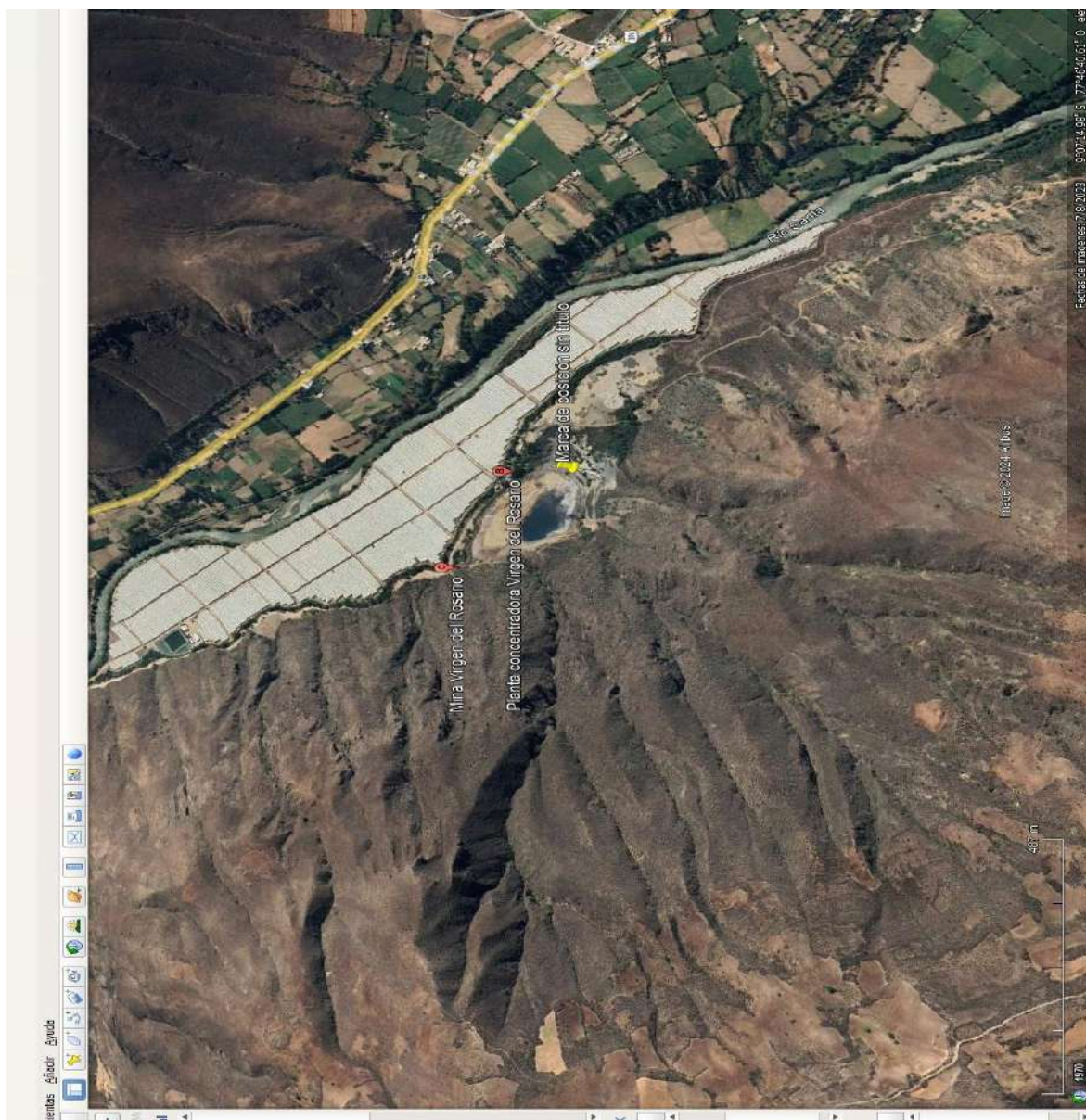
Woodcock, J., Sparrow, G., & Bruckard, W. (2007). Flotation of precious metals and their minerals. En M. Fuerstenau, G. Jameson, & R.-H. Yoon, *Froth Flotation: A Century of Innovation* (págs. 575-609). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Xianyang, Q., Jianjian, Z., Zhen, H., Hanwen, L., Xiaolu, Y., Tai, W., . . . Han, S. (2019). Método de recuperación de minerales de plata y cobre mediante tratamiento de minerales.

Yoon, R., Kelley, K., & Do, H. (2012). Recent advances in flotation chemistry and technology. In C. Young, & G. ., Luttrell, *Separation technologies for minerals, coal, and earth resources* (pp. 269-277). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

ANEXOS

Anexo 1 localización de la planta Virgen del Rosario



Anexo 2 Matriz de consistencia.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicadores	Metodología
Generales	¿En qué medida el tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores permitirá obtener una mejor calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario?	Analizar el tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores para ver la calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario.	Con un adecuado tratamiento de menas polimetálicas mediante depresores y colectores permitirá obtener una calidad y recuperación de cobre plata oro en la Planta Virgen del Rosario.	<u>Independiente</u> • Tratamiento de menas polimetálicos <u>Dependiente.</u> <u>Calidad</u> y <u>recuperación</u>		<u>Tipo de investigación:</u> aplicado <u>Nivel de Investigación:</u> explicativo
	¿En qué medida el colector Z-11 tendrá efecto en la recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro?	Analizar en qué medida el colector Z-11 tiene efecto en la recuperación del concentrado respecto al cobre plata oro.	Con una dosis adecuado de colector Z-11 tendrá un efecto optimo en la recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.		<u>Independiente</u> Colector Z-11 <u>Dependiente.</u> Recuperación	<u>Diseño de Investigación:</u> experimental <u>Enfoque de Investigación:</u> cuantitativo
Específico	¿En qué medida los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tendrá efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro?	Analizar en qué medida los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tiene efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro.	Con una dosis adecuado de los depresores RCSC sulfato de zinc bisulfito de sodio tendrá un efecto en la calidad en el concentrado respecto al cobre plata oro.		<u>Independiente</u> Depresor RCSC, sulfato de zinc y bisulfito de sodio <u>Dependiente.</u> Calidda	<u>Población</u> <u>Muestra:</u> 50 kilos de mineral <u>Técnica Recolección Datos:</u> observación
	¿En qué medida el colector y los depresores tendrá efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro?	Analizar en qué medida el colector y los depresores tiene efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.	Con una dosis adecuada del colector y los depresores se tendrá un efecto en la calidad y recuperación en el concentrado respecto al cobre plata oro.		<u>Independiente</u> Colector y depresor <u>Dependiente.</u> Calidda y recuperación	<u>Técnica Procesamiento Información:</u> Estadístico descriptiva y inferencial

Anexo 15 Análisis de recuperación colector

Elemento	R	R²	AIC	Prueba Global del Modelo			
				F	gl1	gl2	p
Cobre	0.958	0.918	43.5	45	1	4	0.003
Plata	0.968	0.938	32.2	60.4	1	4	0.001
Oro	0.86	0.74	22	11.4	1	4	0.028

Anexo 16 Análisis de calidad de concentrado

Modelo	R	R²	AIC	Prueba Global del Modelo			
				F	gl1	gl2	p
Au g/t	0.999	0.997	-38.3	239	3	2	0.004
Ag g/t	0.751	0.564	78	0.864	3	2	0.576
%Cu	0.933	0.871	33.4	4.52	3	2	0.187

Anexo 17 análisis de colectores y depresores

Elemento	R	R²	AIC	Prueba Global del Modelo			
				F	gl1	gl2	p
Au g/t	0.999	0.999	-41.1	199	4	1	0.0530
Ag g/t	0.751	0.565	80	0.324	4	1	0.8460
% Cu	0.942	0.888	34.6	1.98	4	1	0.4840
Recup Au	0.981	0.963	16.4	6.42	4	1	0.2870
Recup Ag	0.97	0.942	37.8	4.02	4	1	0.3560
Recup Cu	0.998	0.997	30.4	74.6	4	1	0.0870