



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

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

Escalamiento a nivel piloto de mineral sulfurado para la concentración de cobre plata y oro -2019

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

Autor

Kevin Raphael Abelardo Lopez Chu

Asesor

Dr. Berardo Beder Ruiz Sanchez

Huacho - Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

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

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Química

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Lopez Chu, Kevin Raphael Abelardo	48281780	17 setiembre 2021
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Ruiz Sánchez, Berardo Beder	31602007	0000-0002-1822-9204
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Ipanaque Roña, Juan Manuel	32952515	0000-0003-2695-9802
Coca Ramírez, Víctor Raúl	15601160	0000-0002-2287-7060
Abarca Rodríguez, Joaquín José	15740291	0000-0003-1004-3824

ESCALAMIENTO A NIVEL PILOTO DE MINERAL SULFURADO PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE PLATA Y ORO -2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	13%	5%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	9%
2	1library.co Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
4	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	opac.pucv.cl Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%

ESCALAMIENTO A NIVEL PILOTO DE MINERAL SULFURADO PARA
LA CONCENTRACIÓN DE COBRE PLATA Y ORO -2019

.....
M(o) Ipanaque Roña, Juan Manuel
Presidente

.....
M(o). Coca Ramírez, Víctor Raúl
Secretario

.....
M(o). Abarca Rodríguez, Joaquín José
Vocal

.....
Dr. Ruiz Sánchez, Berardo Beder
Asesor

DEDICATORIA

Estas líneas están dedicados a mis seres queridos en especial a mi madre y papá que darme la vida y apoyarme en la formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Al creador de toda la cosa por darnos los privilegios y ser uno de los que gozan de todo lo creado y a mis padres por darme la luz de la vida para ser parte de él.

Mi gratitud a las personas que dieron una parte de su vida en la formación personal y profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLA	xii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPITULO I	19
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	19
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	19
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problema	20
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivos	20
1.3.2. Objetivos.....	20
1.4. Justificación de la investigación.....	21
1.5. Delimitación del estudio.....	21
1.5.1. Delimitación.....	21
1.5.2. Delimitación.....	21

1.5.3.	Delimitación.....	21
1.6.	Viabilidad del estudio.	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO II MARCO TEORICO		23
2.1.	Antecedentes de la investigación.	23
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	23
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.	24
2.1.3.	Atrás Investigaciones.	26
2.2.	Bases Teóricas	27
2.2.1.	Liberación de Minerales.	27
2.2.2.	Flotación de Minerales.....	28
2.2.3.	Secuencias en el proceso de la flotación.....	28
2.2.4.	Variables Relacionado al Proceso de Flotación.....	29
2.3.	Definiciones Conceptuales.....	32
CAPITULO III METODOLOGÍA		36
3.1.	Diseño Metodológico.....	36
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	36
3.1.2.	Nivel de Investigación.	36
3.1.3.	Diseño de la Investigación.	36
3.1.4.	Enfoque de la Investigación.....	36
3.2.	Población y Muestra.	37
3.2.1.	Población.....	37

3.2.2.	Muestra.	37
3.3.	Técnicas de Recolección de Datos.....	37
3.4.	Técnica para el Procesamiento de la Información.	38
CAPITULO IV RESULTADOS.....		39
4.1.	Análisis de resultados.	39
4.1.1.	Leyes de Ensayos de Laboratorio y Nivel Planta.	39
4.1.2.	Resultados de las Pruebas de Laboratorio y Planta.	44
4.1.3.	Resumen a Nivel Laboratorio y Nivel Planta.	52
4.2.	Análisis de Varianza.	59
4.2.1.	Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 a Nivel Laboratorio. 59	
4.2.2.	Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 a Nivel Planta. 60	
4.2.3.	Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Laboratorio.....	62
4.2.4.	Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Planta. 63	
4.2.5.	Recuperación de Cobre, Oro y Plata Función del pH a Nivel Laboratorio. ...	65
4.2.6.	Recuperación de Cobre, Oro y Plata Función del pH a Nivel Planta.	66
4.2.7.	Recuperación de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Laboratorio.	67

4.2.8.	Recuperación de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Planta.....	68
4.3.	Contrastación de Hipótesis.....	70
4.3.1.	Contrastación de Hipótesis General.....	70
4.3.2.	Contrastación de Hipótesis Específicas.....	70
CAPITULO V DISCUSIÓN.....		72
5.1.	Discusión de resultados.....	72
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		74
6.1.	Conclusiones.....	74
6.2.	Recomendaciones.....	75
CAPITULO VII REFERENCIAS		76
7.1.	Fuentes bibliográficas.....	76
7.2.	Fuentes electrónicas.....	77
ANEXO.....		80

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Distribución de las variables de operacionalización respecto escalamiento a nivel planta piloto en la concentración de minerales de cobre.	35
Tabla 2 Resultados de ensayo químico de la primera prueba de flotación	39
Tabla 3 Resultados de ensayo químico de la segunda prueba de flotación	39
Tabla 4 Resultados de ensayo químico de la tercera prueba de flotación	40
Tabla 5 Resultados de ensayo químico de la cuarta prueba de flotación.....	40
Tabla 6 Condiciones de pruebas de laboratorio referente pH y A238	41
Tabla 7 Resultados de ensayo químico de la primera guardia a nivel planta I.....	41
Tabla 8 Resultados de ensayo químico de la segunda guardia a nivel planta I	42
Tabla 9 Resultados de ensayo químico de la primera guardia a nivel planta II.....	42
Tabla 10 Resultados de ensayo químico de la segunda guardia a nivel planta II	42
Tabla 11 Condiciones de flotación a nivel planta referente pH y A-238.....	43
Tabla 12 Balance metalúrgico de la primera prueba de flotación	44
Tabla 13 Balance metalúrgico de la segunda prueba de flotación.....	45
Tabla 14 Balance metalúrgico de la tercera prueba de flotación	46
Tabla 15 Balance metalúrgico de la cuarta prueba de flotación	47
Tabla 16 Balance metalúrgico de la primera I guardia a nivel planta	48
Tabla 17 Balance metalúrgico de la segunda I guardia a nivel planta.....	49
Tabla 18 Balance metalúrgico de la primera II guardia a nivel planta	50
Tabla 19 Balance metalúrgico de la segunda I guardia a nivel planta.....	51
Tabla 20 Condiciones de las leyes y recuperación de las pruebas de concentración de cobre	52
Tabla 21 Condiciones de las leyes y recuperación de las pruebas de concentración de oro ..	52
Tabla 22 Condiciones de las leyes y recuperación de las pruebas de concentración de plata	53

Tabla 23	Condiciones de las leyes y recuperación en planta de la concentración de cobre ...	55
Tabla 24	Condiciones de las leyes y recuperación en planta de la concentración de oro.....	56
Tabla 25	Condiciones de las leyes y recuperación en planta de la concentración de plata	56
Tabla 26	Análisis de Varianza a nivel laboratorio de concentrado (%Cu) vs. A-238 (g/t)	59
Tabla 27	Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Au) vs. A-238 (g/t).....	59
Tabla 28	Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Ag) vs. A-238 (g/t).....	60
Tabla 29	Análisis de Varianza a nivel planta concentrado (%Cu) vs. A-238 (g/t).....	60
Tabla 30	Análisis de Varianza nivel planta concentrado (g/t Au) vs. A-238 (g/t)	61
Tabla 31	Análisis de Varianza nivel planta concentrado (g/t Ag) vs. A-238 (g/t)	61
Tabla 32	Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)..	62
Tabla 33	Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Au) vs. pH; A-238 (g/t)	62
Tabla 34	Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Ag) vs. pH; A-238 (g/t)	63
Tabla 35	Análisis de Varianza a nivel planta concentrado (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t).....	63
Tabla 36	Análisis de Varianza Concentrado (g/t Au) vs. pH; A-238 (g/t)	64
Tabla 37	Análisis de Varianza Concentrado (g/t Ag) vs. pH; A-238 (g/t)	64
Tabla 38	Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Cu) vs. pH.....	65
Tabla 39	Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Au) vs. pH.....	65
Tabla 40	Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH.	65
Tabla 41	Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Cu) vs. pH.....	66
Tabla 42	Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Au) vs. pH.	66
Tabla 43	Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH.	66
Tabla 44	Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)....	67
Tabla 45	Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Au) vs. pH; A-238 (g/t) ...	67
Tabla 46	Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH; A-238 (g/t)	68
Tabla 47	Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)	68

Tabla 48 Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Au) vs. pH; A-238 (g/t)69

Tabla 49 Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH; A-238 (g/t)69

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Distribución de reactivos químicos para la flotación de minerales	30
Figura 2 Curva de la ley de cobre, oro y plata en el concentrado a nivel laboratorio	53
Figura 3 Curva de la ley en el relave de cobre, oro y plata a nivel laboratorio	54
Figura 4 Curva de la recuperación de cobre, oro y plata a nivel laboratorio.....	55
Figura 5 Curva de la ley del concentrado de cobre, oro y plata a nivel planta	57
Figura 6 Curva de la recuperación de cobre, oro y plata a nivel planta.....	57
Figura 7 Curva de la ley del relave de cobre, oro y plata a nivel planta.....	58

RESUMEN

EL estudio sobre tiene por objetivo, Comparar la calidad y recuperación a nivel piloto el producto del tratamiento de mineral por flotación de menas sulfurado, respecto al cobre y como sub productos a la plata y oro, el estudio se realiza en la planta piloto de minera Huachon, durante el periodo del 2019 y a comienzo del 2020, es un estudio preexperimental, aplicada, predictiva, cuantitativa por su naturaleza del estudio. El resultado de las pruebas de laboratorio se obtiene una calidad de 27.7% Cu, con una recuperación de 76.41%, para el oro de 54.38 g/t con un 84.43%, mientras que para la plata 140.56 g/t con un 76.03% de recuperación mientras que a nivel planta se tiene una calidad de 24.52% Cu, con una recuperación de 86.41%, para el oro de 17.70 g/t con un 51.62%, mientras que para la plata 105.71 oz/t con un 78.55%. Se concluye que el pH y A-238 no tiene influencia en la calidad y recuperación de cobre, oro y plata ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05, en excepción que el A-238 influye en la recuperación de cobre a nivel planta y el pH a nivel laboratorio. En la calidad el A-238 es significativo para el cobre y oro a nivel laboratorio, mientras que a nivel planta para el cobre y plata es significativo. En la recuperación el pH tiene efecto significativo para el cobre tanto a nivel laboratorio y planta, mientras que para el oro y plata no es significativo a nivel laboratorio y planta.

Palabra clave: Flotación a nivel piloto, Recuperación de cobre, Evaluación de flotación de cobre, Estandarización de flotación de cobre.

ABSTRACT

The objective of the study on is to compare the quality and recovery at a pilot level of the product of the mineral treatment by flotation of sulphide ores, with respect to copper and silver and gold as by-products, the study is carried out in the mining pilot plant Huachon, during the period of 2019 and at the beginning of 2020, is a pre-experimental, applied, predictive, quantitative study due to its nature of the study. The result of laboratory tests is obtained a quality of 27.7% Cu, with a recovery of 76.41%, for gold of 54.38 g / t with 84.43%, while for silver 140.56 g / t with 76.03% of recovery while at the plant level there is a quality of 24.52% Cu, with a recovery of 86.41%, for gold of 17.70 g / t with 51.62%, while for silver 105.71 oz / t with 78.55%. It is concluded that the pH and A-238 have no influence on the quality and recovery of copper, gold and silver since the calculated p value is greater than 0.05, except that A-238 influences the recovery of copper at the level. plant and pH at laboratory level. In terms of quality, A-238 is significant for copper and gold at the laboratory level, while at the plant level for copper and silver it is significant. In recovery, the pH has a significant effect for copper both at the laboratory and plant level, while for gold and silver it is not significant at the laboratory and plant level.

Key Word: Pilot-level flotation, Copper recovery, Copper flotation evaluation, Copper flotation standardization.

INTRODUCCIÓN

El proceso de flotación es una de las técnicas ampliamente utilizado en la recuperación de los minerales, aproximadamente en los años 1917 se emplearon la flotación por espuma para la concentración de los minerales, en busca de alternativas a los métodos tradicionales por el agotamiento de los minerales de alta ley por parte de las empresas Américas.

En el Perú en los años 1920 con la caída de los precios y agotamiento de los guanos, se busca alternativas que permita el ingreso de divisas ala arcas de estado y buscando crear empresas para la explotación de los recursos mineros, con ello se comienza a instalan plantas concentradoras que permita realizar la concentración de minerales sulfurados por flotación.

Por otra parte, las empresas pequeñas y artesanales hoy en día buscan alternativas de existencia, a ver que se agotan los minerales auríferos, incursionando a la parte, polimetálico, en este rubro se necesita realizar las pruebas y el dimensionamiento al nivel planta, en virtud a ello se realiza el trabajo sobre “Escalamiento a nivel piloto de mineral sulfurado para la concentración de cobre plata y oro -2019”, para ello es necesario primero realizar las pruebas de laboratorio y luego realizar los ajustes a nivel industrial para su operación de las plantas, que se realizan de acuerdo el contenido de estudio.

El trabajo esta estructura en la primera parte, la problemática de la investigación y sus objetivos, en el siguiente parte se da los fundamentos teóricos, siguiendo por la metodología empleada para el estudio, luego se describe los resultados obtenidos del trabajo realizado, ultimo se tiene un análisis del trabajo, con un sus respectivos conclusiones y recomendaciones en función del trabajo realizado.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.

En los procesos secuenciales de la investigación, para la aplicación industrial, tiene una secuencialidad, desde una investigación básica, pasando a la investigación experimental básica, luego a la investigación, cíclica, posterior a la aplicación de pilotaje, este permite obtener datos más reales para una aplicación industrial.

La aplicación del pilotaje para nuestro caso es importante porque nos permitirá obtener datos reales, por lo que es un trabajo similar al industrial, pero en pequeño escalar, para el caso de este mineral que tiene una alteración mineralógica acompañados por minerales que le permitirá dale valor comercial como es el oro y plata.

en función a ellos es necesario buscar alternativas de solución y estas son plantearse una interrogante para poder establecer una hipótesis que nos permita su comprobación posterior.

1.2. Formulación del problema.

respecto al trabajo a realizar sobre escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado con el fin de realizar una concentración de menas de cobre y como sub producto plata y oro, se establece en el segundo nivel del proceso de recuperación de los minerales, donde nos permitirá, saber si las condiciones planteadas en función al objetivo es factible o no, para seguir buscando parámetros que nos garantice la recuperación y calidad de los minerales de interés, para ellos se plantean ciertas incógnitas y hipótesis en este trabajo.

1.2.1. Problema general.

¿Será factible el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado con el fin de realizar una concentración de menas de cobre y como sub producto plata y oro - 2019?

1.2.2. Problema específico.

- ¿La adición del colector A238 en la molienda, tendrá efecto en la ley de la flotación de menas sulfurados de cobre y su eficiencia de los componentes de cobre, plata y oro a nivel piloto?
- ¿Será posible que el pH tenga efectos favorables, sobre ley de concentrado de menas y su eficiencia en los componentes de cobre, plata y oro a nivel piloto?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivos Generales.

Comparar la calidad y recuperación a nivel piloto el producto del tratamiento de mineral por flotación de menas sulfurado, respecto al cobre y como sub productos a la plata y oro.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Relacionar la adición del colector A238, sobre el efecto que tendrá en la ley del producto obtenido por flotación y la eficiencia en la recuperación de cobre, plata y oro a nivel piloto.
- Analizar el pH que efectos tendrá, respecto a la ley del producto obtenido por flotación y su eficiencia en la recuperación de los elementos metálicos de cobre, plata y oro a nivel piloto.

1.4. Justificación de la investigación .

Es importante el estudio sobre el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado para producir un producto por flotación de menas de cobre, plata y oro -2019, nos permitió encontrar parámetros más reales respecto al nivel experimental, con ello realizar los ajustes de los parámetros en estudio más reales para ser aplicado operacionalmente en un proceso continuo.

1.5. Delimitación del estudio.

1.5.1. Delimitación Territorial.

Departamento	:	Cerro de Pasco
Provincia	:	Provincia de Pasco
Distrito	:	Huachón
Ciudad	:	minera huachon s.a.c

1.5.2. Delimitación Tiempo y Espacio.

En pilotaje que se desarrollara en la planta piloto de la minera Huachon S.A.C, durante el periodo de 2019 – 2020.

1.5.3. Delimitación de Recursos.

Las limitaciones están conformadas desde varios puntos de vista tanto financiera como tecnología ya que las empresas pequeñas carecen de estos medios, por ende, afecta a vuestro trabajo para llevar a cabalidad el estudio, respecto a los análisis se realizan en laboratorios externos y el financiamiento los realizan los mineros artesanales, ya que se realizan un intercambio la información necesitaban para la toma de decisiones a ellos y al investigador para la elaboración del informe.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

El pilotaje es la tercera fase del proceso, partiendo desde el trabajo de investigación exploratorio. Es el proceso de real en la recuperación de los minerales por flotación, donde se realiza los ajustes operacionales de los equipos y las variables que intervienen en el proceso. La fundamentación de estos procesos está basada en el empirismo y en el analítico, por ello es necesario hablar de los antecedentes y marco teórico.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

En la optimización de la recuperación de molibdeno, realizado en la planta II de las Tórtolas, Rubilar (2014) concluye:

El enriquecimiento en la ley de Mo en el concentrado mixto de 0.025 sobre la ley original al disminuir los flujos de agua de lavado a 60 m³/h para leyes medias y de 30 m³/h para leyes altas de Mo alimentación al circuito de limpieza colectivo, resultando en beneficios económicos adicionales de entre USD \$ 4018 y USD \$ 4559 por turno en planta selectiva. A estas condiciones se produce un enriquecimiento en la ley original de Mo en 0.038, traduciéndose en un beneficio económico que oscila entre los USD \$ 5504 y USD \$ 6782 por turno en planta selectiva. (pp. 117-118)

El análisis sobre pérdida de molibdenita en el circuito colectivo, realizado en la Collahuasi en la ccompañía minera Doña Inés, Correa (2019) concluye:

El agua tiene gran contenido iónico, en especial iones fuertemente depresores como lo son el Calcio y el Magnesio. (...) existir un tamaño óptimo para la flotación columnar de la molibdenita, el cual es entre 25 a 38 ya que se presenta

un aumento en la cantidad de molibdenita, aumento en el porcentaje único en todas las etapas del circuito colectivo. (...) la baja recuperación de la molibdenita en la segunda limpieza, (...) los fina no es capaz de recuperarlo, (...) se pierde por las colas hacia el relave final. (...), la recuperación global en el año 2017 fue de 24%, en comparación a otras mineras cuyas recuperaciones están entre en un rango de 50% a 75%, por lo cual existe un amplio rango de mejoramiento, en la medida que se tomen acciones en función de lo analizado anteriormente”. (pp. 49-150)

En el circuito de flotación selectiva de molibdeno se realiza la evaluación del uso de NaSH, en Pelambres Lobos (2015) concluye,

la alta recuperación de molibdeno se debe, a que la molibdenita se encuentra en su mayoría libre, y sólo un 8% del mineral se asocia a ganga de tal manera que se dificulta su flotación. (...) un alto contenido de oxígeno (...) aumentar a más del doble el consumo de NaSH en comparación a la ausencia de éste. Para minimizar el contenido de oxígeno (...), se plantea no sobrepasar los 2000 en el flujo de gas de la Planta de Nitrógeno. (...) para disminuir el consumo del reactivo sin alterar la selectividad del proceso. Otra forma que ayudaría a requerir de menos NaSH es aumentar el ORP de operación. (pp. 84-85)

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En la concentración de menas de cobre por flotación a partir del tratamiento de minerales con presencia de caolín, Suarez (2019)concluye:

El mineral tratado de interés es la calcopirita con una ley de cobre de 2.32% y oro 1.1 g/TM y plata de 24.56 g/TM con un 8.76% de fierro, con una densidad de 2.61g/cm³. La densidad de pulpa de mejor índice en la recuperación es 1256

g/l (33%) obteniendo un concentrado de 25.3% de cobre y una recuperación de 86.3%, la liberación al 63% pasante a malla 200 tiene un concentrado de 26.3% de cobre con una recuperación de 89.2%. Respecto a los colectores en mejor condición de recuperación es KAX con una adición de 46 g/t dando como resultado un concentrado de 28% de cobre con una recuperación de 90.3% respecto a A-208 que con un 45.8 g/t tiene un concentrado con ley de 27.9% con una recuperación de 83.1%. Cantidad optima de dosificación de espumante D-250 es 56.6 g/t produciendo un concentrado de ley de 25.3% de cobre con una recuperación de 86.3%, por otra parte, el mejor pH en la recuperación de cobre es de 11.7 que se obtiene un concentrado de 28% de cobre con una recuperación de 76.9%". (p.58).

Con el uso de reactivo organico natural liquido ionico para la flotación de minerales sulfurados de cobre, Arana (2019) concluye "que los reactivos orgánicos naturales y el reactivo verde peróxido de hidrógeno son una alternativa verde para la flotación de minerales con altos grados de recuperación de cobre y baja recuperación de hierro" (p. 82).

Evaluación en la recuperación de plomo y zinc de minerales sulfurados, realizado en la mina Azulcocha, Villegas & Castillo (2019) concluyen:

"En la investigación que se ha considerado después de la regresión: Tamaño de partícula (liberada) 62 % malla menos 200, Tiempo de molienda 11 minutos, Tiempo de flotación 3 minutos, Dosificación de reactivos. Variado de acuerdo a las secciones. - Ley de cabeza: 10,68%Zn 0,73%Pb 0,56%Cu 0,61 Ag (Onz) 23,47%Fe. Después del análisis de la regresión se ha tenido como resultado: Las recuperaciones en el mineral principal que es el zinc fue del 90 %, en el plomo sobre el 60 % y en el cobre sobre 62 %. Lo que hace rentable el proceso". (p. 112)

2.1.3. Atrás Investigaciones.

Respecto a los trabajos de investigación en revistas periódicos se tiene una serie de investigaciones y las que tiene una relación más acorde con el tema se tiene los que se describirán a continuación.

A partir del relave del concentrado de cobre la flotación de pirita en Atacama. Valderrama, y otros (2019) concluyen “la recuperación de pirita mediante el proceso de flotación, se obtiene un concentrado final de buena ley. (...) En la simulación matemática (...) el concentrado de pirita 59%, recuperación de 94% y recuperación en peso de 40%” (p.12).

En el trabajo sobre la flotación de sulfuro de hierro para la desulfuración del relave. Valderrama, Zazzali, Chamorro, & Santander (2015) concluyeron “es posible generar un impacto ambiental positivo si se logra disminuir una gran parte de la pirita destinada a ser depositada en los relaves; en caso contrario, (...) las condiciones necesarias para la producción de aguas ácidas. (p. 130).

En la investigación respecto al uso del gas nitrógeno para la reducción del NaSH en la separación de molibdeno. Solano, Villavicencio, & Vela (2019) concluyen:

La aplicación de N_2 no afecta el proceso de flotación obteniendo el mismo efecto en el concentrado de molibdeno por una parte y de calcocita por otro, nos indica un medio de flotación estable en la pulpa debido a la atmósfera inerte proporcionada por el nitrógeno. (...) la tendencia es sustituir los depresores inorgánicos por otros de origen orgánico, (...) no tóxicos y disminuyan los costos de producción. (p.6).

En el trabajo al nivel de planta piloto realizada sobre investigación metalúrgica (Castillo, 2008) concluye “las pruebas a nivel piloto generan información confiable, aunque sus limitaciones sean requerir mayor cantidad de muestra mineral o su mayor costo involucrado” (p.26).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Liberación de Minerales.

El proceso de liberación consiste en la reducción de las rocas con la finalidad de separar los minerales que están constituido de menas y gangas. El mineral que ingresa al molino es el producto del circuito de chancado, el proceso de liberación se realiza cuando el molino jiro y el mineral por medio del contacto con los medios moledoras, por impacto abrasión rozamiento son reducido en un medio denso (Wills, 1994).

En el proceso de reducción se realiza en el circuito de molienda en humedo y seco, pero en el proceso metalurgico para la concetración de minerales se realiza en medio humeda, donde el mineral ingresante es de menor a $\frac{3}{4}$ ” en las operaciones convencionales junto con el agua en una relación del 50% a 70% de sólidos, el producto saliente para la flotación deber menor a la malla 75 desde el punto de vista toerico, pero en la practica lo define su en que grado se encuentra asociado el mineral de interes respecto a las gangas.

2.2.1.1 Variables Importantes en la Molienda.

En la molienda de los minerales respecto a la liberación en un medio diluido que intervienen el mineral y el agua se debe de tener en consideración: Velocidad operación, relaciones entre los elementos variables de los molinos, tamaño máximo de los elementos moledores, vvolumen de carga, potencia, tipos de molienda húmeda o seca (Portal minero, 2006).

2.2.1.2 Variables que Influyen en la Molienda.

En la molienda de los minerales los factores más importantes a considerar practico para una liberación adecuado operacionalmente se tienen: a). La carga moledora. El espacio que ocupa debe estar entre 40% a 50% del volumen del molino interior para una liberación eficiente (Kelly & Spottiswood, 1990), b). Velocidad de rotación del molino. Este parámetro para un

aprovechamiento de la energía potencial donde se generen una catarata debe estar en un 70% de la velocidad crítica (Quiroz, 1986), c). Porcentaje de sólido. Para una liberación óptima el porcentaje debe estar 67 % de sólidos, en este rango el mineral tiene una adhesión adecuada para aprovechar mejor la energía (Sutulov, 1963).

2.2.2. Flotación de Minerales.

En la etapa de concentración de minerales se realiza por flotación, para la concentración de los minerales, se aprovecha sus propiedades físico y químicos de los minerales.

La flotación es un proceso de separación aprovechando las propiedades superficiales de los minerales, si la superficie se moja fácilmente con agua, es decir hidrófilo, o repele el agua, es decir, es hidrófobo. Si es hidrofóbico, la partícula mineral puede unirse a las burbujas de aire y ser flotada, el sistema es complejo, que involucra tres fases (sólidos, agua y aire) y la interacción de variables químicas y físicas. Las variables químicas pretenden controlar la transición entre el hidrofílico y estado hidrofóbico Las variables físicas incluyen las resultantes de las propiedades del mineral, como el tamaño de partícula y composición (liberación) y factores derivados de la máquina como la velocidad del aire y el tamaño de la burbuja. Klimpel (1984) citado en (Barry & Tim, 2016,p.265).

2.2.3. Secuencias en el proceso de la flotación.

Para la concentración de los minerales existen etapas desde que ingresa el mineral al molino para su liberación, pasando por la clasificación, acondicionamiento, flotación, separación solido líquido, etc.

El mineral que ingresa a la molienda en rocas fragmentado es reducido a gramos finos para separar de las gangas, luego se envían al circuito de clasificación donde se separa para que el mineral liberado esté dentro del rango adecuado, acto seguido ingresa al acondicionamiento junto con los reactivos interactuando los tres componentes sólido líquido y gas los colectores a los minerales los hacen hidrofóbicos y se adhieren a la superficie de las burbujas, posteriormente en las celdas de flotación se crea corriente ascendente por la intervención del movimiento de las paletas para que las burbujas de aire que se encuentran en la pulpa del mineral formen una espuma para ser atraída el mineral a la burbuja, seguidamente evacuar a la superficie y extraerse la espuma cargada de mineral a las canaletas (Azuñero, 2015).

2.2.4. Variables Relacionado al Proceso de Flotación.

En el proceso de flotación existen una serie de factores que intervienen en la concentración de los minerales por flotación, dentro de ello según los autores nombran has 37 variables relacionadas al proceso de flotación. Según Southerland y Wark lo clasifica en relación a la materia prima, molienda clasificación, al agua, al acondicionamiento, a la flotación, a la máquina de flotación (Porras, 1997).

2.2.4.1. Variables relacionado a las operaciones de flotación.

En las operaciones industriales los que influyen en la concentración de los minerales se tiene “mineralogía, tamaño de partículas, grado de liberación, caudal (m^3/h), Tiempo de permanencia, grado de oxidación, pH del mineral, densidad de pulpa, flujo de aire (psi, Pa), remoción de la espuma” (Azuñero, 2015, págs. 109-110).

a sus asociaciones entre sí y la asociación de los minerales (Cytec , 2002). Por otra parte es necesario tener presente los estudios de la mineralización, mineralogía y su análisis químico para tomar decisiones para el uso de los reactivos y condiciones necesarios.

2.2.5. Definiciones Conceptuales.

- a. **Calidad del concentrado:** Es la presencia de los elementos que se encuentran en el concentrado respecto al total expresado en porcentaje o g/t (Azuñero, 2015).
- b. **Concentración de mineral:** Es el resultado obtenido de la flotación menas sulfurados deseados del mineral tratado (Porras, 1997).
- c. **Contenido Metálico:** Es la parte de los elementos metálicos en relación al mineral, concentrado, o relave que se encuentra presente en ello (Sutulov, 1963).
- d. **Ley:** Es la relación matemática de un elemento metálico, respecto al total presente de mineral, concentrado, relave expresado en porcentaje, g/t, ozn/tc (Wills, 1994).
- e. **Mena:** Es el mineral de interés que tiene valor económico ya sea sulfuro o óxidos que podría ser recuperado en proceso metalúrgico (Portal minero, 2006).
- f. **Mineral:** Es un conjunto de elementos inorgánicos que se encuentran en la corteza terrestre que podrían estar formado por óxidos, sulfuros, metales, telurios, etc (Metso Minerals, 2004).
- g. **Planta de procesamiento de minerales:** Es una secuencia sistemática de operaciones que tienen la finalidad de obtener uno o más productos de interés comercial (Azuñero, 2015).
- h. **Proceso:** Es una actividad que se puede realizar por un fenómeno natural o artificial donde interviene la mano del hombre (RAE, 2019).
- i. **Sulfuros:** Es un mineral que estos compuestos dentro de su estructura con enlace de azufre y metal, que corresponde a los minerales sulfuros como pirita cuprita, esfalerita, galena, etc (RAE, 2019).
- j. **Carga Circulante:** Es el material que retorna a una operación con la finalidad de mejorar las condiciones operacionales (Wills, 1994).

- k. **Densidad de pulpa:** Es la relación solido líquido con la finalidad de darle ciertas condiciones de operación en la molienda, flotación y separación solido líquido (Sutulov, 1963).

2.2. Formulación de hipótesis.

2.2.1. Hipótesis General.

Con un control de los parámetros para el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado, nos permitirá una flotación de menas de cobre con contenido de plata y oro -2019, que permita tener las variables adecuados para ser aplicado en plantas pilotos.

2.2.2. Hipótesis Específicas.

Con un control de la dosificación y en los puntos adecuados de la adición de promotor A238, se podrá encontrar un efecto favorable sobre la ley de la flotación obtenido y la eficiencia del concentrado respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su dimensionamiento a nivel industrial.

Con un control adecuado de la cal en los puntos adecuados el pH tenga efectos favorables, en la ley de la flotación del mineral y la recuperación respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su posterior dimensionamiento en nivel industrial con estas condiciones.

2.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Distribución de las variables de operacionalización respecto escalamiento a nivel planta piloto en la concentración de minerales de cobre.

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Escalamiento	- Es el mecanismo que sucede a la parte experimental, que es un proceso industrial en pequeña escalara con las mismas condiciones reales, que permite obtener datos reales del proceso de recuperación de la mena de cobre.	Factores	- Promotor A238 - pH
Dependiente			
Concentrado	- Producto de la flotación por espuma que se obtiene por rebose de las celdas de flotación, con una calidad superior al mineral que ingresa a la celda.	Cuantificación	- Calidad - Recuperación
Intervinientes			
Inconstantes	- Condiciones que intervienen en el proceso de recuperación de sulfuros que tiene valor económico, sin ser variado	Control	- Molienda. Porcentaje de sólidos. - Agitación. - Aire. - Etc.

Nota: Distribución de las variables que intervienen en el proceso de estudio, diseñado por el autor.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico.

3.1.1. Tipo de Investigación.

En esta exploración realizada el trabajo pertenece al tipo de investigación que tiene una correlacional y es aplicada, ya que se medirá el escalamiento de laboratorio a nivel pilotaje con la finalidad de buscar los factores para llevar a nivel real la recuperación de cobre, plata y oro.

La meta del estudio es dar a conocer los efectos que origina las permutas de variable reales de los fenómenos con la finalidad de probar la hipótesis planteada (Bernal, 2010).

3.1.2. Nivel de Investigación.

En cuanto a su nivel de investigación es predictiva ya que en el proceso de pilotaje se en la recuperación del cobre, plata y oro, se aplicará métodos y técnicas con la finalidad de mejorar y corregir el entorno incierto, que da inicio a la teoría de indagación (Carrasco, 2005).

3.1.3. Diseño de la Investigación.

Respecto al diseño del presente trabajo de investigación, es un diseño preexperimental, ya que durante la investigación se tendrá un mínimo control de las variables autónomas, que dan origen después del proceso a la variable dependiente, que se genera a causa de los que se controlan (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.1.4. Enfoque de la Investigación.

Respecto al estudio realizado, sobre el escalamiento del laboratorio a pilotaje, respecto su enfoque es un estudio cuantitativo, por las siguientes razones ya que durante el estudio se

cuantificará las variables o fenómenos involucrado en el proceso de recuperación del cobre, plata y oro.

Sobre el enfoque cuantitativo está fundamentado por usar datos numéricos que fueron recopilado y procesada probar la hipótesis planteado, con mediciones numéricas y su análisis mediante la estadística, con el propósito de probar la presunción (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Población.

La población para llevar a escala pilotaje estará conformado por minerales provenientes de los pequeños mineros de San Ramos, Urcumayo, Estrella solitaria, Huachon, La cumbre, etc. del departamento de Cerro de Pasco y Ucayali.

3.2.2. Muestra.

El material que se extrajo para el pilotaje se realizó por un medio de blending a partir de todos los minerales del cual se sacó una muestra representativa por paladas hasta llenar la tolva de gruesos de 60 t, la muestra para su verificación de la muestra se extrae cada dos hora por corte del proceso de molienda y flotación de pilotaje durante los dos guardias.

3.3. Técnicas de Recolección de Datos.

Como los datos de estudio recolectados son cuantitativos y la recolección de datos se realizaron por medio de la observación directa en el proceso para una obtención de datos confiable (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la Investigación, 2010).

En la recopilación de datos se emplearon la ficha, lista de cotejo y cámara que nos permitió recopilar la información escrita, gravada, fotos, videos y audios.

3.4. Técnica para el Procesamiento de la Información.

Respecto a la investigación realizado sobre escalamiento a nivel piloto de minerales sulfurado para la concentración de cobre plata y oro, como es una muestra cuantitativa para su procesamiento de datos numéricos, se realizó mediante la matematización para ellos se emplearon la estadística para su procesamiento, mediante el software de Excel y minitab 18 con ellos se obtuvieron la información para contrastar la hipótesis planteados (Hernández, Fernández, & Baptista, Metodología de la Investigación, 2010).

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados.

4.1.1. Leyes de Ensayos de Laboratorio y Nivel Planta.

a) Leyes de Ensayos de Laboratorio.

Los resultados químicos reportado de laboratorio de los ensayos realizados a nivel de laboratorio se describe en las tablas 2,3,4 y 5.

Tabla 2

Resultados de ensayo químico de la primera prueba de flotación

ENSAYES QUIMICOS			
PRODUCTO	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)
Cabeza	0.788	1.53	4.58
Conc Cu	29.130	55.50	147.56
Relave	0.190	0.394	1.563

Tabla 2 la ley de cabeza de cobre es de 0.788%, 1.53 g/t oro y 4.58 g/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 29.13 %Cu, 55.50 g/t de oro y 147.56 g/t plata; mientras que el relave tiene una ley de 0.19%Cu, 0.394 g/t de oro y 1.563 g/t plata.

Tabla 3

Resultados de ensayo químico de la segunda prueba de flotación

ENSAYES QUIMICOS			
PRODUCTO	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)
Cabeza	0.788	1.278	3.563
Conc Cu	28.953	56.125	146.890
Relave	0.170	0.075	0.418

Tabla 3 la ley de cabeza de cobre es de 0.788%, 1.278 g/t oro y 3.563 g/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 28.953 %Cu, 56.125 g/t de oro y 146.890 g/t plata; mientras que el relave tiene una ley de 0.17%Cu, 0.075 g/t de oro y 0.218 g/t plata.

Tabla 4
Resultados de ensayo químico de la tercera prueba de flotación

ENSAYES QUIMICOS			
PRODUCTO	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)
Cabeza	0.788	1.533	4.580
Conc Cu	26.130	52.70	139.56
Relave	0.250	0.447	1.714

Tabla 4 la ley de cabeza de cobre es de 0.788%, 1.533 g/t oro y 4.58 g/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 26.13 %Cu, 52.70 g/t de oro y 139.56 g/t plata; mientras que el relave tiene una ley de 0.25%Cu, 0.447 g/t de oro y 1.714 g/t plata.

Tabla 5
Resultados de ensayo químico de la cuarta prueba de flotación

ENSAYES QUIMICOS			
PRODUCTO	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)
Cabeza	0.788	1.325	3.611
Conc Cu	26.587	53.254	128.234
Relave	0.150	0.040	0.529

Tabla 5 la ley de cabeza de cobre es de 0.788%, 1.325 g/t oro y 3.611 g/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 26.587 %Cu, 53.254 g/t de oro y 128.234 g/t plata; mientras que el relave tiene una ley de 0.15%Cu, 0.04 g/t de oro y 0.529 g/t plata.

Tabla 6
Condiciones de pruebas de laboratorio referente pH y A238

N°	pH	A-238 (g/t)
1	10.7	96.35
2	10.4	95.67
3	12.1	91.65
4	9.9	92.89

En la tabla 6 las pruebas realizadas se tiene la primera prueba se realiza a un pH de 10.7 y con una concentración de promotor A-238 de 96.35 g/t, mientras que la segunda prueba a un pH de 10.4 y con una concentración de promotor A-238 de 95.67g/t, para la tercera prueba a un pH de 12.1 y con una concentración de promotor A-238 de 91.65 g/t y la cuarta prueba a un pH de 9.9 y con una concentración de promotor A-238 de 92.89 g/t.

b) Leyes de Ensayos a Nivel Planta.

Tabla 7
Resultados de ensayo químico de la primera guardia a nivel planta I

01-ago	PROMEDIO DE ENSAYES.					
PRODUCTO	% Cu	% Pb	Oz/t Ag	g/t Au	% Fe	%As
Cabeza	1.07	0.05	1.74	1.17	0.00	
Conc.Pb-Cu-Ag_Au	25.69	1.36	39.53	19.58	0.00	1.30
Relave.	0.04	0.00	0.16	0.40	0.00	

Tabla 6 la ley de cabeza de cobre es de 1.07%, 1.17 g/t oro y 1.74 oz/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 25.69 %Cu, 19.58 g/t de oro, 39.53 oz/t plata y 1.30 %As; mientras que el relave tiene una ley de 0.04%Cu, 0.40 g/t de oro y 0.16 oz/t plata.

Tabla 8
Resultados de ensayo químico de la segunda guardia a nivel planta I

01-ago	PROMEDIO DE ENSAYES.					
PRODUCTO	% Cu	% Pb	Oz/tAg	g/t Au	% Fe	%As
Cabeza	0.79	0.03	1.99	0.68	0.00	
Conc.Pb-Cu-Ag_Au	26.46	1.36	80.39	16.80	28.73	1.63
Relave.	0.29	0.00	0.45	0.36	0.00	

Tabla 7 la ley de cabeza de cobre es de 0.79%, 0.68g/t oro y 1.99 oz/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 26.46 %Cu, 16.80 g/t de oro, 80.39 oz/t plata y 1.63 %As; mientras que el relave tiene una ley de 0.29%Cu, 0.36 g/t de oro y 0.45 oz/t plata.

Tabla 9
Resultados de ensayo químico de la primera guardia a nivel planta II

02-ago	PROMEDIO DE ENSAYES.				
PRODUCTO	% Cu	% Pb	Oz/t Ag	g/t Au	% Fe
Cabeza	0.49	1.11	4.34	0.68	9.48
Conc.Pb-Cu	22.00	45.00	157.95	16.20	12.70
Relave.	0.04	0.19	1.12	0.35	9.41

Tabla 8 la ley de cabeza de cobre es de 0.49%, 0.68 g/t oro y 4.34 oz/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 22.00 %Cu, 16.20 g/t de oro, 157.95 oz/t plata; mientras que el relave tiene una ley de 0.04%Cu, 0.35 g/t de oro y 1.12 oz/t plata.

Tabla 10
Resultados de ensayo químico de la segunda guardia a nivel planta II

02-ago	PROMEDIO DE ENSAYES.				
PRODUCTO	% Cu	% Pb	Oz/t Ag	g/t Au	% Fe
Cabeza	0.51	0.91	4.04	0.85	9.47
Conc.Pb-Cu	23.93	31.63	144.95	18.20	12.70
Relave.	0.04	0.29	1.21	0.50	9.41

Tabla 9 la ley de cabeza de cobre es de 0.51%, 0.85 g/t oro y 4.04 oz/t para la plata; el concentrado tiene una ley de 23.93 %Cu, 18.20 g/t de oro, 144.95 oz/t plata; mientras que el relave tiene una ley de 0.04%Cu, 0.50 g/t de oro y 1.21 oz/t plata.

Tabla 11
Condiciones de flotación a nivel planta referente pH y A-238

N°	pH	A-238 (g/t)
1	10.4	90.65
2	10.7	92.89
3	9.9	96.35
4	12.1	95.57

En la tabla 11 las pruebas realizadas se tiene la primera prueba se realiza a un pH de 10.4 y con una concentración de promotor A-238 de 90.65 g/t, mientras que la segunda prueba a un pH de 10.7 y con una concentración de promotor A-238 de 92.89g/t, para la tercera prueba a un pH de 9.9 y con una concentración de promotor A-238 de 96.35 g/t y la cuarta prueba a un pH de 12.1 y con una concentración de promotor A-238 de 95.57 g/t.

4.1.2. Resultados de las Pruebas de Laboratorio y Planta.

a) Resultado de las Pruebas de Laboratorio.

Tabla 12

Balance metalúrgico de la primera prueba de flotación

Producto	Peso		Ensayes Químicos			Contenido Metálico			Recuperaciones			
	Gramos	%	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)	Cu (t)	Au(g)	Ag(oz)	Cu	Au	Ag	Radio
Cabeza	1000	100	0.788	1.530	4.580	7.88	0.0015	0.0046	100.00	100	100	
Conc Cu	20.7	2.07	29.130	55.500	147.560	6.02	0.0011	0.0030	76.39	74.96	66.57	48.39
Relave	979.3	97.93	0.190	0.392	1.563	1.86	0.0004	0.0015	23.61	25.09	33.42	
Cabeza Cal.	1000.0	100.0	0.788	1.531	4.580	7.9	0.0015	0.0046	100.0	100.0	100.0	

En la 12 en el concentrado se tiene 2.07% en peso referente al ingreso de mineral con una de concentrado de 29.13% de cobre, 55.5 g/t oro y 147.56 g/t de plata con una recuperación del 76.39% para el cobre, 74.96% para el oro y 66.57% para la plata con un ratio de concentración de 48.39 en la primera prueba de flotación a nivel laboratorio.

Tabla 13
Balance metalúrgico de la segunda prueba de flotación

Producto	Peso		Ensayes Químicos			Contenido Metálico			Recuperaciones			Radio
	Gramos	%	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)	Cu (t)	Au(g)	Ag(oz)	Cu	Au	Ag	
Cabeza	1000	100	0.788	1.278	3.563	7.88	0.0013	0.0036	100.00	100	100	
Conc Cu	21.5	2.15	28.953	56.125	146.890	6.22	0.0012	0.0032	78.89	94.29	88.52	46.57
Relave	978.5	97.85	0.170	0.075	0.418	1.66	0.0001	0.0004	21.11	5.74	11.48	
Cabeza Cal.	1000.0	100.0	0.788	1.278	3.563	7.9	0.0013	0.0036	100.0	100.0	100.0	

En la 13 en el concentrado se tiene 2.15% en peso referente al ingreso de mineral con una de concentrado de 28.953% de cobre, 56.125 g/t oro y 146.89 g/t de plata con una recuperación del 78.89% para el cobre, 94.29% para el oro y 88.52% para la plata con un ratio de concentración de 46.57 en la segunda prueba de flotación a nivel laboratorio.

Tabla 14
Balance metalúrgico de la tercera prueba de flotación

Producto	Peso		Ensayes Químicos			Contenido Metálico			Recuperaciones			Radio
	Gramos	%	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)	Cu (t)	Au(g)	Ag(oz)	Cu	Au	Ag	
Cabeza	1000	100	0.788	1.533	4.580	7.88	0.0015	0.0046	100.00	100	100	
conc Cu	20.8	2.08	26.130	52.700	139.560	5.43	0.0011	0.0029	68.93	71.46	63.35	48.10
Relave	979.2	97.92	0.250	0.447	1.714	2.45	0.0004	0.0017	31.07	28.55	36.65	
Cabeza Cal.	1000.0	100.0	0.788	1.533	4.580	7.9	0.0015	0.0046	100.0	100.0	100.0	

En la 14 en el concentrado se tiene 2.08% en peso referente al ingreso de mineral con una de concentrado de 26.13% de cobre, 52.7 g/t oro y 139.56 g/t de plata con una recuperación del 68.93% para el cobre, 71.46% para el oro y 63.35% para la plata con un ratio de concentración de 48.10 en la tercera prueba de flotación a nivel laboratorio.

Tabla 15
Balance metalúrgico de la cuarta prueba de flotación

Producto	Peso		Ensayes Químicos			Contenido Metálico			Recuperaciones			
	Gramos	%	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)	Cu (t)	Au(g)	Ag(oz)	Cu	Au	Ag	Radio
Cabeza	1000	100	0.788	1.325	3.611	7.88	0.0013	0.0036	100.00	100	100	
conc Cu	24.1	2.41	26.587	53.254	128.234	6.42	0.0013	0.0031	81.42	96.99	85.70	41.44
Relave	975.9	97.59	0.150	0.041	0.529	1.46	0.0000	0.0005	18.58	3.02	14.30	
Cabeza Cal.	1000.0	100.0	0.788	1.325	3.611	7.9	0.0013	0.0036	100.0	100.0	100.0	

En la 15 en el concentrado se tiene 2.41% en peso referente al ingreso de mineral con una de concentrado de 26.587% de cobre, 53.254 g/t oro y 128.234 g/t de plata con una recuperación del 81.42% para el cobre, 96.99% para el oro y 85.70% para la plata con un ratio de concentración de 41.44 en la cuarta prueba de flotación a nivel laboratorio.

b) Resultado de Pruebas a Nivel Planta.

Tabla 16
Balance metalúrgico de la primera I guardia a nivel planta

Producto	Toneladas métricas	Ratio	Promedio de Ensayes.				Contenido Fino						Distribución				
			%	% Pb	Oz/t	g/t	% Fe	Cu	Pb	Ag	Au	Fe	Cu	Pb	Ag	Au	Fe
			Cu		Ag	Au											
Cabeza	34.85		0.49	1.11	4.34	0.68	9.48	0.2	0.4	151.3	23.5	3.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Conc.Pb-Cu	0.72	48.7	22.00	45.00	157.95	16.20	12.70	0.2	0.3	113.0	11.6	0.1	92.2	83.2	74.7	49.3	2.8
Relave.	34.13		0.04	0.19	1.12	0.35	9.41	0.0	0.1	38.3	11.9	3.2	7.8	16.8	25.3	50.7	97.2
Cabeza Calc.	34.85		0.49	1.11	4.34	0.68	9.48	0.2	0.4	151.3	23.5	3.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

En la 16 en el concentrado se tiene el 22.00% de cobre, 16.20 g/t oro y 157.95 oz/t de plata con una recuperación del 92.2% para el cobre, 49.30% para el oro y 74.70% para la plata con un ratio de concentración de 48.70 en la en la primera I guardia a nivel planta piloto.

Tabla 17
Balance metalúrgico de la segunda I guardia a nivel planta

Producto	Toneladas métricas	Ratio	Promedio De Ensayes.				Contenido Fino						Distribución				
			% Cu	% Pb	Oz/t Ag	g/t Au	% Fe	Cu	Pb	Ag	Au	Fe	Cu	Pb	Ag	Au	Fe
Cabeza	35.71		0.51	0.91	4.04	0.85	9.47	0.2	0.3	144.4	30.3	3.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Conc.Pb-Cu	0.70	50.7	23.93	31.63	144.95	18.20	12.70	0.2	0.2	102.0	12.8	0.1	92.5	68.7	70.7	42.3	2.6
Relave.	35.00		0.04	0.29	1.21	0.50	9.41	0.0	0.1	42.4	17.5	3.3	7.5	31.3	29.3	57.7	97.4
Cabeza Calc.	35.71		0.51	0.91	4.04	0.85	9.47	0.2	0.3	144.4	30.3	3.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

En la 17 en el concentrado se tiene el 23.93% de cobre, 18.20 g/t oro y 144.95 oz/t de plata con una recuperación del 92.5% para el cobre, 42.30% para el oro y 70.70% para la plata con un ratio de concentración de 50.7 en la en la segunda I guardia a nivel planta piloto.

Tabla 18
Balance metalúrgico de la primera II guardia a nivel planta

01-ago	Toneladas		Promedio De Ensayes.						Contenido Fino				DISTRIBUCION		
Producto	métricas	Ratio	% Cu	% Pb	Oz/t Ag	g/t Au	% Fe	% As	Cu	Pb	Ag	Au	Cu	Ag	Au
Cabeza	598.75		1.07	0.05	1.74	1.17	0.00		6.4	0.3	1042.4	700.6	100.0	100.0	100.0
Conc.Pb-Cu	24.04	24.9	25.69	1.36	39.53	19.58	0.00	1.30	6.2	0.3	950.4	470.8	96.4	91.2	67.2
Relave.	574.70		0.04	0.00	0.16	0.40	0.00		0.2	0.0	92.0	229.9	3.6	8.8	32.8
Cabeza Calc.	598.75		1.07	0.05	1.74	1.17	0.00		6.4	0.3	1042.4	700.6	100.0	100.0	100.0

En la 18 en el concentrado se tiene el 25.69% de cobre, 19.58 g/t oro y 39.53 oz/t de plata con una recuperación del 96.40% para el cobre, 67.20% para el oro y 91.20% para la plata con un ratio de concentración de 24.9 en la en la primera II guardia a nivel planta piloto.

Tabla 19
Balance metalúrgico de la segunda I guardia a nivel planta

01-ago	Toneladas		Promedio de Ensayes.						Contenido Fino					DISTRIBUCION			
Producto	métricas	Ratio	% Cu	% Pb	Oz/t Ag	g/t Au	% Fe	% As	Cu	Pb	Ag	Au	Fe	As	Cu	Ag	Au
Cabeza	547.67		0.79	0.03	1.99	0.68	0.55	0.03	4.3	0.1	1089.7	370.2	3.0	0.2	100.0	100.0	100.0
Conc. Cobre	10.52	52.0	26.46	1.36	80.39	16.80	28.73	1.63	2.8	0.1	846.1	176.8	3.0	0.2	64.5	77.6	47.8
Relave.	537.15		0.29	0.00	0.45	0.36	0.00	0.00	1.5	0.0	243.6	193.4	0.0	0.0	35.5	22.4	52.2
Cab. Calc.	547.67		0.79	0.03	1.99	0.68	0.55	0.03	4.3	0.1	1089.7	370.2	3.0	0.2	100.0	100.0	100.0

En la 19 en el concentrado se tiene el 26.46% de cobre, 16.80 g/t oro y 80.39 oz/t de plata con una recuperación del 64.50% para el cobre, 47.80% para el oro y 77.60% para la plata con un ratio de concentración de 52.0 en la en la segunda II guardia a nivel planta piloto.

4.1.3. Resumen a Nivel Laboratorio y Nivel Planta.

a) Resultado de Pruebas a Laboratorio.

Tabla 20

Condiciones de las leyes y recuperación de las pruebas de concentración de cobre

N°	Cabeza (% Cu)	Concentrado (% Cu)	Relave (% Cu)	Recup. (%Cu)	Ratio
1	0.788	29.130	0.190	76.387	48.39
2	0.788	28.953	0.170	78.890	46.57
3	0.788	26.130	0.250	68.934	48.10
4	0.788	26.587	0.150	81.424	41.44

En la tabla 20 la calidad del concentrado para la primera prueba es de 29.130% de cobre con una recuperación del 76.387% con un ratio de concentración de 48.39, en la segunda prueba es de 28.953% de cobre con una recuperación del 78.890%, con un ratio de concentración de 46.57, en la tercera prueba es de 26.130% de cobre con una recuperación del 68.934% con un ratio de concentración de 48.10 y en la cuarta prueba es de 26.587% de cobre con una recuperación del 81.424% con un ratio de concentración de 41.44.

Tabla 21

Condiciones de las leyes y recuperación de las pruebas de concentración de oro

N°	Cabeza (g/t Au)	Concentrado (g/t Au)	Relave (g/t Au)	Recup. (%Au)	Ratio
1	1.530	55.500	0.392	74.956	48.39
2	1.278	56.125	0.075	94.293	46.57
3	1.533	52.700	0.447	71.464	48.10
4	1.325	53.254	0.041	96.994	41.44

En la tabla 21 la calidad del concentrado para la primera prueba es de 55.500 g/t de oro con una recuperación del 74.956% con un ratio de concentración de 48.39, en la segunda prueba es de 56.125 g/t de oro con una recuperación del 94.293%, con un ratio de concentración de 46.57, en la tercera prueba es de 52.700 g/t de oro con una recuperación del 71.464% con un ratio de

concentración de 48.10 y en la cuarta prueba es de 53.254 g/t de oro con una recuperación del 96.994% con un ratio de concentración de 41.44.

Tabla 22

Condiciones de las leyes y recuperación de las pruebas de concentración de plata

N°	Cabeza (g/t Ag)	Concentrado (g/t Ag)	Relave (g/t Ag)	Recup. (%Ag)	Ratio
1	4.580	147.560	0.392	66.574	48.39
2	3.563	146.890	0.075	88.517	46.57
3	4.580	139.560	0.447	63.345	48.10
4	3.611	128.234	0.041	85.701	41.44

En la tabla 22 la calidad del concentrado para la primera prueba es de 147.560 g/t de plata con una recuperación del 66.574% con un ratio de concentración de 48.39, en la segunda prueba es de 146.890 g/t de plata con una recuperación del 88,517%, con un ratio de concentración de 46.57, en la tercera prueba es de 139.560 g/t de plata con una recuperación del 63.345% con un ratio de concentración de 48.10 y en la cuarta prueba es de 128.234 g/t de plata con una recuperación del 85.701% con un ratio de concentración de 41.44.

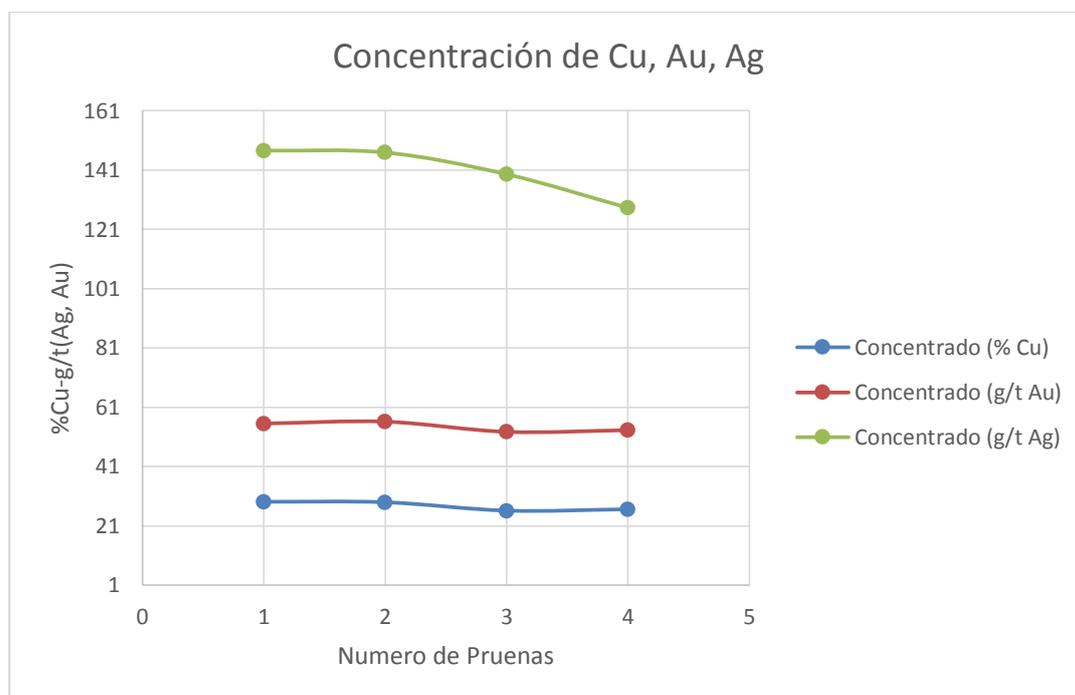


Figura 2 Curva de la ley de cobre, oro y plata en el concentrado a nivel laboratorio

De la figura 2 la curva de la calidad del concentrado del cobre, oro y plata tiene el mismo comportamiento, cuando tiende a decaer los tres al mismo tiempo.

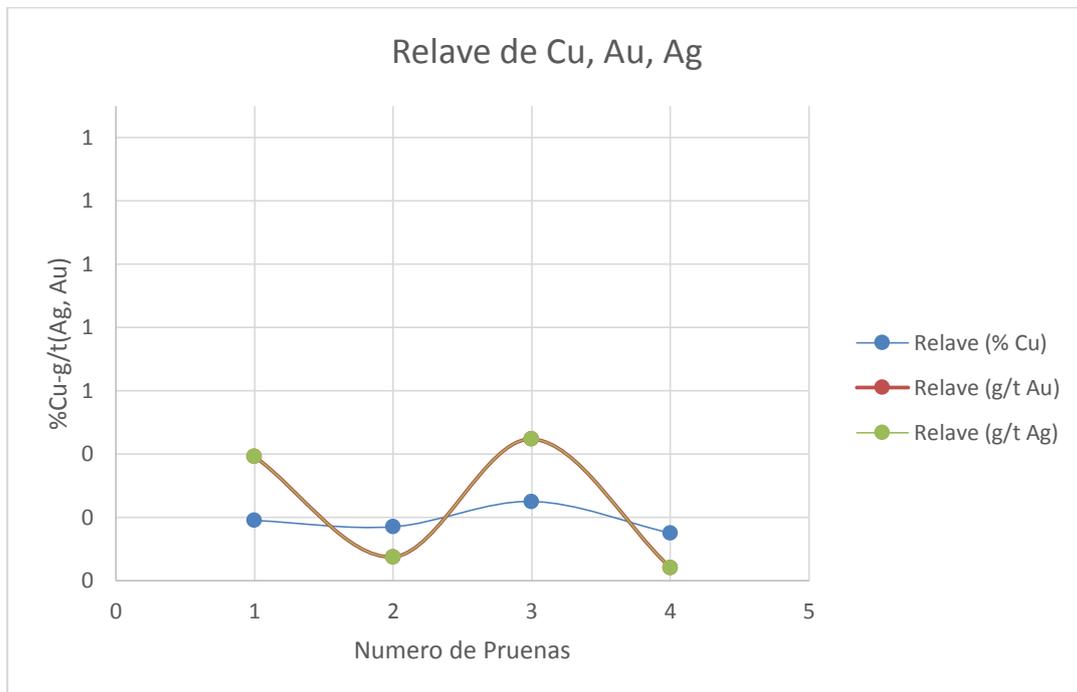


Figura 3 Curva de la ley en el relave de cobre, oro y plata a nivel laboratorio

De la figura 3 las curvas del relave del cobre, oro y plata tiene el mismo comportamiento, cuando tiende a decaer los tres al mismo tiempo y el relave del oro y plata tiene un comportamiento cíclico.

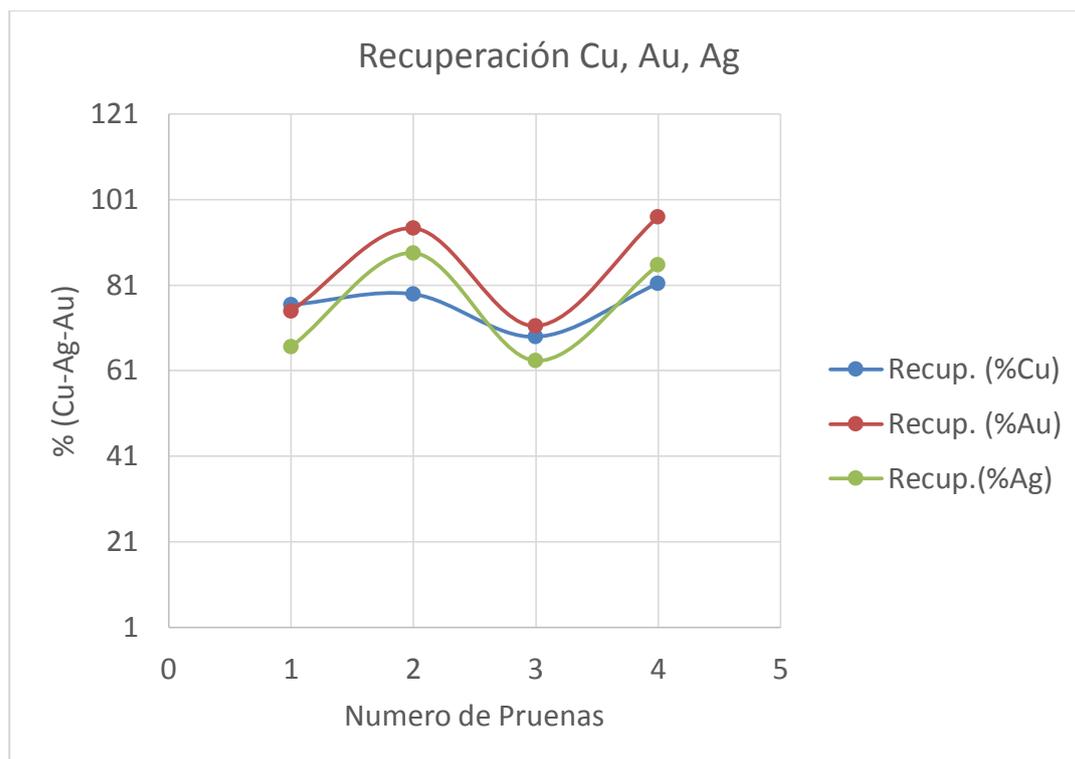


Figura 4 Curva de la recuperación de cobre, oro y plata a nivel laboratorio.

De la figura 4 las curvas de recuperación del cobre, oro y plata tiene el mismo comportamiento, además tiene un comportamiento cíclico de los tres.

b) Resultado de Pruebas a Nivel Planta.

Tabla 23

Condiciones de las leyes y recuperación en planta de la concentración de cobre

N°	Cabeza (% Cu)	Concentrado (% Cu)	Relave (% Cu)	Recup. (%Cu)	Ratio
1	0.490	22.00	0.190	92.204	48.69
2	0.510	23.93	0.039	92.504	50.72
3	1.070	25.69	0.040	96.412	24.90
4	0.788	26.46	0.285	64.528	52.04

En la tabla 23 la calidad del concentrado para la primera prueba es de 22.00% de cobre con una recuperación del 92.204% con un ratio de concentración de 48.36, en la segunda prueba es de 23.92% de cobre con una recuperación del 92.504%, con un ratio de concentración de 50.72, en la tercera prueba es de 25.69% de cobre con una recuperación del 96.412% con un ratio de

concentración de 24.90 y en la cuarta prueba es de 26.46% de cobre con una recuperación del 64.528% con un ratio de concentración de 52.04.

Tabla 24

Condiciones de las leyes y recuperación en planta de la concentración de oro

N°	Cabeza (g/t Au)	Concentrado (g/t Au)	Relave (g/t Au)	Recup. (%Au)	Ratio
1	0.676	16.200	0.350	49.251	48.69
2	0.849	18.200	0.500	42.265	50.72
3	1.170	19.580	0.400	67.190	24.90
4	0.676	16.800	0.360	47.763	52.04

En la tabla 24 la calidad del concentrado para la primera prueba es de 16.200 g/t de oro con una recuperación del 49.251% con un ratio de concentración de 48.69, en la segunda prueba es de 18.200 g/t de oro con una recuperación del 42.265%, con un ratio de concentración de 50.72, en la tercera prueba es de 19.580 g/t de oro con una recuperación del 67.190% con un ratio de concentración de 24.90 y en la cuarta prueba es de 16.800 g/t de oro con una recuperación del 47.763% con un ratio de concentración de 51.04.

Tabla 25

Condiciones de las leyes y recuperación en planta de la concentración de plata

N°	Cabeza (g/t Ag)	Concentrado (g/t Ag)	Relave (g/t Ag)	Recup (%Ag)	Ratio
1	4.342	157.950	1.121	74.711	48.69
2	4.044	144.950	1.210	70.667	50.72
3	1.741	39.530	0.160	91.179	24.90
4	1.990	80.390	0.454	77.641	52.04

En la tabla 25 la calidad del concentrado para la primera prueba es de 157.950 g/t de plata con una recuperación del 74.711% con un ratio de concentración de 48.69, en la segunda prueba es de 144.950 g/t de plata con una recuperación del 70.667%, con un ratio de concentración de 50.72, en la tercera prueba es de 39.530 g/t de plata con una recuperación del 91.179% con un

ratio de concentración de 24.90 y en la cuarta prueba es de 80.390 g/t de plata con una recuperación del 77.641% con un ratio de concentración de 52.04.

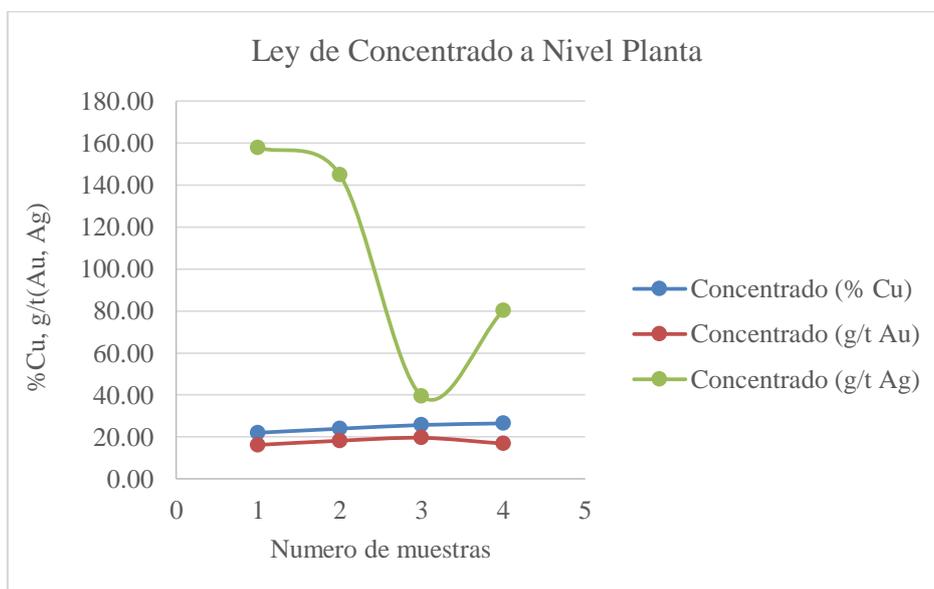


Figura 5 Curva de la ley del concentrado de cobre, oro y plata a nivel planta

De la figura 5 las curvas de la concentración del cobre, oro tiene el mismo comportamiento, mientras que la plata tiene un comportamiento cíclico.

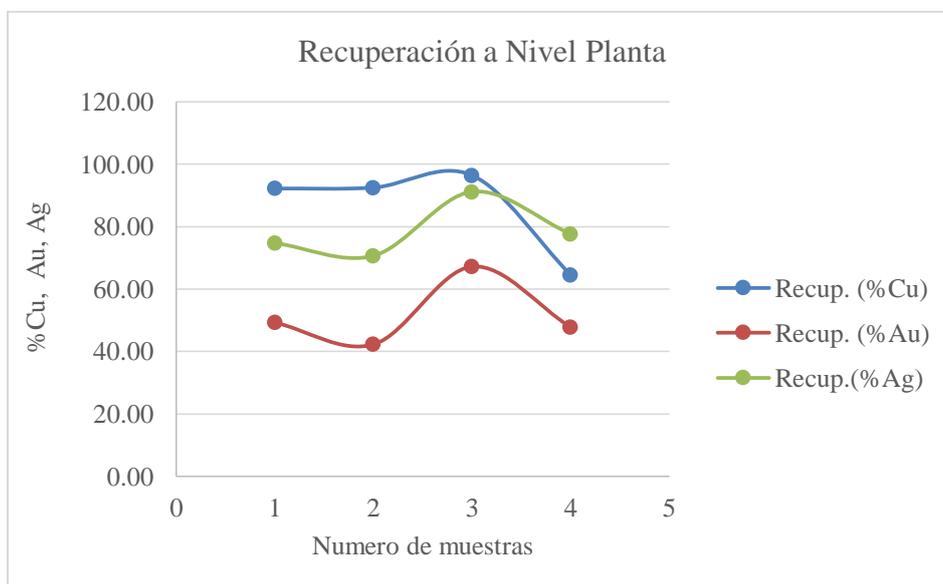


Figura 6 Curva de la recuperación de cobre, oro y plata a nivel planta

De la figura 6 las curvas de la recuperación del cobre, oro y plata tiene el mismo comportamiento, cuando tiene a decaer los tres al mismo tiempo y tiene un comportamiento cíclico.

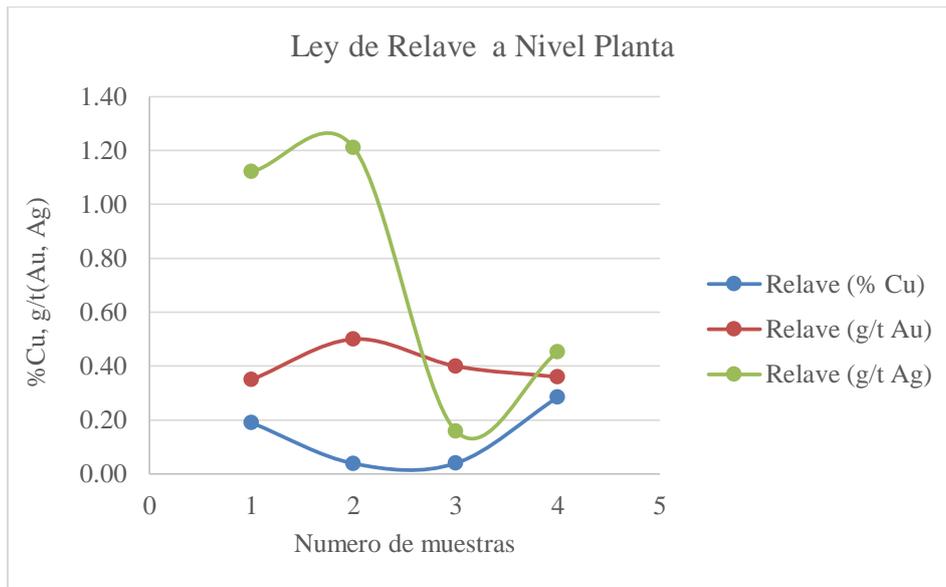


Figura 7 Curva de la ley del relave de cobre, oro y plata a nivel planta

De la figura 7 las curvas de la ley del relave del cobre, oro tiene el mismo comportamiento, mientras que la plata tiene un comportamiento cíclico.

4.2. Análisis de Varianza.

4.2.1. Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 a Nivel Laboratorio.

Tabla 26
Análisis de Varianza a nivel laboratorio de concentrado (%Cu) vs. A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	7.1860	7.18605	108.45	0.009
A-238 (g/t)	1	7.1860	7.18605	108.45	0.009
Error	2	0.1325	0.06626		
Total	3	7.3186			

En la tabla 26 en el análisis de la variación del A-238 respecto a la calidad del concentrado para el cobre, el valor p calculado es de 0.009 menor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 27
Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Au) vs. A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	7.6901	7.6901	22.01	0.043
A-238 (g/t)	1	7.6901	7.6901	22.01	0.043
Error	2	0.6987	0.3494		
Total	3	8.3888			

En la tabla 27 en el análisis de la variación del A-238 respecto a la calidad del concentrado para el oro, el valor p calculado es de 0.043 menor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 28

Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Ag) vs. A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	123.7	123.67	2.09	0.285
A-238 (g/t)	1	123.7	123.67	2.09	0.285
Error	2	118.3	59.16		
Total	3	242.0			

En la tabla 28 en el análisis de la variación del A-238 respecto a la calidad del concentrado para la plata, el valor p calculado es de 0.285 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

4.2.2. Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 a Nivel Planta.

Tabla 29

Análisis de Varianza a nivel planta concentrado (%Cu) vs. A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	10.8879	10.8879	23.09	0.041
A-238 (g/t)	1	10.8879	10.8879	23.09	0.041
Error	2	0.9431	0.4715		
Total	3	11.8310			

En la tabla 29 en el análisis de la variación del A-238 respecto a la calidad del concentrado para el cobre, el valor p calculado es de 0.041 menor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 30

Análisis de Varianza nivel planta concentrado (g/t Au) vs. A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	2.741	2.741	1.34	0.367
A-238 (g/t)	1	2.741	2.741	1.34	0.367
Error	2	4.103	2.052		
Total	3	6.844			

En la tabla 30 en el análisis de la variación del A-238 respecto a la calidad del concentrado para el oro, el valor p calculado es de 0.367 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 31

Análisis de Varianza nivel planta concentrado (g/t Ag) vs. A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	8407.9	8407.9	19.07	0.049
A-238 (g/t)	1	8407.9	8407.9	19.07	0.049
Error	2	881.7	440.9		
Total	3	9289.7			

En la tabla 31 en el análisis de la variación del A-238 respecto a la calidad del concentrado para la plata, el valor p calculado es de 0.049 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

4.2.3. Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Laboratorio.

Tabla 32
Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	7.24663	3.62331	50.36	0.099
A-238 (g/t)	1	6.18415	6.18415	85.95	0.068
pH	1	0.06058	0.06058	0.84	0.527
Error	1	0.07195	0.07195		
Total	3	7.31858			

En la tabla 32 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la calidad del concentrado para el cobre, el valor p calculado es de 0.527 menor al valor de 0.05 para el pH y 0.068 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 33
Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Au) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	7.69825	3.84913	5.57	0.287
A-238 (g/t)	1	6.22986	6.22986	9.02	0.205
pH	1	0.00814	0.00814	0.01	0.931
Error	1	0.69058	0.69058		
Total	3	8.38883			

En la tabla 33 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la calidad del concentrado para el oro, el valor p calculado es de 0.931 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.205 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 34
Análisis de Varianza a nivel laboratorio concentrado (g/t Ag) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	231.69	115.84	11.24	0.206
A-238 (g/t)	1	215.55	215.55	20.91	0.137
pH	1	108.02	108.02	10.48	0.191
Error	1	10.31	10.31		
Total	3	242.00			

En la tabla 34 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la calidad del concentrado para la plata, el valor p calculado es de 0.191 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.137 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

4.2.4. Calidad de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Planta.

Tabla 35
Análisis de Varianza a nivel planta concentrado (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	11.8075	5.90373	250.85	0.045
pH	1	0.9195	0.91952	39.07	0.101
A-238 (g/t)	1	9.3965	9.39648	399.26	0.032
Error	1	0.0235	0.02354		
Total	3	11.8310			

En la tabla 35 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la calidad del concentrado para el cobre, el valor p calculado es de 0.101 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.032 menor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 36
Análisis de Varianza Concentrado (g/t Au) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	5.812	2.906	2.82	0.388
pH	1	3.071	3.071	2.97	0.334
A-238 (g/t)	1	3.807	3.807	3.69	0.306
Error	1	1.032	1.032		
Total	3	6.844			

En la tabla 36 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la calidad del concentrado para el oro, el valor p calculado es de 0.334 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.306 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 37
Análisis de Varianza Concentrado (g/t Ag) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	8746.4	4373.2	8.05	0.242
pH	1	338.4	338.4	0.62	0.575
A-238 (g/t)	1	8745.1	8745.1	16.10	0.156
Error	1	543.3	543.3		
Total	3	9289.7			

En la tabla 37 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la calidad del concentrado para la plata, el valor p calculado es de 0.575 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.156 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

4.2.5. Recuperación de Cobre, Oro y Plata Función del pH a Nivel Laboratorio.

Tabla 38
Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Cu) vs. pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	86.8569	86.8569	531.62	0.002
pH	1	86.8569	86.8569	531.62	0.002
Error	2	0.3268	0.1634		
Total	3	87.1836			

En la tabla 38 en el análisis de la variación del pH respecto a la recuperación para el cobre, el valor p calculado es de 0.002 menor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 39
Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Au) vs. pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	364.0	364.03	4.89	0.158
pH	1	364.0	364.03	4.89	0.158
Error	2	149.0	74.49		
Total	3	513.0			

En la tabla 39 en el análisis de la variación del pH respecto a la recuperación para el oro, el valor p calculado es de 0.158 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 40
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	320.6	320.58	3.58	0.199
pH	1	320.6	320.58	3.58	0.199
Error	2	179.2	89.60		
Total	3	499.8			

En la tabla 40 en el análisis de la variación del pH respecto a la recuperación para la plata, el valor p calculado es de 0.199 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

4.2.6. Recuperación de Cobre, Oro y Plata Función del pH a Nivel Planta.

Tabla 41
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Cu) vs. pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	611.13	611.13	31.79	0.030
pH	1	611.13	611.13	31.79	0.030
Error	2	38.45	19.23		
Total	3	649.59			

En la tabla 41 en el análisis de la variación del pH respecto a la recuperación para el cobre, el valor p calculado es de 0.030 menor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 42
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Au) vs. pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	110.2	110.2	0.92	0.439
pH	1	110.2	110.2	0.92	0.439
Error	2	240.3	120.1		
Total	3	350.4			

En la tabla 42 en el análisis de la variación del pH respecto a la recuperación para el oro, el valor p calculado es de 0.439 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 43
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	39.18	39.18	0.40	0.594
pH	1	39.18	39.18	0.40	0.594
Error	2	198.00	99.00		
Total	3	237.18			

En la tabla 43 en el análisis de la variación del pH respecto a la recuperación para la plata, el valor p calculado es de 0.594 mayor al valor de 0.05 para una confiabilidad del 95%.

4.2.7. Recuperación de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Laboratorio.

Tabla 44

Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	86.9003	43.4502	153.36	0.057
A-238 (g/t)	1	0.0434	0.0434	0.15	0.762
pH	1	69.6251	69.6251	245.75	0.041
Error	1	0.2833	0.2833		
Total	3	87.1836			

En la tabla 44 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la recuperación para el cobre, el valor p calculado es de 0.041 menor al valor de 0.05 para el pH y 0.762 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 45

Análisis de Varianza nivel laboratorio recuperación (%Au) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	411.77	205.89	2.03	0.444
A-238 (g/t)	1	47.74	47.74	0.47	0.617
pH	1	404.09	404.09	3.99	0.295
Error	1	101.24	101.24		
Total	3	513.01			

En la tabla 45 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la recuperación para el oro, el valor p calculado es de 0.295 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.617 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 46
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	338.69	169.35	1.05	0.568
A-238 (g/t)	1	18.11	18.11	0.11	0.794
pH	1	317.77	317.77	1.97	0.394
Error	1	161.08	161.08		
Total	3	499.78			

En la tabla 46 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la recuperación para la plata, el valor p calculado es de 0.394 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.794 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

4.2.8. Recuperación de Cobre, Oro y Plata en el Concentrado en Función del A-238 y pH a Nivel Planta.

Tabla 47
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Cu) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	11.8075	5.90373	250.85	0.045
pH	1	0.9195	0.91952	39.07	0.101
A-238 (g/t)	1	9.3965	9.39648	399.26	0.032
Error	1	0.0235	0.02354		
Total	3	11.8310			

En la tabla 47 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la recuperación para el cobre, el valor p calculado es de 0.101 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.032 menor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 48
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Au) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	278.94	139.47	1.95	0.452
pH	1	161.77	161.77	2.26	0.374
A-238 (g/t)	1	168.76	168.76	2.36	0.367
Error	1	71.50	71.50		
Total	3	350.44			

En la tabla 48 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la recuperación para el oro, el valor p calculado es de 0.374 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.367 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

Tabla 49
Análisis de Varianza nivel planta recuperación (%Ag) vs. pH; A-238 (g/t)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	2	193.44	96.72	2.21	0.429
pH	1	71.39	71.39	1.63	0.423
A-238 (g/t)	1	154.25	154.25	3.53	0.312
Error	1	43.75	43.75		
Total	3	237.18			

En la tabla 49 en el análisis de la variación del A-238 y pH respecto a la recuperación para la plata, el valor p calculado es de 0.423 mayor al valor de 0.05 para el pH y 0.312 mayor a 0.05 para el A-238 para una confiabilidad del 95%.

4.3. Contrastación de Hipótesis.

4.3.1. Contrastación de Hipótesis General.

H₁: Con un control de los parámetros para el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado, nos permitirá una flotación de menas de cobre con contenido de plata y oro -2019, que permita tener las variables adecuados para ser aplicado en plantas pilotos.

H₀: Con un control de los parámetros para el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado, no nos permitirá una flotación de menas de cobre con contenido de plata y oro -2019, que permita tener las variables adecuados para ser aplicado en plantas pilotos.

La hipótesis nula predetermina al nivel laboratorio respecto al concentrado sobre la calidad de cobre, oro y plata, que tiene influencia el pH y el A-238, ya que los valores calculados de p son mayores a 0.05 de igual manera a nivel, pero el colector a nivel planta piloto respecto a la calidad de cobre influye positivamente ya que el valor p calculado es menor a 0.05 por lo que predetermina la hipótesis alternativa.

En el caso de la recuperación el pH a nivel laboratorio y nivel planta piloto influye positivamente en la recuperación de cobre porque predetermina la hipótesis alternativa, mientras que en el caso de la recuperación el pH y promotor A-238 no influye en la recuperación de cobre, oro y plata por lo que predetermina la hipótesis nula ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05.

4.3.2. Contrastación de Hipótesis Específicas.

H₁: Con un control de la dosificación y en los puntos adecuados de la adición de promotor A238, se podrá encontrar un efecto favorable sobre la ley de la flotación obtenido y la eficiencia del concentrado respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su dimensionamiento a nivel industrial.

H₀: Con un control de la dosificación y en los puntos adecuados de la adición de promotor A238, **no** se podrá encontrar un efecto favorable sobre la ley de la flotación obtenido y la eficiencia del concentrado respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su dimensionamiento a nivel industrial.

Para hipótesis afirmativa en el caso de la calidad de concentrado respecto al cobre y oro tiene efecto favorable ya que el valor p calculado es menor a 0.05, mientras que para el caso de la plata es mayor a 0.05 por lo que se predetermina la hipótesis nula a nivel laboratorio, mientras que a nivel planta piloto, la hipótesis alternativa respecto al promotor A238 tiene un efecto favorable respecto a la calidad de cobre y plata ya que el valor de p calculado es menor a 0.05, mientras que a la calidad de oro no tiene efecto favorable ya que el valor p calculado es mayor a 0.05 por lo que predetermina la hipótesis nula.

H₁: Con un control adecuado de la cal en los puntos adecuados el pH tenga efectos favorables, en la ley de la flotación del mineral y la recuperación respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su posterior dimensionamiento en nivel industrial con estas condiciones.

H₀: Con un control adecuado de la cal en los puntos adecuados el pH, **no** tenga efectos favorables, en la ley de la flotación del mineral y la recuperación respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su posterior dimensionamiento en nivel industrial con estas condiciones.

Para la hipótesis alternativa predetermina respecto al pH en la recuperación de cobre a nivel laboratorio y planta piloto ya que el valor calculado de p es menor a 0.05, mientras que el pH respecto a la recuperación de oro y plata predetermina la hipótesis nula ya que el valor p calculado es mayor a 0.05.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados.

Respecto al proceso de “Escalamiento a nivel piloto de mineral sulfurado para la concentración de cobre plata y oro -2019”, se tiene los siguientes resultados:

Para un pH de 10.7 y 96.35 g/t A-238 para la primera prueba a nivel laboratorio, a pH de 10.4 y 95.67 g/t A-238 para la segunda prueba, a pH de 12.1 y 91.65 g/t A-238 para la tercera prueba y a pH de 9.9 y 92.89 g/t A-238 para la cuarta prueba se tiene los resultados para el cobre, primera prueba es de 29.130% de cobre con una recuperación del 76.387% con un ratio de concentración de 48.39, en la segunda prueba es de 28.953% de cobre con una recuperación del 78.890%, con un ratio de concentración de 46.57, en la tercera prueba es de 26.130% de cobre con una recuperación del 68.934% con un ratio de concentración de 48.10 y en la cuarta prueba es de 26.587% de cobre con una recuperación del 81.424% con un ratio de concentración de 41.44.

Para el oro se tiene para la primera prueba es de 55.500 g/t de oro con una recuperación del 74.956%, en la segunda prueba es de 56.125 g/t de oro con una recuperación del 94.293%, en la tercera prueba es de 52.700 g/t de oro con una recuperación del 71.464% y en la cuarta prueba es de 53.254 g/t de oro con una recuperación del 96.994%.

Mientras que para la plata la primera prueba es de 147.560 g/t de plata con una recuperación del 66.574%, en la segunda prueba es de 146.890 g/t de plata con una recuperación del 88,517%, en la tercera prueba es de 139.560 g/t de plata con una recuperación del 63.345% y en la cuarta prueba es de 128.234 g/t de plata con una recuperación del 85.701%.

Las curvas tanto de la calidad y recuperación de cobre, oro y plata tienen un comportamiento semejante es decir tiene una relación en su flotación en la calidad y la recuperación se puede ver figura 2 y 4.

A nivel planta piloto, para un pH de 10.4 y 90.65 g/t A-238 para la primera prueba a nivel laboratorio, a pH de 10.7 y 92.89 g/t A-238 para la segunda prueba, a pH de 9.9 y 96.35 g/t A-238 para la tercera prueba y a pH de 12.1 y 95.59 g/t A-238 para la cuarta prueba con ello se

tiene un resultado para la primera prueba es de 22.00% de cobre con una recuperación del 92.204% con un ratio de concentración de 48.36, en la segunda prueba es de 23.92% de cobre con una recuperación del 92.504%, con un ratio de concentración de 50.72, en la tercera prueba es de 25.69% de cobre con una recuperación del 96.412% con un ratio de concentración de 24.90 y en la cuarta prueba es de 26.46% de cobre con una recuperación del 64.528% con un ratio de concentración de 52.04.

Para el oro para la primera prueba es de 16.200 g/t de oro con una recuperación del 49.251%, en la segunda prueba es de 18.200 g/t de oro con una recuperación del 42.265%, en la tercera prueba es de 19.580 g/t de oro con una recuperación del 67.190% y en la cuarta prueba es de 16.800 g/t de oro con una recuperación del 47.763%.

Mientras que para el oro en la primera prueba es de 157.950 g/t de plata con una recuperación del 74.711%, en la segunda prueba es de 144.950 g/t de plata con una recuperación del 70.667%, en la tercera prueba es de 39.530 g/t de plata con una recuperación del 91.179% y en la cuarta prueba es de 80.390 g/t de plata con una recuperación del 77.641%.

La curva de calidad o ley del concentrado tiene un comportamiento similar en el concentrado de oro y plata mientras que el de cobre tiene un comportamiento cíclico figura 5. Por otra parte, la recuperación tiene un comportamiento semejante en la recuperación de cobre, oro y plata es decir tiene una alta afinidad.

Para Rubilar (2014), con una disminución de flujo desde 60 m³/h a 30 m³/h se tiene un incremento de concentración mixta desde 0.025 a 0.38 con ello se incrementa un beneficio económico en orden de \$5504 a \$6782 por turno. Correa (2019) en su análisis recomienda, para una recuperación adecuada de molibdenita es necesario mantener un tamaño de burbujas entre 25 a 38 en el circuito de flotación en columna. Para Lobos (2015) para disminuir el consumo de NaSH es aumentar el flujo de nitrógeno para así disminuir la presencia del oxígeno. Suarez (2019), para una óptima calidad y recuperación de cobre es necesario mantener el pH 11.7 y un espumante D-250 a razón de 56.6 g/t. Arana (2019), el uso de reactivos orgánicos y el peróxido de hidrógeno permite obtener un concentrado de cobre de alto grado y una recuperación adecuada con un bajo presencia de hierro.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

Respecto el estudio realizado sobre “Escalamiento a nivel piloto de mineral sulfurado para la concentración de cobre plata y oro -2019”, se llegó a las siguientes conclusiones de acuerdo los objetivos trazados:

En la interacción del pH y la dosificación del A-238, respecto a la calidad y recuperación de cobre, oro y plata a nivel laboratorio y planta no es significativo estadísticamente ya que los valores calculados de p son menores a 0.05, solo en excepción de que el A-283 influye significativamente a nivel planta piloto.

La dosificación del A-238 la adición a las pruebas de laboratorio tiene un efecto positivo en la calidad del concentrado respecto a cobre y oro a nivel laboratorio y a nivel planta respecto a la calidad de cobre y plata ya que el valor calculado es menor a 0.05, mientras que para la plata a nivel laboratorio no es significativo estadísticamente y a nivel planta para el oro no es significativo estadísticamente.

En la recuperación de cobre el pH es estadísticamente significativo tanto a nivel laboratorio y plata ya que el valor p calculado es menor a 0.05, mientras que en la recuperación de oro y plata no es estadísticamente significativo ya que el valor p calculado es mayor a 0.05.

Por otra parte, se puede distinguir en las curvas de respecto a la calidad de los concentrados y recuperación de cobre, oro y plata tiene una interacción secuencial es decir tiene el mismo comportamiento, porque se puede predecir que existe una interacción entre los tres elementos.

6.2. **Recomendaciones .**

Como resultado del trabajo realizado sobre “Escalamiento a nivel piloto de mineral sulfurado para la concentración de cobre plata y oro -2019”, se tiene que para un mejor resultado a nivel plata partiendo a partir de las pruebas experimentales. Realizar los siguientes:

Realizar un estudio mineralógico para ver las asociaciones de los elementos, tamaño de gramo. Prueba de molienda y análisis de malla valorado, con la finalidad de ver a que malla se debe realizar la liberación.

Control de la dosificación de los reactivos para ver como afecto cada uno en la calidad y recuperación de los elementos en estudio.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

7.1.Fuentes bibliográficas.

Azuñero, A. (2015). *Flotación y concentración de minerales*. Lima: Editorial colecciones Jóvic.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Chía: Pearson.

Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San marcos.

Cytec . (2002). *Mining Chemicals Handbook*. Cytec Industries Inc.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta edición ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill.

Kelly, E., & Spottiswood, D. (1990). *Introducción al procesamiento de minerales*. Mexico DF: Editorial LIMUSA S.A.

Metso Minerals. (2004). *Conocimientos Básicos en el Procesamiento de Minerales*.

Porras, D. (1997). *Procesamiento de minerales*. Cerro de Pasco: UNDAC.

Portal minero. (2006). *Manual general de minería y metalurgia*. Santiago: Servicios de Impresión Laser S.A.

Quiroz, I. (1986). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Lima.

RAE. (2019). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española:
<https://dle.rae.es/sistema>

Sutulov, A. (1963). *Flotación de minerales*. Concepción: Instotuto de investigaciones y tecnológicas .

Wills, B. (1994). *Tecnología de los procesamiento de los minerales*. Mexico DF: Progrmas educativos S.A.

7.2.Fuentes electrónicas.

- Arana, R. (2019). Alternativa verde para la flotación de minerales sulfurados de cobre mediante el uso de un líquido iónico y reactivos orgánicos naturales. *Magister en química*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15027>
- Arias, V., Coronado, R., L, P., & Lovera, D. (2005). *Refractariedad de concentrados auríferos*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol8_n16/a01.pdf
- Castillo, J. (2008). Investigación metalúrgica a nivel de planta piloto. Lima, Lima, Peru. Obtenido de http://app.tecsup.edu.pe/file/sga/documentos/revistaLi/Ii_1/3.pdf
- Chacón, L., Ruiz, E., & Zapico, R. (2005). Concentración por flotación de menas de oro-cobre con bajas recuperaciones de arsénico. *Revista metalurgia*, 394. Obtenido de <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1062>
- Corkhill, C., & Vaughan, D. (12 de 12 de 2009). *Arsenopyrite oxidation – A review*. Obtenido de ScienceDirect Elsevier: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292709002406>
- Correa, A. (2019). Análisis sobre pérdidas de molibdenita en circuito colectivo en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. *Ingeniero Metalurgico*. Universidad de Concepción, Concepción. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/3500>
- Faro, J. (2015). Evaluación metalúrgica a nivel laboratorio del yacimiento tipo porfido cobre-oro, procedente de la región pasco. *Ttulo profesional de Ingeniero Metalúrgico*. Univesidad nacional san agustin de arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2663/IMfoyajl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gutierrez, L. (2017). Estudio del tratamiento de minerales sulfurados auríferos mediante procesos secuenciales de flotación, lixiviación alcalina, biolixiviación y cianuración para la recuperación de oro. *Título Profesional de Ingeniero Químico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6616/Gutierrez_fl.pdf?sequence=1
- Kumar, C. (2003). *Chimical metalurgy*. Mumbai: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Lobos, L. (2015). Evaluación del uso de NaSH en el circuito de flotación selectiva de molibdeno de Los Pelambres. *Ingeniero Civil Químico*. Universidad de Chile, Santiago. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137468>
- Matiolo, E., Capponi, F., Rodrigues, R., & Rubio, J. (2007). Técnicas no convencionales de flotación de partículas finas de sulfuros de cobre y molibdeno. *Scientia et technica*, 848. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5063>
- RAE. (2019). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/sistema>
- Rubilar, R. (2014). Optimización en la recuperación metalúrgica de molibdeno, planta II las Tórtolas. *Ingeniero en Metalurgia Extractiva*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. Obtenido de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCE5921_01.pdf
- Solano, W., Villavicencio, M., & Vela, A. (2019). *Evaluación de un procedimiento para la reducción del uso de NaSH en la separación de la molibdenita utilizando gas de nitrógeno*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432019000200010&lng=es&nrm=iso

- Suares, J. (2019). Tratamiento de minerales sulfurados con presencia de caolinita por flotación para la concentración de menas de cobre. *Ingeniero Metalúrgico*. Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrión, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3146/SUAREZ%20VERA%20JUAN%20RAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valderrama, L. ..., Zazzali, B., Chamorro, J., & Santander, M. (2015). *Desulfuración de relave mediante la flotación de sulfuros de hierro*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547290018.pdf>
- Valderrama, L., González, M., & Santander, M. (2018). Recuperación de cobre contenido en escoria de cobre mediante flotación. *Instituto federal de educación ciencia e tecnología*, 48. Obtenido de <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/7118/pdf>
- Valderrama, L., Pavez, O., Santander, M., Rivera, A., Guzmán, A., & Soliz, Á. (2019). *Flotación de pirita contenida en los relaves de una planta concentradora de cobre de la región de Atacama*. Obtenido de <https://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=02556952&AN=138287828&h=BqGauCsSo8cRyjgqAtAi1R4MrS4cpLKTBJI9EJn2tI4z9evd9nHVFBQFQ0sfjAc4QF3Q8nPySkmNdBt7wcEeQ%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=Er>
- Villegas, E., & Castillo, J. (2019). Evaluación metalúrgica a los minerales sulfurados para la recuperación de plomo, zinc en la minera Azulcocha en Yauyos - Lima - 2019. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1405/1/T026_71000882_T.pdf

ANEXO

01 INSTRUMENTOS PARA LA TOMA DE DATOS

Anexo 1 Dosificación y consumo de reactivos

	Planta	
REACTIVO	g/t	mL/min
A-238		
CaO		

Anexo 2 Pesos y leyes del pilotaje

	Peso		ENSAYES QUIMICOS		
PRODUCTO	t	%	% Cu	Au (g/t)	Ag (Oz/t)
Cabeza					
conc Cu					
Relave					

Anexo 1 Matriz general de consistencia

Titulo	General				
	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
LAMIENTO A NIVEL PILOTO DE MINERAL SULFURADO PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE PLATA Y ORO -2019	¿Sera factible el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado con el fin de realizar una concentración de menas de cobre y como sub producto plata y oro -2019?	Comparar la calidad y recuperación a nivel piloto el producto del tratamiento de mineral por flotación de menas sulfurado, respecto al cobre y como sub productos a la plata y oro.	Con un control de los parámetros para el escalamiento a nivel piloto del tratamiento de mineral sulfurado, nos permitirá una flotación de menas de cobre con contenido de plata y oro - 2019, que permita tener las variables adecuados para ser aplicado en plantas pilotos.	Escalamiento	- Promotor A238 - pH

Anexo 2 Matriz específica de consistencia

Titulo	Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Indicadores
<p>ESCALAMIENTO A NIVEL PILOTO DE MINERAL SULFURADO PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE PLATA Y ORO -2019</p>	<p>¿La adición del colector A238 en la molienda, tendrá efecto en la ley de la flotación de menas sulfurados de cobre y su eficiencia de los componentes de cobre, plata y oro a nivel piloto? ¿Será posible que el pH tenga efectos favorables, sobre ley de concentrado de menas y su eficiencia en los componentes de cobre, plata y oro a nivel piloto?</p>	<p>Relacionar la adición del colector A238, sobre el efecto que tendrá en la ley del producto obtenido por flotación y la eficiencia en la recuperación de cobre, plata y oro a nivel piloto. Analizar el pH que efectos tendrá, respecto a la ley del producto obtenido por flotación y su eficiencia en la recuperación de los elementos metálicos de cobre, plata y oro a nivel piloto.</p>	<p>Con un control de la dosificación y en los puntos adecuados de la adición de promotor A238, se podrá encontrar un efecto favorable sobre la ley de la flotación obtenido y la eficiencia del concentrado respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su dimensionamiento a nivel industrial. Con un control adecuado de la cal en los puntos adecuados el pH tenga efectos favorables, en la ley de la flotación del mineral y la recuperación respecto al cobre, plata y oro a nivel piloto, para su posterior dimensionamiento en nivel industrial con estas condiciones.</p>	<p>Concentrado - ley - Recuperación</p>	

Anexo 6 Balance a nivel planta piloto turno día y noche II

	T=	618.54	TMH	Tonelada metrica humedad														
	%H=	3.20	%															
Guardia de Día																		
01-ago				PROMEDIO DE ENSAYES.					CONTENIDO FINO					DISTRIBUCION				
PRODUCTO	TMS	RATIO	% Cu	% Pb	Oz/TM Ag	g/TM Au	% Fe	%As	Cu	Pb	Ag	Au	Fe		Cu	Ag	Au	
Cabeza	598.75		1.07	0.00	2.04	0.79	0.00		6.4	0.0	1218.4	473.0	0.0		100.0	100.0	100.0	
Conc.Pb-Cu-Ag_Au	24.04	24.9	25.69	1.36	39.53	19.58	0.00	1.30	6.2	0.3	950.4	470.8	0.0		96.4	78.0	99.5	
Relave.	574.70		0.04	0.00	0.16	0.40	0.00		0.2	0.0	92.0	229.9	0.0		3.6	7.5	48.6	
Cabeza Calc.	598.75		1.07	0.05	1.74	1.17	0.00		6.4	0.3	1042.4	700.6	0.0		100.0	85.5	148.1	
Guardia de Noche																		
01-ago				PROMEDIO DE ENSAYES.					CONTENIDO FINO					DISTRIBUCION				
PRODUCTO	TMS	RATIO	% Cu	% Pb	Oz/TM Ag	g/TM Au	% Fe	%As	Cu	Pb	Ag	Au	Fe		Cu	Ag	Au	
Cabeza	598.75		1.07	0.05	1.74	1.17	0.00		6.4	0.3	1042.4	700.6	0.0		100.0	100.0	100.0	
Conc.Pb-Cu-Ag_Au	24.04	24.9	25.69	1.36	39.53	19.58	0.00	1.30	6.2	0.3	950.4	470.8	0.0		96.4	91.2	67.2	
Relave.	574.70		0.04	0.00	0.16	0.40	0.00		0.2	0.0	92.0	229.9	0.0		3.6	8.8	32.8	
Cabeza Calc.	598.75		1.07	0.05	1.74	1.17	0.00		6.4	0.3	1042.4	700.6	0.0		100.0	100.0	100.0	
Balance General del 01-08-2019																		
01-ago				PROMEDIO DE ENSAYES.					CONTENIDO FINO					DISTRIBUCION				
PRODUCTO	TMS	RATIO	% Cu	% Pb	Oz/TM Ag	g/TM Au	% Fe	%As	Cu	Pb	Ag	Au	Fe	As	Cu	Ag	Au	
Cabeza	547.67		0.788	0.00	4.580	1.533	0.00		4.3	0.0	2508.3	839.6	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	10.52	52.0	26.46	1.36	80.39	16.80	28.73	1.63	2.8	0.1	846.1	176.8	3.0	0.2	64.5	33.7	21.1	
Relave.	537.15		0.29	0.00	0.45	0.36	0.00		1.5	0.0	243.6	193.4	0.0	0.0	35.5	9.7	23.0	
Cabeza Calc.	547.67		0.788	0.03	1.99	0.68	0.55	0.03	4.3	0.1	1089.7	370.2	3.0	0.2	100.0	43.4	44.1	
01-ago				PROMEDIO DE ENSAYES.					CONTENIDO FINO					DISTRIBUCION				
PRODUCTO	TMS	RATIO	% Cu	% Pb	Oz/TM Ag	g/TM Au	% Fe	%As	Cu	Pb	Ag	Au	Fe	As	Cu	Ag	Au	
Cabeza	547.67		0.79	0.03	1.99	0.68	0.55	0.03	4.3	0.1	1089.7	370.2	3.0	0.2	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	10.52	52.0	26.46	1.36	80.39	16.80	28.73	1.63	2.8	0.1	846.1	176.8	3.0	0.2	64.5	77.6	47.8	
Relave.	537.15		0.29	0.00	0.45	0.36	0.00	0.00	1.5	0.0	243.6	193.4	0.0	0.0	35.5	22.4	52.2	
Cabeza Calc.	547.67		0.79	0.03	1.99	0.68	0.55	0.03	4.3	0.1	1089.7	370.2	3.0	0.2	100.0	100.0	100.0	
01-ago				PROMEDIO DE ENSAYES.					CONTENIDO FINO					DISTRIBUCION				
PRODUCTO	TMS	RATIO	% Cu	% Pb	Oz/TM Ag	g/TM Au	% Fe	%As	Cu	Pb	Ag	Au	Fe		Cu	Ag	Au	
Cabeza	1146.42		0.94	0.04	1.86	0.93	0.26		10.7	0.5	2132.1	1070.8	3.0		100.0	100.0	100.0	
Conc. Plomo	34.57	33.2	25.92	1.36	51.97	18.73	8.75		9.0	0.5	1796.5	647.6	3.0		83.6	84.3	60.5	
Relave.	1111.85		0.16	0.00	0.30	0.38	0.00		1.8	0.0	335.6	423.3	0.0		16.4	15.7	39.5	