



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**Flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de
menas de plata y auríferos**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Autor

Juan Carlos Dulanto Llashaj

Asesor

M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez

Huacho - Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL

JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

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

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

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Juan Carlos Dulanto Llashaj	75158387	17 – 07- 2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Joaquín José Abarca Rodríguez	15740291	0000-0003-1004-3824
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
José Vicente Nunja García	15447556	0000-0002-9633-8190
Juan Manuel Ipanaque Roña	32952515	0000-0003-2695-9802
Delicias Eufemia Natividad Huasupoma	15740030	0000-0001-5142-6392

FLOTACIÓN DE MINERALES SULFURADOS A PARTIR DE RELAVES PARA LA CONCENTRACIÓN DE MENAS DE PLATA Y AURÍFEROS

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	2%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	6%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	1%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
7	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%

**Flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de
menas de plata y auríferos**

Juan Carlos Dulanto Llashaj

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez.

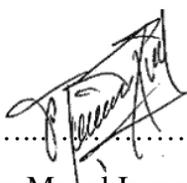
Huacho, julio del 2024

**Flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la
concentración de menas de plata y auríferos**



Dr. José Vicente Nunja García

Presidente



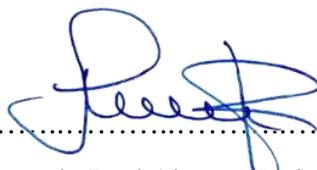
Dr. Junan Manuel Ipanaque Roña

Secretario



Dra. Delicias Eufemia Natividad Huasupo

Vocal



M(o). Joaquín José Abarca Rodríguez

Asesor

Dedicatoria

A mi compañera de vida e hija, porque son mi principal motivación para seguir avanzando, porque son la razón por la cual tengo una perspectiva de vida diferente.

Agradecimiento

Mi gratitud está dirigida principalmente a Dios, por haberme acompañado a lo largo de la carrera Y por brindarme una vida hermosa llena de aprendizajes y experiencias.

A mi familia, por su amor incondicional, por creer en mí y por enseñarme a ver más allá de lo que mis ojos pueden vislumbrar.

A mi asesor Ing. JOAQUIN JOSE ABARCA RODRIGUEZ, por su valioso aporte durante el desarrollo de esta investigación.

Pensamiento

“El mundo que hemos creado es un proceso de nuestro pensamiento. No se puede cambiar sin cambiar nuestra forma de pensar” (A. Einstein)

Índice general

Dedicatoria	vii
Agradecimiento	viii
Pensamiento	ix
Índice general	x
Indice de tabla	xiii
Indice de figura.....	xvi
Indice de anexo.....	xvii
Abreviatura.....	xviii
Resumen	xix
Abstract	xx
Introducción	xxi
Capítulo I Planteamiento del problema	22
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	22
1.2 Formulación del problema.....	23
1.2.1 Problema general.....	23
1.2.2 Problemas específicos.....	23
1.3 Objetivos de la investigación.....	23
1.3.1 Objetivo general.....	23
1.3.2 Objetivo específico.....	23
1.4 Justificación de la investigación.....	24
1.5 Delimitación del estudio.....	24
1.6 Viabilidad del estudio.....	24

Capítulo II Marco teórico.....	25
2.1. Antecedentes de la investigación.....	25
2.1.1. <i>Investigación internacional.</i>	25
2.1.2. <i>Investigación nacional.</i>	26
2.2. Bases Teóricas.	28
2.2.1. Molienda.....	28
2.2.2. Flotación.....	31
2.2.3. Flotación de minerales sulfuros.....	34
2.3. Definiciones conceptuales.	37
2.4. Hipótesis de la investigación.	38
2.4.1. Hipótesis general.	38
2.4.2. Hipótesis específicas.	38
2.5. Operacionalización de variables e indicadores.....	39
Capítulo III Metodología.....	40
3.1. Diseño metodológico.....	40
3.2. Población y muestra.....	41
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	41
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.....	41
3.5. Matriz de Consistencia.	43
Capítulo IV Resultados	44
4.1. Análisis de resultados.	44
4.1.1. Condiciones para las pruebas metalúrgicas.....	44
4.1.2. Resultados.	49
4.2. Contrastación de hipótesis.....	60

4.2.1. Contrastación de hipótesis general.....	60
4.2.2. Contrastación de hipótesis específicos.....	62
Capítulo V Discusión.....	69
5.1. Discusión de resultados.....	69
Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones.....	71
6.1. Conclusiones.....	71
6.2. Recomendaciones.....	72
Capítulo VII Fuentes bibliográficas.....	73
7.1. Fuentes bibliográficas.....	73

Índice de tabla

Tabla 1 Operacionalización de las variables e indicadores	39
Tabla 2 Matriz de consistencia.....	43
Tabla 3 leyes de cabeza de relave	44
Tabla 4 Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata exploratoria 1 a 6(I)	45
Tabla 5 Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata exploratoria 1 a 6(II)	45
Tabla 6 leyes de cabeza de relave	46
Tabla 7 Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata con agua fresca prueba de 1 a 21(I).	47
Tabla 8 Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata con agua fresca prueba de 1 a 21(II).	48
Tabla 9 Distribución granulométrico de relave	49
Tabla 10 Resultado de las 6 pruebas con agua recirculada	50
Tabla 11 Resultado de las pruebas 1, 2(1,2,3,4) al 5 en la flotación de oro y plata	52
Tabla 12 Resultado de las pruebas 1, al 5 en la flotación de oro y plata.....	53
Tabla 13 Resultado de las pruebas 6 al 13 en la flotación de oro y plata.....	54
Tabla 14 Resultado de las pruebas 14(1,2,3,4) al 17 en la flotación de oro y plata	55
Tabla 15 Resultado de las pruebas 14 al 17 en la flotación de oro y plata.....	56
Tabla 16 Resultado de las pruebas 18 al 21 en la flotación de oro y plata.....	57
<i>Tabla 17 Resultado de las 21 pruebas en la flotación de oro y plata con agua fresca.</i>	<i>58</i>

<i>Tabla 18 Prueba Omnibus ANOVA calidad de la plata en el concentrado en función a las condiciones de acondicionamiento</i>	60
<i>Tabla 19 Medida de ajuste del modelo calidad de la plata en el concentrado en función a las condiciones de acondicionamiento</i>	61
<i>Tabla 20 Prueba Omnibus ANOVA calidad del oro en el concentrado en función a las condiciones de acondicionamiento.</i>	61
<i>Tabla 21 Medida de ajuste del modelo para la calidad del oro en función de los reactivos empleados</i>	62
<i>Tabla 22 Medida de ajuste del modelo para la recuperación del oro en función de tiempo de flotación y acondicionamiento</i>	62
<i>Tabla 23 Prueba Omnibus ANOVA recuperación de oro en función de tiempo de flotación y acondicionamiento</i>	63
<i>Tabla 24 Medida de ajuste del modelo para la recuperación de la plata en función de tiempo de flotación y acondicionamiento</i>	63
<i>Tabla 25 Prueba Omnibus ANOVA recuperación de plata en función de tiempo de flotación y acondicionamiento</i>	63
<i>Tabla 26 Medida de ajuste del modelo para la ley del oro en el concentrado</i>	64
<i>Tabla 27 Prueba Omnibus ANOVA para la calidad del concentrado ley de oro en relación de los reactivos.</i>	64
<i>Tabla 28 Medida de ajuste del modelo para la ley de la plata en el concentrado</i>	65
<i>Tabla 29 Prueba Omnibus ANOVA para la ley calidad del concentrado con la ley de plata.</i>	65
<i>Tabla 30 Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la ley de la plata.</i>	66
<i>Tabla 31 Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la ley de la plata</i>	66
<i>Tabla 32 Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la ley del oro.</i>	67

Tabla 33 Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la ley del oro	67
Tabla 34 Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la recuperación de la plata.	67
Tabla 35 Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la recuperación de la plata	67
Tabla 36 Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la recuperación del oro.	68
Tabla 37 Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la recuperación del oro	68

Indice de figura

Figura 1 Curva de distribución granulométrica de muestra de relave.....	50
Figura 2 Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata de las 6 pruebas con agua acida.....	51
Figura 3 Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 1 al 5	53
Figura 4 Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 6 al 13	54
Figura 5 Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 14 al 17	56
<i>Figura 6 Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 18 al 21</i>	<i>57</i>
<i>Figura 7 Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata de las 21 pruebas con agua fresca.</i>	<i>59</i>

Indice de anexo

<i>Anexo 1 localización</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 2 Instrumentos para la toma de datos</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 3 balance metalúrgico de pruebas con aguas acidas</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 4 Dosificación de reactivos en las pruebas con aguas acida</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 5 balance metalúrgico de pruebas con aguas fresca</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 6 Dosificación de reactivos en las pruebas con aguas fresca.....</i>	<i>89</i>

Abreviatura

%	:	Porcentaje
p	:	Página
pp	:	Páginas
Ag	:	Plata
Au	:	Oro
g/t	:	Gamo por tonelada métrica
UNSA	:	Universidad Nacional San Agustín
mm	:	Milímetro
µm	:	Micra
kg/t	:	Kilogramo por tonelada métrica
&	:	I
g/L	:	Gramo por litro
Oz/t	:	Onza por tonelada métrica
g.l	:	Grado de libertad
DE	:	Desviación estándar

Resumen

El estudio tiene por objetivo evaluar la flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y menas auríferos, el estudio es una investigación preexperimental realizado a nivel laboratorio. Para ellos se tiene un mineral con ley de cabeza promedio de 2.447oz/t Ag, 0.414 g/t Au se realizaron a un pH 7 a una densidad de pulpa de 1250 g/L a un relave del 65.58% pasante a la malla 200 se sometieron a molienda, acondicionamiento y flotación donde se empleó diferentes reactivos colectores, espumante, etc. En la prueba con agua recirculada acida se realizaron 6 pruebas de las cuales el mejor resultado se tiene en la prueba 5 con ley de 2.47 oz/t Ag, 0.441 g/t Au, obteniendo un concentrado con una calidad de 22.72 oz/t Ag, 4.74 g/t Au con 30 minutos de molienda, 0.222 kg/t MIBC, 1.55 kg/t Metabisulfito de sodio, 7 kg/t de CaO, 0.203 kg/t A-4037, 0.198 kg/t A-242 en 12 minutos de flotación. En la prueba con aguas fresca se realizaron 21 pruebas de las cuales el mejor resultado se obtuvo en la prueba 16 con una cabeza de 2 oz/t Ag, 0.23 g/t Au obteniendo una calidad de concentrado de 8.73 oz/t Ag, 3.33 g/t Au con una recuperación de 56.53% Ag, 30.61% Au con una molienda de 10 minutos, flotación 11 minutos, 0.01 kg/t Z-6 de 0.04 kg/t MIBC, 0.057 kg/t A-3418 y 0.5918 kg/t MTB. Concluyendo que el MBT y MT-6200 tiene influencia significativa estadísticamente en la calidad del oro en el concentrado ya que el valor de p calculado es menor a 0.05.

Palabra clave: Flotación de oro de relave, concentración menas auríferos, flotación de menas de plata.

Abstract

The objective of the study is to evaluate the flotation of sulphide minerals from tailings for the concentration of silver ores and gold ores, the study is a pre-experimental investigation carried out at the laboratory level. For them, there is an ore with an average head grade of 2.447 oz/t Ag, 0.414 g/t Au were made at pH 7 at a pulp density of 1250 g/L at a tailings of 65.58% through the 200 mesh. They were subjected to grinding, conditioning and flotation where different collector reagents, foaming agents, etc. were used. In the test with acidic recirculated water, 6 tests were carried out, of which the best result was obtained in test 5 with a grade of 2.47 oz/t Ag, 0.441 g/t Au, obtaining a concentrate with a quality of 22.72 oz/t. Ag, 4.74 g/t Au with 30 min grind, 0.222 kg/t MIBC, 1.55 kg/t Sodium metabisulfite, 7 kg/t CaO, 0.203 kg/t A-4037, 0.198 kg/t A-242 in 12 minute float. In the test with fresh water, 21 tests were carried out, of which the best result was obtained in test 16 with a head of 2 oz/t Ag, 0.23 g/t Au, obtaining a concentrate quality of 8.73 oz/t Ag, 3.33 g/t Au with a recovery of 56.53% Ag, 30.61% Au with a 10 minute grind, 11 minute float, 0.01 kg/t Z-6 of 0.04 kg/t MIBC, 0.057 kg/t A-3418 and 0.5918 kg /tMTB. Concluding that the MBT and MT-6200 have a statistically significant influence on the quality of the gold in the concentrate since the calculated p value is less than 0.05.

Keywords: Tailings gold flotation, gold ore concentration, silver ore flotation.

Introducción

El estudio sobre la “flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos” es importante ya que se pretende recuperar los minerales que se encuentran en los relaves existente del proceso de flotación de minerales polimetálicos tanto de las relaves actuales y antiguos ya que estos relaves tiene minerales de interés económicamente rentables lo que lo hace ya que no se necesita realizar una exploración, explotación, acarreo y libración solo realiza realizar una remolienda y la concentración por flotación. Los relaves en el mundo se están reprocesando ya que en el momento de su procesamiento no se contaba con la tecnología actual y las leyes para su proceso era necesario tener una alta ley de cabeza. Como el caso de la flotación de la esfalerita desde relaves mineros como medio de remediación (Giorgio & Giulio, 2021). Las recuperaciones de minerales de interés desde relaves en América Latina tienen ya su relevancia como el caso del estudio para la recuperación de apatita por flotación a partir de relaves de un proceso de concentración magnética es posible la recuperación del 75,3% con una ley de 21.8% P_2O_5 (Valderrama, Tapia, Gómez, Santander, & M, 2020). Los relaves o pasivos ambientales de las actividades minerales en todo el territorio del Perú se encuentran con valor económico en el caso de la flotación de pirita desde relaves de minerales polimetálicos (Gutierrez & Sanchez, 2020). Por lo que es necesario la recuperación de los minerales que encuentran en los Relaves de la Mina Acchila en ello se encuentran oro, plata, cobre, plomo, zincs minerales de interés económico.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la realidad problemática.

Durante su operación las plantas concentradoras de las operaciones de procesamiento de minerales por flotación dejan como desechos relaves que son acumulados durante su vida útil, las cuales tiene valor de interés con presencias de oro, plata, cobre, plomo, zinc, arsénico, etc. por lo que se desea realizar un estudio a nivel de laboratorio, mediante una investigación exploratoria a los relaves con la finalidad de recuperación de oro y plata por medio de concentración por flotación de menas auríferos y menas de plata.

Los minerales que contiene una ley óptima de menas de oro y plata cada día se van agotando y su explotación son más difíciles y los relaves de las plantas concentradoras en todo el Perú tiene minerales que contiene menas de interés comercial, como minerales polimetálicos, menas de plata y menas de oro, ya que los minerales en su debido momento procesaban mineral de alta ley por ello una cierta cantidad de minerales de interés pasaba al relave. En relaves proveniente de la flotación, el oro y la plata se encuentran en minerales tetraedrita, pirita y cuarzo (Castro, 1998)

Buscando el aprovechamiento de estos relaves que se encuentran depositado, además estos minerales ya se encuentran liberado por lo que es necesario realizar una inversión mínima en la liberación y flotación, por ello se trata de buscar las mejores condiciones para su aprovechamiento. El proceso de extracción de oro y plata se pueden realizar por flotación, lixiviación, etc. Como en el caso de Morales (2016) en su trabajo sobre extracción de plata y oro llego a “una extracción de 93,97 % de Ag y 83,04% de Au consiguientemente, alta rentabilidad económica” (p. 7).

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema general.

¿Será posible la flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos?

1.2.2 Problemas específicos.

¿Tendrá efecto el tiempo de flotación de minerales sulfurados a partir de los relaves para obtener una recuperación óptimo de plata y oro?

¿En qué medida los reactivos empleados en la flotación de minerales sulfurados a partir de relave influirán en la calidad de concentrado de oro y plata?

¿Tendrá influencia el tiempo de molienda de los relaves en la concentración y recuperación por flotación de oro y plata?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y menas auríferos.

1.3.2 Objetivo específico

Evaluar el efecto el tiempo de flotación de minerales sulfurados a partir de los relaves en la recuperación óptimo de plata y oro.

Evaluar los reactivos empleados en la flotación de minerales sulfurados a partir de relave para verificar la influencia en la calidad de concentrado de oro y plata.

Evaluar la influencia del tiempo de molienda de los relaves en la concentración y recuperación por flotación de oro y plata.

1.4 Justificación de la investigación

En merito a los expuesto en realidad problemática y los problemas planteados es importante el tratamiento de los relaves para obtener un ingreso económico que pueden contribuir al ingreso de retas al estado de esta forma invertir en educación, salud, infraestructura de desarrollo, investigación, etc.

Por otra parte, el tratamiento de relave permite la recuperación de los sulfuros donde se encuentran el oro y plata y su encapsulamiento de los relaves que se puedan obtener del proceso de esa forma se minimiza la contaminación ambiental y a la vez realizar una minería sustentable.

La universidad dentro de uno sus funciones es formas profesionales investigadores para el fortalecimiento del desarrollo de la sociedad, por ello la investigación desarrollada una ver validez servirá como fuente para las futuras investigaciones y como guía practico para realizar trabajos aplicativos.

1.5 Delimitación del estudio.

El estudio se realiza en el laboratorio del centro de investigación y desarrollo tecnológico de materiales, con coordenadas de localización del laboratorio (-11.126155, -77.609280), se encuentra en la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión en la ciudad de Huacho, distrito de Huacho, provincia de Huaura, departamento de Lima Perú, en el periodo 2022.

1.6 Viabilidad del estudio.

Para la validación del análisis químico de muestras y los resultados de las pruebas se emplearán laboratorio químico externo Alfred H Khight Perú. Mientras que para validar las corridas se cuentan con los equipos necesarios del Centro Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigación internacional.

Para Bragin, Burdakova, Kondrat'eva, Plotnikova, & Baksheeva (2018) en su investigación sobre “Flotabilidad de oro de relaves antiguos” publicado en Springer es un trabajo experimental. El estudio a relaves contenía minerales (sulfuros, óxidos y mixtos) encontrándose como mineral primario en toda la relavera, tanto los actuales como los más antiguos. El relave contenía un promedio de 0.57 g/t a 0.61 g/t de oro con una granulometría menor a 44 micras del orden del 55%. El proceso de tratamiento se realiza con una molienda de 5 minutos, seguido de dosificación de los reactivos dispersantes SHPM 500g/t, CuSO_4 60 g/t, kerosene 100 g/t, xantato de butyl 608 g/t, flotanol 40.8 g/t con 31 minutos de acondicionamiento seguido de una flotación de 16 minutos. Obteniendo como resultado una recuperación de 30 a 45.6% de oro con un desplazamiento del 0.27 a 0.19 g/t al relave. Concluyendo que aproximadamente el 50% de oro es recuperable sin usar ninguna tecnología.

Romero, Romero, & Redrovan (2019) es su trabajo referente a “Efecto de la variación de los colectores Z6, 404 y 1208 en la flotación a granel de piritita y arsenopiritita aurífera”. Publicado en la Revista Bolivariana de Química Ecuador. Es un trabajo experimental. El en trabajo se emplea una mezcla de colectores primarios y secundarios el Z6 más A404 y Z6 más el A1208, al 10% y 100%, mientras que el activador CuSO_4 al 10%, dispersante silicato de sodio y el espumante 350, mientras que el porcentaje de sólidos se empleó al 27%,30%, 33% y 37%. Obteniendo una mejor recuperación con 33% de sólidos en la pulpa, el colector segunda A-404 tiene mejor recuperación al 10% cuando se emplea dispersante lama, mientras que A-1208 al 100% sin dispersante de lama

tiene mejor recuperación de oro, por otra parte, la disminución del Z6 y activador tiene se mejora la recuperación. Concluyendo que los colectores secundarios no tienen influencia significativa estadísticamente ya que el valor p calculado es mayor a 0.05, mientras que el porcentaje de sólido en la pulpa si tiene influencias significativas en la recuperación ya que el valor p calculada es menos que 0.05(p.81).

Valencia (2018) en su trabajo realizado sobre “Flotación raugher de un mineral aurífero complejo asociado a sulfuros polimetálicos” presentado a la Universidad del Azuay Ecuador. Es un trabajo experimental. Para realizar la flotación se emplearon como colector xantato amílico de potasio, activador sulfato de cobre, depresor sulfato de zinc, espumante MIBC y arerofloth 25, regulador de pH carbonato de sodio a un pH de 7-9. Obteniendo el mejor resultado en la prueba 8 para el oro con 58.90 g/t de oro, 60.84 g/t plata con una recuperación de 58.41% Au y 60.29% Ag, a un pH de 10.5, en 20 minutos a una densidad de pulpa al 30% de sólido. Concluyendo que el colector, espumante, activador influyen positivamente en la calidad superior al 30 g/t y recuperación de oro, mientras que el depresor influye negativamente en la recuperación.

2.1.2. Investigación nacional.

Feria (2021) en su trabajo sobre “Estudio de investigación para recuperar oro y plata de los relaves de la flotación polimetálica” presentado a la UNSA Perú, es un trabajo experimental que realizo a relave con leyes de 1.99 g/t de oro, 7.20 g/t de plata con una granulometría del 80% pasante a la malla 200 con presencia de pirita, arsenopirita, incrustado en el cuarzo en una granulometría entre 20 a 50 micras, las cuales se realizaron pruebas de flotación con la adición de reactivos de flotación empleados para el oro Z-11, MICB, obteniendo una recuperación del 61% de oro que permitió diseñar un diseño experimental para la remolienda 80% pasante a la malla 400 y adición de reactivos Z-6, DF-250 y CMC, con los cuales se llegó a obtener 72.8% de recuperación de oro y 64% de plata.

Tancayllo (2018) en su trabajo titulada “Flotación y cianuración de los relaves de Ticapampa propiedad de la compañía minera Lincuna”, publicada por la UNAS Perú. En su trabajo experimental. Con las condiciones para la flotación con una granulometría pasante a la malla 200 el 65%, a un pH 4.5, con la adición de sulfuro de sodio en la molienda seguido con el acondicionamiento de 7400 g/t H₂SO₄, 150 g/t A-404, 28 g/t MIBC. Obteniendo como resultado 113.6 g/t Ag, 6.65 g/t Au con un ratio de concentración del orden de 5.83. Concluyendo la mejor recuperación es por flotación, con una sulfuración previa en la molienda obteniendo 37% de plata y 73.58% de oro recuperables (p.45).

Sucapuca (2019) en su investigación relacionado a la “Optimizar la recuperación de oro y plata aplicando los procesos de flotación y cianuración a los relaves provenientes de los tratamientos gravimétricos en la zona de Las Lomas – Piura”, presentado a la UNSA Perú. El trabajo experimenta. El oro en el relave se encuentra como oro grueso entre 100 a 400 micras y asociado en la ganga y pirita entre 5 a 50 micras, con la adición de A-242, Z-6, RS370, SiO₃Na y CaO. El resultado obtuvo en la flotación de las tres pruebas 20 22 y 32 minutos el de mejor resultado a una granulometría pasante a la malla 200 el 79.82% se tiene un concentrado de 2.698 g/t Ag, 1.2 g/t de oro con una recuperación de 96.44% oro, 70.07% de plata. Concluyendo que a mayor liberación se tiene una mejor recuperación (pp.92-103).

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Molienda.

En el proceso de conminución de los minerales en la molienda el gasto de energía en el mundo es del 2% de la energía producida, la pérdida de energía en la molienda es en forma de calor, vibración, sonido, etc., la energía gastada en esta etapa está considerado el 50% de todas las operaciones en el procesamiento de minerales (Fuerstenau & Han, 2009). La liberación de los minerales para una concentración limpia y optima, considerando el gasto de molienda debe estar en un tamaño menor a 100 μm (Wills & Finch, Mineral Processing Technology, 2016).

La relación que se podría relacionar en la liberación del mineral en el molino que tiene una eficiencia de 75% debe tener una relación matemática en 1/10, es decir en una remolienda que ingrese el mineral 1 mm se producirá 0.1 mm(100 μm), si el tamaño de partícula alimentada es de 0.1 mm el producto a obtener debe de ser 0.01 mm(10 μm). La liberación del mineral está relacionada en la asociación de los minerales, por lo que es necesario saber la asociación y el tamaño de las partículas valiosos para poder ser concentrado mediante una flotación, en función a ellos es pertinente el tamaño del medio moledora a usar para una liberación adecuada de los componentes valiosos (Wills & Finch, Mineral Processing Technology, 2016).

Para una liberación del mineral en el molino tiene ciertas condiciones como la, alimentación, porcentaje de sólidos, velocidad de operación, granulometría de alimentación, tamaño de medio moledora, forma de descarga, etc., lo que permite obtener una molienda de acuerdo los intereses buscados.

La remolienda de los minerales se busca liberar aquellos minerales que se encuentran asociado en los sulfuros y cuarzos existentes de los minerales que no tiene valor comercial, por lo que es necesario buscar un parámetro óptimo de liberación que pueda tener una superficie adecuada

para la absorción de los colectores que pueda ser hidrofóbica y ser colectado a la superficie de las burbujas (Porras, 1997).

2.2.1.1. Variables de molienda.

Las variables que intervienen en la molienda son finitas las más resaltantes son aquellos que los primordiales a considerar como la densidad de pulpa, carga moledora, alimentación, porcentaje de sólidos, velocidad de operación, granulometría de mineral alimentado al molino, diseño de las chaquetas del molino, tiempo de molienda, forma de descarga, forma de instalación del molino, carga circulante, etc. (Azañero, 2015), quienes intervienen en la liberación del mineral de acuerdo como se aplica que pueda dar un resultado en forma positiva o negativa.

Carga moledora:

Porcentaje de solido: El porcentaje de sólidos en el circuito de molienda en molino de bolas deben de ser entre 65% a 80% de sólidos para poder ser tener una viscosidad óptima para poder realizar una molienda de las partículas del mineral. A medida que las partículas de mineral sean menores la densidad de pulpa debe ser menor (Wills, 1994).

Velocidad de operación: El movimiento del molino permite la interacción del mineral con el medio moledora, este movimiento produce caída del medio moledora como caída por catarata, cascada que producen impacto para la liberación del mineral de igual manera se produce la liberación por abrasión. La velocidad del molino está relacionada en función del diámetro del molino conocido como velocidad critica, esta velocidad solo permite que las bolas giren pegado a las paredes del molino por lo que es necesario conservara una fracción de la velocidad que permita obtener una caída de las bolas catarata y cascada para aprovechar la máxima energía de impacto para una liberación del mineral esta velocidad debe estar entre 65% a 80% de su velocidad critica

para molinos de bolas. Mientras que una molienda más fina necesita una abrasión para poder realizar una liberación óptima (Wills, 1994).

Diseño de chaqueta: El diseño de las chaquetas permiten levantamiento de las bolas para formar las cascadas y cataratas en la molienda del mineral, el desgaste de las chaquetas tiene un rango entre 0.11 kg/t a 0.16 kg/t, kilogramos de chaqueta por kilogramo de mineral procesada (Porras, 1997).

Granulometría de mineral alimentado: La granulometría del mineral al circuito de molienda primaria convencional es de menor a $\frac{3}{4}$ " en promedio, mientras que en los molinos SAG se pueden alimentar menor 6" de tamaño, en la remolienda el mineral alimentado al molino es el producto de la clasificación parte gruesa (Arrau, 2006).

Tiempo de molienda: el tiempo de molienda es el espacio que permite la retención del mineral en el molino con la finalidad de ser reducido, esto va depender de la carga del mineral alimentado al molino y el agua alimentado al molino.

Forma de descarga:

Forma de instalación del molino: La instalación de los molinos se tiene en forma vertical y horizontal, los horizontales se aplican a un proceso convencional, mientras que los verticales se aplican a molienda fina o ultra fina para una liberación más óptima y la descarga lo hace por rebose.

Carga circulante: la carga circulante es el material que retorna al circuito de molienda que son rechazado en la clasificación del hidrociclón ya sea por tamaño o alta densidad del mineral. El tamaño de mineral rechazado debe ser reducido para cumplir las condiciones en la flotación, mientras que el mineral que tiene alta densidad es la carga que interfiere en forma negativa, con ello se producirá lamas que en el siguiente proceso tendrá su consecuencia y al mismo tiempo ocupa el espacio del molino y baja su eficiencia.

Medio moledora: El material que permite la liberación de los minerales están constituido por bolas de acero, que permite por su peso la fragmentación de los minerales el tamaño de las bolas depende de los molinos primarios, secundarios, remolienda, etc. Este tamaño va depender al alimenta y al producto deseado en el siguiente proceso, en el caso de una remolienda las bolas deben de ser menores a 2” y en los molinos verticales de remoliendas las bolas pueden ser entre 17 mm a 19 mm. La carga de las bolas de un molino es del 72% de la carga de los molinos de bolas que puede ser entre 40% a 45% (Porrás, 1997).

2.2.2. Flotación.

La flotación es un proceso fisicoquímico e hidrodinámico donde interviene los reactivos, el movimiento de las partículas, densidad de mineral, fuerzas gravitacionales, etc. En el proceso fisicoquímico interviene los reactivos colectores cambiando las propiedades de la superficie del mineral que sean repelente al agua es decir hidrofóbicos a los minerales valiosos de interés, y los relaves deben de tener una afinidad con el agua para ser separada (Sutulov, 1963). Para que pueda flotar una partícula viene de la interacción de las partículas que ocurre en la pulpa, donde la superficie del mineral es cubierta por los colectores y esto captado por la burbuja de aire que por una fuerza de empuje mayor a la fuerza de las burbujas son evacuado a la superficie (Yanatos, 2005) que permite separar los minerales.

Para un proceso de flotación son una infinidad de variables que interviene en el proceso de los cuales, los más resaltantes se tiene una fuerza de movimiento mecánica, dinámica para poder generar una mezcla, reactivos, un medio donde se encuentran el agua y mineral, aire, etc. que permite generar las condiciones adecuadas y su posterior separación del mineral por flotación.

2.2.2.1. Variables de flotación.

En el proceso de concentración de los minerales por flotación interviene una serie de elementos desde su preparación hasta la separación del mineral, estos factores más resaltantes son: Liberación del mineral, pH de la pulpa, reactivos, densidad de pulpa o porcentaje de sólido, velocidad de agitación, tiempo de acondicionamiento, tiempo de flotación, calidad de agua, inyección de aire, etc., son aquellos que interviene en la flotación de minerales (Azañero, 2015).

Granulometría: El tamaño de mineral que debe estar para la flotación esta entre la malla 48 y la malla 200 para obtener de una manera efectivo de los minerales valiosos sulfuros (Porrás, 1997). Sin embargo, esto depende del tipo de celdas ya sea mecánica o neumática.

Porcentaje de solidos: El porcentaje de sólidos para minerales sulfurados tiene amplio rango entre 20% a 40%, pero un rango más empleado esta entre 25% a 35%, estos rangos son referenciales por lo que el porcentaje de solidos se encontrara en la pruebas experimentales y aplicaciones industriales al momento de poner en marcha una planta concentradora (Metson, 2004).

Velocidad de agitación: La agitación mecánica permite que el mineral tiene a mezclarse con los reactivos y que se encuentren en suspensión las partículas, en la flotación de desbaste o recuperación tiene una alta velocidad de agitación entre 1200 rpm a 1400 rpm, mientras que en la limpieza la velocidad de agitación es menor entre 800 rpm a 900 rpm (Arrau, 2006).

Tiempo de flotación: El tiempo de flotación es el espacio que se necesita para la flotación del mineral desde que ingresa a la celda rougher que sirve como desbaste o flotación la mayor cantidad de minerales, scavenger o barrido que permite aumentar la recuperación del mineral mientras que limpieza tiende a subir la calidad del concentrado (Chia & Currie, 1984).

Tiempo de acondicionamiento: Es el espacio donde se le da las condiciones adecuadas a los minerales para la flotación, a la pulpa proveniente de la clasificación se le agregan los reactivos

para modificar las condiciones actuales y para que actúen es necesario un determinado tiempo por ello es necesario el tiempo de adecuado de acondicionamiento (Porras, 1997).

Aire: Para la separación de los minerales existen tres componentes el mineral, agua y el aire donde el aire al ser introducido a la pulpa de mineral genera las burbujas donde se adherirá las partículas de mineral para ser transportada a su superficie de la celda para ser evacuado a los canales de la celda (Sutulov, 1963).

Reactivos de flotación: Los reactivos de flotación son compuestos orgánicos e inorgánicos que intervienen en la modificación de la superficie de las partículas del mineral como colectores, depresores, modificadores (Cyttec, 2002).

Colectores: Son reactivos que se adhiere a la superficie del mineral y lo convierte en hidrofóbico haciéndolo repelente al agua para adsorbido por la burbuja de agua. Son reactivos de cadena larga de carbono con contiene azufre para los minerales sulfuros. Entre ellos tenemos ácidos grasos, amidas, compuestos de amonios cuaternarios, sulfonatos o aceite de petróleo (Crozier, 1992). Los reactivos más empleados se tienen xantados Z-6(xantato amílico de potasio), Z-11(xantato isopropílico de sodio), entre los ditiofosfatos se tiene los aerofloat (A-31, A-404, A-208, A-3418) se emplean para recuperar minerales específicos (Sutulov, 1963).

Depresores: Reactivos encargados de cambiar la superficie del mineral para tener afinidad con el agua que sean rechazada por las burbujas a los minerales sulfurados no deseados lo hacen hidrofílicas. Los reactivos empleados son sales solubles como sulfato de zinc, cianuro de sodio, dicromato de sodio y potasio, bisulfito de sodio, sulfito de sodio, etc. (Azañero, 2015).

Espumantes: Son reactivos que permite darle estabilidad a la espuma para que no se rompan en el proceso de colección y transporte de los minerales a la superficie. Son alcoholes superiores que se emplean en la flotación de minerales, que se pueden emplear en forma individual o mezcla buscando las condiciones como actúa frente a los distintos tipos de minerales y pH de la

pulpa (Crozier, 1992). El tamaño más conveniente debe ser entre 2 mm a 2.5 mm en este rango permite una mayor recolección y estabilidad de la espuma cargada (Rubinstein, 1997). Entre ellos se tiene el aceite de pino, MIBC, F70, D250, etc. (Cytec, 2002).

Modificadores: Los reactivos modificadores actúan en el cambio de las condiciones de las partículas y del medio donde se realiza la flotación: Entre ellos se tiene activadores, sulfurizantes, floculantes, dispersantes, regulador de pH, etc. (Sutulov, 1963)

- a. **Activadores:** Son reactivos que permite activar los minerales que han sido deprimidos o minerales óxidos para ser absorbido por los colectores, entre ellos se tiene sulfato de cobre, nitrato de plomo (Crozier, 1992).
- b. **Reguladores de pH:** Los reactivos para modificar el pH de la pulpa a un medio ácidos se tiene el ácido sulfúrico, ácido fluorhídrico. Mientras que los reactivos para emplear a un medio básico se tienen óxido de calcio, carbonato de sodio, hidróxido de sodio (Azañero, 2015).
- c. **Dispersantes:** Son los reactivos que permite que las lamas o partícula fina no se peguen a la burbuja de aire, el silicato de sodio, almidón (Porrás, 1997).
- d. **Floculantes:** Son los encargados de unir las partículas para formar coágulos y permita que las partículas unidas sedimenten más rápido en el proceso de separación sólido líquido, entre ellos los usados en la minería se tiene superfloc 16, magnafloc 990, separan NP-10 (Porrás, 1997).

2.2.3. Flotación de minerales sulfuros.

En la flotación de los minerales sulfuros se emplean distintos colectores para la flotación de los minerales que contiene cobre, plomo, zinc, hierro, elementos preciosos, elementos nocivos arsénico, antimonio. Por lo tanto, en la selección de los colectores intervienen los minerales que contiene elemento metálico, minerales sulfuros, minerales óxidos y la ganga. Estos minerales

específicos pueden constituir una serie de minerales como minerales calcopirita, covelina, azurita, cobre nativo, óxidos de cobre, etc., en función a ello es necesario utilizar una combinación de dos o más colectores con la finalidad de obtener un mejor resultado en la flotación de los minerales (Cytec, 2002).

2.2.3.1. Flotación de menas auríferos y menas de plata.

La flotación de los minerales que contiene oro y plata tiene un trato especial de acuerdo la asociación que tiene la mineralogía en función a ello se puede elegir el uso de los reactivos adecuados, con la finalidad de obtener una calidad en el concentrado y su recuperación.

Flotación menas de oro: El oro se en la naturaleza se encuentra libre y asociados, pueden estaré en el cuarzo en los sulfuros como arsenopirita, pirita aurífera, marcasita, pirrotina, telurios. Estos minerales conocidos como refractarios se emplea la flotación de los minerales por estar asociado, para ello se emplea los colectores xantatos comúnmente y los promotores Aeroflot A-208, A-3418 permite mejorar la flotación del oro que se encuentra asociado en los minerales y mejora su recuperación. Mientras que se emplean los promotores de la serie 400 para minerales que tiene alteraciones con el empleo de A-404. La flotación de estos minerales por la presencia de los sulfuros de hierro se realiza a un pH 6 a 7 de lo contrario si se emplea la cal permite deprimir los sulfuros y con ello el oro (Cytec, 2002). Para la activación de minerales alteradas que contiene oro se puede emplear sulfato de cobre en un rango de 50 a 500 g/t para poder mejorar la superficie del mineral para ser promovido por los promotores y tener una mejor hidrofobicidad y permitir ser atraído por las burbujas de aire.

Flotación menas de oro: Los minerales de plata en su mayoría son recuperado en el concentrado de cobre, plomo, cobre-plomo, cobre-plomo-zinc. Tiene importancia la selección de los reactivos en la flotación como el colector, depresor, espumantes ya que influirá directamente

en la recuperación en su mayoría de los casos se realiza una flotación junto con el cobre y plomo. En este caso se emplean colectores como los xantatos y los promotores como A-242, A-31, A-3418 mejora la flotación y la recuperación en el circuito de cobre y plomo. Cuando los minerales de plata se encuentran en menores proporciones es necesario asociado a sulfuro de plata, antimonio plata arsénico, argentita, arsenopirita se realiza en un medio natural y se emplea el sulfato de cobre para activar los minerales que se encuentran asociados a los minerales de plata. El empleo de los reguladores de pH para obtener una alcalinidad deprime estos minerales y la plata, por lo que no es necesario su uso (Cyttec, 2002).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a) **Concentración:** Es el producto de la flotación de minerales conformado por sulfuros de interés económico.
- b) **Dosificación:** Es la forma de adicionar los reactivos al molino, acondicionador y a las celdas de flotación.
- c) **Liberación:** Es la expresión para ser separada una asociación de los minerales ya sea en la molienda o la pulverización.
- d) **Menas auríferas:** Son minerales sulfurados donde se encuentran el oro incrustado en los minerales entre ellos se tiene pirita aurífera, arsenopirita, cuarzo, etc.
- e) **Menas de plata:** Son minerales sulfuros, óxidos con la presencia de plata como la argentita, Silvanita, etc.
- f) **Minerales sulfurados:** Son compuestos de uno o más elementos metálicos asociado al azufre entre ellos se tiene blenda, galena, calcopirita, arsenopirita, argentita, etc.
- g) **Pulpa:** Es la mezcla espesa o diluida compuesta de agua más mineral, conocida como densidad de pulpa expresado en masa sobre volumen (gramos por litro o t/m^3).
- h) **Reactivos:** Son sustancias inorgánicas y orgánicas empleados en la flotación de minerales que cumplen una función específica de recolección, depresión, espumante, etc. para una adecuada flotación de los minerales.
- i) **Recuperación:** Es la expresión matemática del elemento a obtener se encuentra en el concentrado en relación al cabeza multiplicado por cien.
- j) **Relave:** Es el producto final del material estéril del proceso de flotación compuesto por los minerales que no tiene interés económico como como pirita, pirrotita, cuarzo, feldespatos, etc.

- k) **Tiempo de acondicionamiento:** Es el lapso del tiempo de acondicionamiento del mineral más los reactivos que cumplan las condiciones para la flotación de los sulfuros de interés.
- l) **Tiempo de flotación:** Es el lapso del tiempo que se emplean en las celdas de flotación con la finalidad de tener una mayor recuperación de las menas de interés comercial.
- m) **Tiempo de molienda:** Es el Tiempo empleado en la liberación del mineral desde que ingresar al molino hasta que salda del molino.

2.4. Hipótesis de la investigación.

2.4.1. Hipótesis general.

Con un acondicionamiento adecuado de la pulpa del relave para la flotación de minerales sulfurados se obtendrá una concentración óptima de menas de plata y menas auríferos.

2.4.2. Hipótesis específicas.

Con un empleo del tiempo de acondicionamiento y flotación de minerales sulfurados que se encuentran en los relaves se obtendrá una recuperación óptima de plata y oro.

Con una dosificación adecuado de los reactivos que se emplean en de flotación de minerales sulfurados en el relave, se obtendrá una calidad de concentrado de menas que contiene oro y plata.

Con el empleo óptimo del tiempo de molienda a los relaves, permitirá una liberación de las menas y una concentración por flotación y recuperación óptima de oro y plata.

2.5. Operacionalización de variables e indicadores.

Tabla 1
Operacionalización de las variables e indicadores

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Flotación de menas sulfuradas	Es el proceso de separación de menas de interés de las gangas, mediante la hidrofobización los sulfuros para ser atraído por las burbujas de aire.	Factores de la flotación	- Tiempo
			- Reactivos
			- Molienda
Dependiente			
Concentración de menas auríferas y menas de plata.	Es el agrupamiento de los sulfuros valiosos, que son atraídos por la burbuja a las partículas hidrofobizandas mediante los colectores para elevar la concentración de las menas.	Parámetros	- Calidad de concentrado
			- Recuperación
Intervinientes			
Condiciones de trabajo	Son los medios donde se realizan las pruebas que no son controlados para un fin específico.		- Agitación.
			- Densidad de pulpa.
			- Temperatura

Capítulo III

Metodología

3.1. Diseño metodológico.

3.1.1. Tipo de investigación.

Para el presente estudio el tipo de investigación es aplicada ya que permite resolver problemas de la sociedad y de las empresas apoyándose en la investigación básica (Namakforoosh, 2005), en esta investigación se buscará recuperación el oro y plata que no fueron concentrado en la flotación de minerales polimetálicos pasándose al relave lo se pretender su recuperación para darle un valor agregado.

3.1.2. Nivel de investigación.

El estudio tiene un nivel de investigación relacional causal, se estudiarán las causas y efectos de las variables en estudio (Bernal, 2006) como la granulometría, reactivos, tiempo que tendrá efecto en la recuperación y calidad del concentrado en las pruebas experimentales exploratorias.

3.1.3. Diseño de la investigación.

El estudio tendrá un diseño preexperimental, ya que el trabajo a realizar será a nivel laboratorio el trabajo a realizar después del proceso tendrá un efecto, estas variables en estudio no serán tomado en cuenta de acuerdo una aleatoriedad (Carrasco, 2019).

3.1.4. Enfoque de la investigación.

En el estudio a realizar se aplicará una investigación con enfoque cuantitativa ya que la información recopilada de las pruebas pre experimentales se procesarán con la finalidad de analizar y contrastar los resultados con la hipótesis planteada (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población de la investigación.

El relave depositado en la relavera Acchila de las operaciones almacenado de la minera Julcani es la población en estudio, estos relaves fueron almacenado y siguen almacenándose de las operaciones del concentrado de minerales polimetálicos, estos relaves contienen minerales de Ag-Pb-Bi-Cu-WO₃, Au-Bi-WO₃, Ag-Pb y cuarzo, pirita y otros sulfuros.

3.2.2. Muestra de la investigación.

Para el estudio a realizar se extraerán las muestras de la relavera, aleatorio simple en promedio de 40 kg para llevar al laboratorio y realizar un cuarteo sistemático para sacar muestras de 1 kilogramos en promedio para realizar las pruebas experimentales exploratorias (Alfaro, 2002).

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Técnicas a emplear en la recolección de datos.

La técnica en la recolección de datos se emplearán la observación, ya que la recolección de datos de obtendrán de las pruebas experimentales donde se obtendrán datos de las variables independientes antes de ingresen a las pruebas experimentales y los resultados de las pruebas experimentales y estos enviados al laboratorio químico para obtener los resultados de los elementos de las variables dependientes (Palella & Martins, 2012).

3.3.2. Descripción de los instrumentos en la recolección de datos.

Los instrumentos a emplear en el estudio para la recopilación de los datos se emplearán lista de cotejo y ficha de observación en ellos se registrará la información durante las observaciones de las pruebas experimentales para luego procesar los recopilados (Silvestre & Huamán, 2019).

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información obtenido se emplean la estadística descriptiva con la finalidad de obtener tablas de análisis de varianza, promedio, límites de distribución, promedio,

varianza, rango etc., mediante un paquete estadístico como el minitab de acceso libre, Microsoft Excel de acceso libre. Esta información obtenida para la digitalización de la información se emplean un procesador de dato de acceso libre, por otra parte, para la publicación y la distribución se emplearán el pdf.

3.5. Matriz de Consistencia.

Tabla 2

Matriz de consistencia.

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
Generales	¿Será posible la flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos?	Evaluar la flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos.	Con un acondicionamiento adecuado de la pulpa del relave para la flotación de minerales sulfurados se obtendrá una concentración óptima de menas de plata y menas auríferos	<u>Independiente</u> • Flotación de menas sulfuradas <u>Dependiente.</u> Concentración de menas auríferos y menas de plata	Factores de flotación Parámetro	<u>Tipo de investigación:</u> Aplicada <u>Nivel de Investigación:</u> relacional causal
	¿Tendrá efecto el tiempo de flotación de minerales sulfurados a partir de los relaves para obtener una recuperación óptimo de plata y oro?	Evaluar el efecto el tiempo de flotación de minerales sulfurados a partir de los relaves en la recuperación óptimo de plata y oro.	Con un empleo del tiempo de acondicionamiento y flotación de minerales sulfurados que se encuentran en los relaves se obtendrá una recuperación óptima de plata y oro.	<u>Independiente</u> - Tiempo <u>Dependiente.</u> - Recuperación	Factores de flotación Parámetro	<u>Diseño de Investigación:</u> preexperimental <u>Enfoque de Investigación:</u> cuantitativo
Específico	¿En qué medida los reactivos empleados en la flotación de minerales sulfurados a partir de relave influirán en la calidad de concentrado de oro y plata?	Evaluar los reactivos empleados en la flotación de minerales sulfurados a partir de relave para verificar la influencia en la calidad de concentrado de oro y plata.	Con una dosificación adecuado de los reactivos que se emplean en de flotación de minerales sulfurados en el relave, se obtendrá una calidad de concentrado de menas que contiene oro y plata.	<u>Independiente</u> - Reactivos <u>Dependiente.</u> - Calidad concentrado	Factores de flotación de Parámetro	<u>Población</u> <u>Relave</u> <u>Muestra:</u> 40 kg <u>Técnica</u> <u>Recolección</u> <u>Datos:</u> observación
	¿Tendrá influencia el tiempo de molienda de los relaves en la concentración y recuperación por flotación de oro y plata?	Evaluar la influencia del tiempo de molienda de los relaves en la concentración y recuperación por flotación de oro y plata.	Con el empleo óptimo del tiempo de molienda a los relaves, permitirá una liberación de las menas y una concentración por flotación y recuperación óptima de oro y plata.	<u>Independiente</u> - Molienda <u>Dependiente.</u> - Liberación de menas	Factores de flotación Parámetro	<u>Técnica</u> <u>Procesamiento</u> <u>Información:</u> Estadístico

Capítulo IV

Resultados

4.1. Análisis de resultados.

4.1.1. Condiciones para las pruebas metalúrgicas.

4.1.3.1 Condiciones para las pruebas de flotación de relave con agua recirculada.

Las leyes de cabeza del relave para las pruebas de flotación se detallan en la tabla 3 para las 6 pruebas.

Tabla 3
leyes de cabeza de relave

Prueba	Cab. oz/t (Ag)	Cab. g/t(Au)
Prueba 1	2,430	0,380
Prueba 2	2,330	0,404
Prueba 3	2,600	0,383
Prueba 4	2,380	0,409
Prueba 5	2,470	0,441
Prueba 6	2,470	0,469

En la tabla 3 se expresa las leyes de cabeza para las 6 pruebas a realizarse para la plata expresado en onza por tonelada métrica y el oro expresado en gramo por tonelada métrica. En la primera prueba se tiene 2.430 onza por tonelada métrica para la plata mientras que para el oro 0.38 gramos por tonelada métrica. En la segunda prueba 2.330 onza por tonelada métrica para la plata mientras que para el oro 0.404 gramos por tonelada métrica. En la tercera prueba 2.60 onza por tonelada métrica para la plata mientras que para el oro 0.383 gramos por tonelada métrica. En la cuarta prueba 2.380 onza por tonelada métrica para la plata mientras que para el oro 0.409 gramos por tonelada métrica. En la quinta prueba 2.470 onza por tonelada métrica para la plata mientras que para el oro 0.441 gramos por tonelada métrica. En la sexta prueba

2.470 onza por tonelada métrica para la plata mientras que para el oro 0.469 gramos por tonelada métrica.

Condiciones para el proceso de flotación de minerales a partir de relaves con agua recirculada de la relavera se llevó acabo a un pH de 7 con una densidad de 1250 g/L a una malla pasante a la malla 200 el 65.58%.

Tabla 4

Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata exploratoria 1 a 6(I)

Prueba	Molienda (min)	MIBC g/kg	A-404 g/kg	A-3418 g/kg	Met Bisul Na g/kg	CaO g/kg
Prueba 1	30	0,242	0,457	0,086	1,550	5,000
Prueba 2	30	0,242	0,457	0,086	1,550	9,000
Prueba 3	30	0,242	0,457	0,086	1,550	9,000
Prueba 4	50	0,242	0,457	0,086	1,550	7,000
Prueba 5	30	0,222	0,000	0,000	1,550	7,000
Prueba 6	50	0,222	0,000	0,000	1,550	7,000

Tabla 5

Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata exploratoria 1 a 6(II)

Prueba	A-4037 g/kg	A-242 g/kg	Aire	pH	Tiempo Flot (min)
Prueba 1	0,000	0,000	15	7	12
Prueba 2	0,000	0,000	15	7	14
Prueba 3	0,000	0,000	15	7	12
Prueba 4	0,000	0,000	15	7	12
Prueba 5	0,203	0,198	15	7	12
Prueba 6	0,203	0,198	15	7	12

En la tabla 4 y 5 se describe el tiempo de molienda, dosificación de MIBC, A-404, A-3418, Metabisulfito de sodio, CaO, A-4037, A-242 en gramo de reactivo por kilo de relave, el flujo de aire, pH y tiempo de flotación.

4.1.3.2 Pruebas de flotación de relave con agua fresca.

Las leyes de cabeza del relave para las pruebas de flotación con agua fresca se detallan en la tabla 6 para las pruebas del 1 a las 21 pruebas.

Tabla 6
leyes de cabeza de relave

Oz Ag/t	g Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb
2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025

En la tabla 6 la ley de cabeza para las pruebas realizados 21 pruebas con replicas se tiene 2 oz/t de para la plata, 0.23 g/t para el oro, 0.19% de plomo, 0.02% de cobre, 0.040% arsénico y 0.025% de antimonio.

Condiciones para el proceso de flotación de minerales que contiene oro y plata a partir de relaves con agua fresca llevo a cabo a un pH de 7 con una densidad de 1250 g/L y mineral alimentado a la molienda tiene una malla pasante a la malla 200 el 65.58%.

Tabla 7

Condiciones de proceso de molienda, flotación y dosificación de reactivo en la concentración oro y plata con agua fresca prueba de 1 a 21(I).

Pruebas	Molienda (min)	Flotación (min)	Z-6 (kg/t)	MIBC (kg/t)	MT-6100 (kg/t)	MT-6200 (kg/t)
Prueba 1	0	17	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 2	0	44	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 3	0	12	0,010	0,040	0,048	0,000
Prueba 4	0	10	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 5	0	9	0,010	0,040	0,000	0,048
Prueba 6	0	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 7	0	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 8	0	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 9	0	11	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 10	0	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 11	0	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 12	0	13	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 13	10	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 14	10	20,5	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 15	10	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 16	10	11	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 17	10	9	0,010	0,040	0,057	0,000
Prueba 18	10	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 19	10	11	0,0100	0,040	0,000	0,000
Prueba 20	10	9	0,010	0,040	0,000	0,000
Prueba 21	10	7	0,00	0,0404	0,000	0,000

En la tabla 7 y 8 se tiene los datos de las 21 pruebas realizados molienda, tiempo de molienda, reactivos de flotación Z-6, MIBC, MT-6100, MT-6200, A-404, MBT, A-3418, MATCOL, NaSH y Z-11 en kg/t o g/kg.

4.1.2. Resultados.

4.1.3.1 Análisis granulométrico.

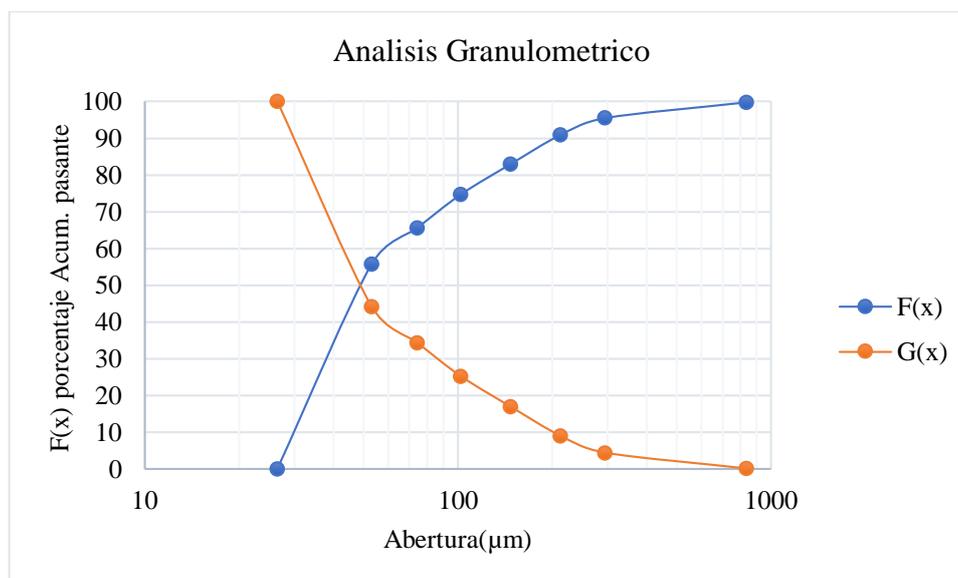
En el análisis de granulométrico se emplearon 300 gramos de muestra de relave y 7 mallas constituido de la malla 20, 50, 100, 140, 200 y 270 lo que se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9
Distribución granulométrico de relave

Malla	Abertura (μ)	Peso (g)	% Pasante f(x)	Ac.	Ac.	P ₈₀
				Retenido G(x)	Pasante F(x)	
20	833	0,45	0,15	0,15	99,85	0,00
50	295	12,89	4,30	4,45	95,55	0,00
70	212	13,90	4,63	9,08	90,92	0,00
100	147	23,80	7,93	17,01	82,99	129
140	102	24,78	8,26	25,27	74,73	0,00
200	74	27,46	9,15	34,42	65,58	0,00
270	53	29,38	9,79	44,22	55,78	0,00
-270		167,34	55,78	100,00	0,00	0,00
TOTAL		300,00	100,00			
		% -200 m	65,58			

En la tabla 9. Se aprecia la distribución granulométrica del relave donde se emplearon 7 mallas con una muestra de 300 gramos de los cuales el 65.58% pasan la malla 200 mientras que el 80 por ciento se encuentra con un tamaño de 129 un ubicado entre la malla 100 y 140. Para la malla 270 el 55.78% pasan mientras que el 44.22% son retenidos.

Figura 1
Curva de distribución granulométrica de muestra de relave



En la figura 1 se muestra la distribución acumulada de pasante y retenido de los que el D50 se encuentra en 40.60 μm el punto de corte.

4.1.3.2 Resultado con agua recirculado 6 pruebas.

Tabla 10

Resultado de las 6 pruebas con agua recirculada

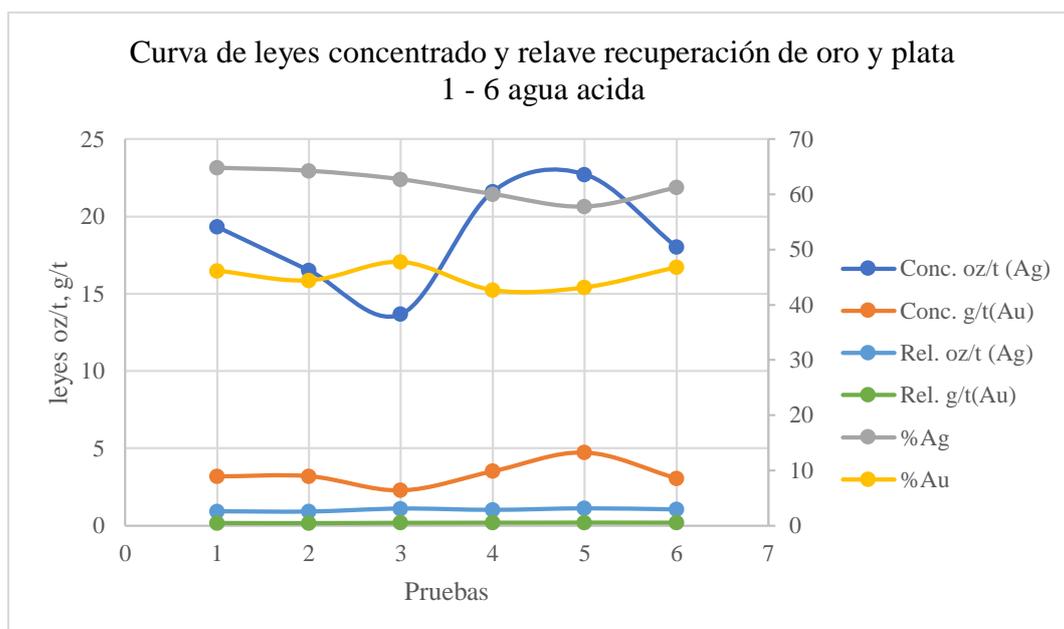
Prueba	Conc. oz/t (Ag)	Conc. g/t(Au)	Recup. Ag	Recup. Au	Rel. oz/t (Ag)	Rel. g/t(Au)
Prueba 1	19,320	3,185	64,85	46,16	0,930	0,171
Prueba 2	16,500	3,200	64,30	44,41	0,915	0,162
Prueba 3	13,680	2,277	62,74	47,74	1,100	0,184
Prueba 4	21,610	3,522	60,06	42,65	1,018	0,194
Prueba 5	22,720	4,740	57,77	43,15	1,113	0,203
Prueba 6	18,010	3,056	61,25	46,82	1,045	0,198

En la tabla 10 los resultados obtenidos de las 6 pruebas realizadas con agua recirculada de las cuales el mejor resultado se tiene de mejor calidad en la prueba 5 con una 22.72 oz/t de plata, 4.74 g/t de plata con una recuperación de 57.77% y 43.15% respectivamente. Mientras que la mejor recuperación para la plata se encuentran en la primera prueba con 64.85% con una calidad

de 19.32 oz/t para la plata y 3.185 g/t para el oro con una recuperación de 46.16%. por otra parte, la mejor recuperación de oro se tiene en la prueba 3 con 47.74% con una ley de 13.68 oz/t plata con una recuperación de 62.74% y 2.277 g/t de oro.

Figura 2

Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata de las 6 pruebas con agua acida



En la figura 2 se muestra la curva de leyes de plata, oro y recuperación en el concentrado y las leyes de plata, oro en los relaves de las 6 pruebas realizadas con aguas acida de proceso. La prueba 5 tiene resalta con mayor calidad oro y plata en el concentrado de acuerdo la curva.

4.1.3.3 Resultado de las 21 pruebas con agua fresca.

Entre los resultados de las pruebas realizados a los relaves que contiene minerales de interés económico se realizan 21 pruebas en 4 bloques los que se describen en las tablas 11, 12, 13, 14 y 15.

El bloque uno consta de 9 pruebas, bloque dos de 8 pruebas, bloque tres de 7 pruebas y bloque cuatro de 4 pruebas.

Tabla 11

Resultado de las pruebas 1, 2(1,2,3,4) al 5 en la flotación de oro y plata

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t (Ag)	g/t(Au)	oz/t (Ag)	g/t(Au)	%Ag	%Au	oz/t (Ag)	g/t(Au)
Prueba 1	2,000	0,230	6,23	1,38	63,52	42,45	1,181	0,172
Prueba 2.1	2,000	0,230	5,69	1,51	35,05	15,36	0,995	0,125
Prueba 2.2	2,000	0,230	5,83	1,41	34,50	15,98	0,995	0,125
Prueba 2.3	2,000	0,230	5,83	1,21	31,55	15,36	0,995	0,125
Prueba 2.4	2,000	0,230	4,04	0,46	38,63	23,84	0,995	0,125
Prueba 3	2,000	0,230	5,53	1,25	64,81	38,61	0,971	0,153
Prueba 4	2,000	0,230	6,29	1,51	48,80	24,91	1,265	0,190
Prueba 5	2,000	0,230	8,03	2,38	42,91	22,67	1,516	0,259

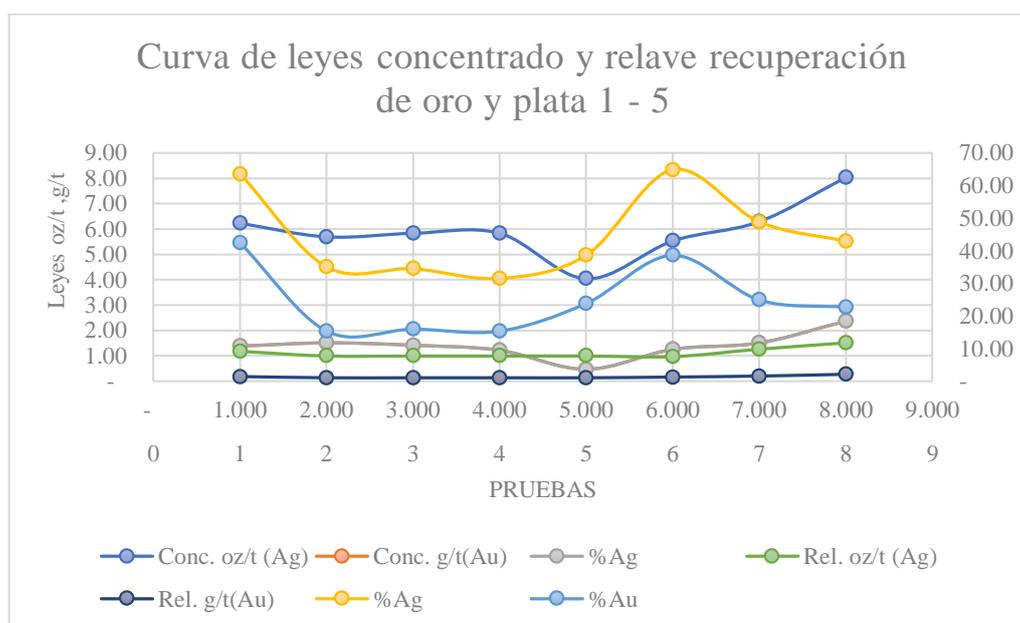
En la tabla 11 se muestran los resultados de las 1, 2(1,2,3,4) al 5 y con cuatro pruebas de prueba 2 los mejores resultados se tienen en la prueba 5 donde la calidad del concentrado es de 8.03 oz/t de plata, 2.38 g/t de oro con una recuperación del orden de 42.91% y 22.67% respectivamente, en segundo lugar, se tiene la prueba 4 con 6.29 oz/t de plata, 1.51 g/t de oro con una recuperación de 48.80% de plata y 24.91% de oro.

Tabla 12
Resultado de las pruebas 1, al 5 en la flotación de oro y plata

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t (Ag)	g/t(Au)	oz/t (Ag)	g/t(Au)	%Ag	%Au	oz/t (Ag)	g/t(Au)
Prueba 1	2,000	0,230	6,225	1,378	63,52	42,45	1,181	0,172
Prueba 2	2,000	0,230	5,348	1,147	34,93	17,64	0,995	0,125
Prueba 3	2,000	0,230	5,530	1,250	64,81	38,61	0,971	0,153
Prueba 4	2,000	0,230	6,290	1,505	48,80	24,91	1,265	0,190
Prueba 5	2,000	0,230	8,030	2,375	42,91	22,67	1,516	0,259

En la tabla 12 se muestran los resultados de las 1 al 5 los mejores resultados se tienen en la prueba 5 donde la calidad del concentrado es de 8.03 oz/t de plata, 2.38 g/t de oro con una recuperación del orden de 42.91% y 22.67% respectivamente, en segundo lugar, se tiene la prueba 4 con 6.29 oz/t de plata, 1.51 g/t de oro con una recuperación de 48.80% de plata y 24.91% de oro.

Figura 3
Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 1 al 5



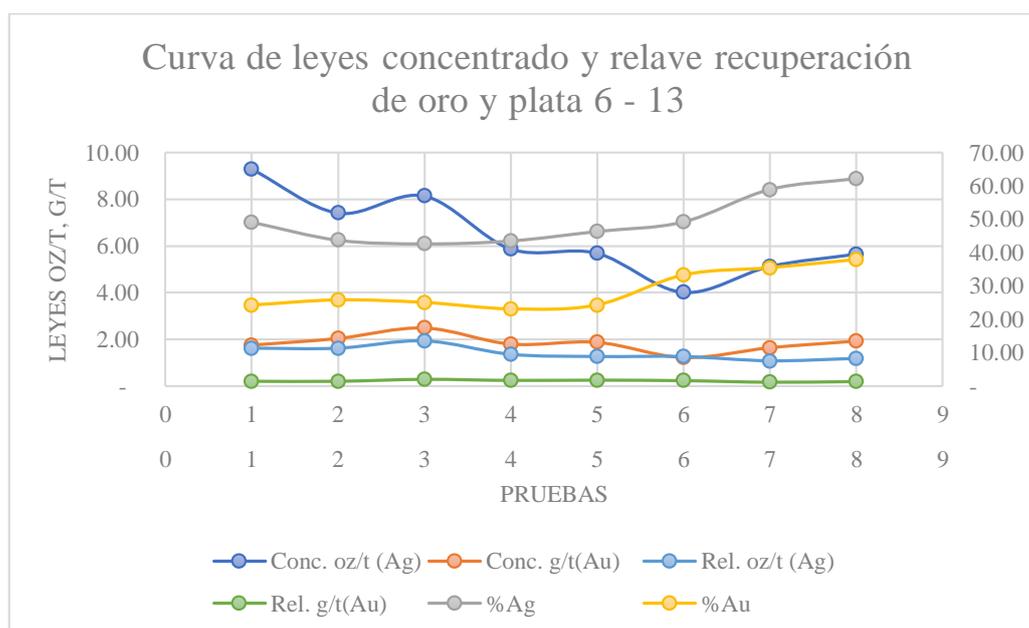
En la figura 3 se tiene las curvas de leyes de concentrado, relave y la recuperación oro y plata.

Tabla 13
Resultado de las pruebas 6 al 13 en la flotación de oro y plata

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t(Ag)	g/t(Au)	oz/t(Ag)	g/t(Au)	%Ag	%Au	oz/t(Ag)	g/t(Au)
Prueba 6	2,000	0,230	9,31	1,76	49,15	24,21	1,620	0,205
Prueba 7	2,000	0,230	7,42	2,04	43,78	25,77	1,620	0,205
Prueba 8	2,000	0,230	8,15	2,49	42,68	25,02	1,939	0,283
Prueba 9	2,000	0,230	5,88	1,80	43,56	23,07	1,355	0,240
Prueba 10	2,000	0,230	5,70	1,88	46,38	24,26	1,260	0,250
Prueba 11	2,000	0,230	4,02	1,22	49,24	33,28	1,258	0,230
Prueba 12	2,000	0,230	5,13	1,64	58,91	35,47	1,073	0,167
Prueba 13	2,000	0,230	5,66	1,93	62,16	37,94	1,175	0,194

En la tabla 13 los resultados de las pruebas del 6 al 13 donde la prueba 8 tiene una calidad de concentrado de 8.15 oz/t de plata, 2.49 g/t de oro con una recuperación de 42.68% y 25.02%, mientras que la prueba 7 tiene una calidad de concentrado de 7.42 oz/t de plata, 2.04 g/t de oro con una recuperación del orden de 43.78% y 25.77% respectivamente.

Figura 4
Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 6 al 13



En la figura 4 se muestra la curva de leyes de plata, oro y recuperación en el concentrado y las leyes de plata, oro en los relaves de las pruebas del 6 al 13.

Tabla 14

Resultado de las pruebas 14(1,2,3,4) al 17 en la flotación de oro y plata

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t(Ag)	g/t (Au)	oz/t(Ag)	g/t(Au)	% Ag	% Au	oz/t(Ag)	g/t(Au)
Prueba 14.1	2,000	0,230	8,43	2,55	60,79	24,07	0,820	0,146
Prueba 14.2	2,000	0,230	6,92	1,87	50,94	20,54	0,820	0,146
Prueba 14.3	2,000	0,230	4,29	0,95	48,30	24,64	0,820	0,146
Prueba 14.4	2,000	0,230	2,83	0,51	35,96	20,24	0,820	0,146
Prueba 15	2,000	0,230	6,52	2,15	66,70	38,30	1,010	0,175
Prueba 16	2,000	0,230	8,73	3,33	56,53	30,61	1,353	0,199
Prueba 17	2,000	0,230	6,37	1,62	68,35	48,47	1,110	0,162

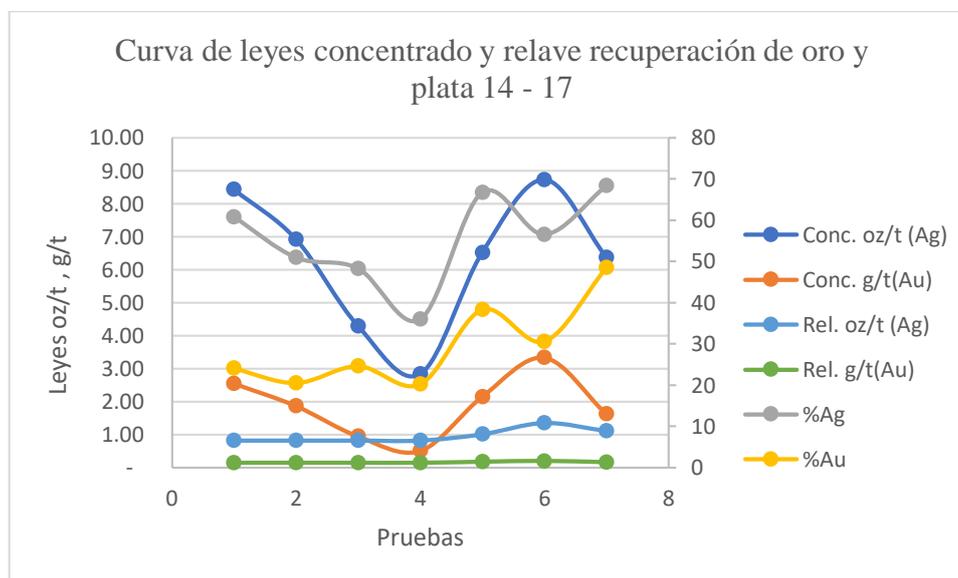
En la tabla 14 se encuentra los datos de las leyes de cabeza, concentrado, relave y la recuperación del oro y plata de las pruebas del 14 al 17 con 4 repeticiones de la prueba 14 de las cuales la prueba 16 tiene la mejor condición con una calidad de concentrado de 8.73 oz/t plata, 3.33 g/t de oro con una recuperación del orden de 56.53% de plata, 30.61% de oro y en la prueba 14.1 con calidad de concentrado de 8.43 oz/t, 2.55 g/t de oro con una recuperación de 60.79% de plata y 24.07% de oro.

Tabla 15
Resultado de las pruebas 14 al 17 en la flotación de oro y plata

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t(Ag)	g/t (Au)	oz/t(Ag)	g/t(Au)	% Ag	% Au	oz/t(Ag)	g/t(Au)
Prueba 14	2,000	0,230	5,618	1,468	49,00	22,37	0,820	0,146
Prueba 15	2,000	0,230	6,520	2,150	66,70	38,30	1,010	0,175
Prueba 16	2,000	0,230	8,730	3,330	56,53	30,61	1,353	0,199
Prueba 17	2,000	0,230	6,370	1,620	68,35	48,47	1,110	0,162

En la tabla 15 se tiene las pruebas realizadas del 14 al 17 de las cuales la prueba 16 tiene un concentrado con 8.73 oz/t de plata, 3.33 g/t de oro con una recuperación de 56.53%, 30.61% respectivamente y la prueba 15 con leyes de 6.52 oz/t plata, 2.15 g/t de oro con una recuperación del orden de 66.70% y 38.30% respectivamente.

Figura 5
Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 14 al 17



En la figura 5 se muestra la curva de leyes de plata, oro y recuperación en el concentrado y las leyes de plata, oro en los relaves de las pruebas del 14 al 17.

Tabla 16

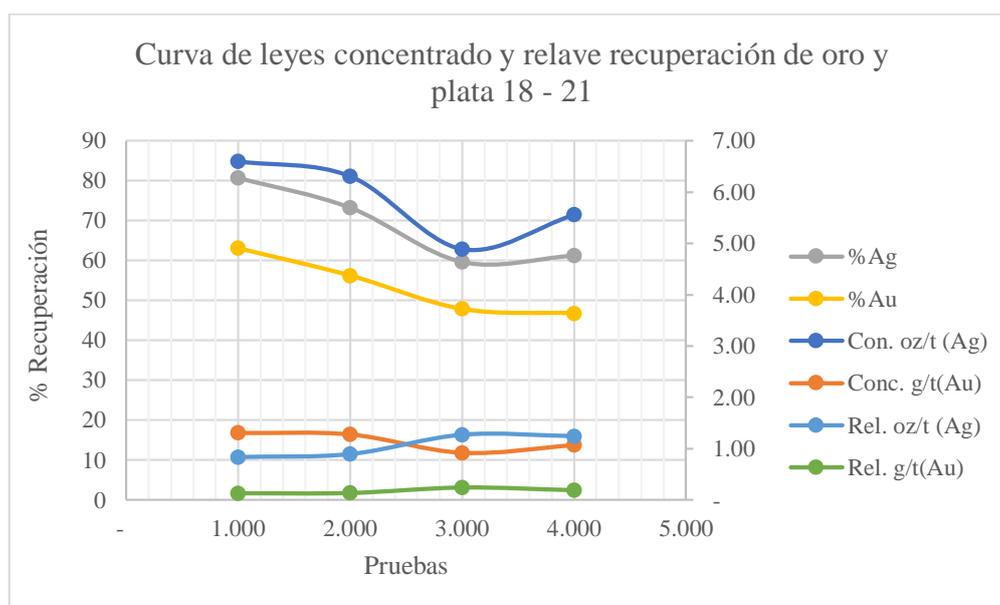
Resultado de las pruebas 18 al 21 en la flotación de oro y plata

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t (Ag)	g/t(Au)	oz/t(Ag)	g/t(Au)	%Ag	%Au	oz/t (Ag)	g/t(Au)
Prueba 18	2,000	0,230	6,60	1,31	80,74	63,07	0,835	0,131
Prueba 19	2,000	0,230	6,31	1,28	73,24	56,22	0,893	0,136
Prueba 20	2,000	0,230	4,89	0,92	59,59	47,84	1,268	0,240
Prueba 21	2,000	0,230	5,56	1,07	61,18	46,77	1,240	0,189

En la tabla 16 se tiene los resultados de las pruebas del 18 al 21 de las cuales la prueba 18 se tiene una calidad de concentrado de 6.6 oz/t de plata, 1.31 g/t de oro con una recuperación del orden de 80.74% y 63.07% respectivamente y en segundo lugar la prueba 19 con una calidad de concentrado de 6.31 oz/t plata, 1.28 g/t de oro con una recuperación de 73.24% y 56.22% respectivamente.

Figura 6

Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata del 18 al 21



En la figura 6 se muestran las curvas de las leyes de concentrado, relave y las recuperaciones de oro y plata en las pruebas de 18 al 21.

Tabla 17

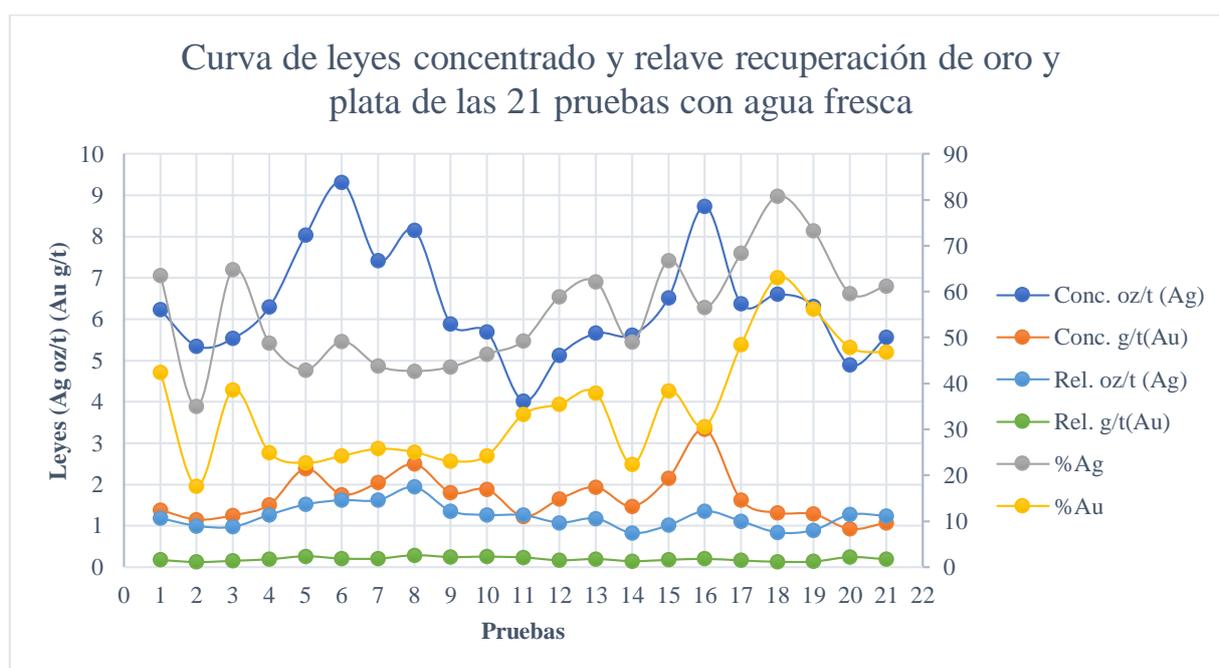
Resultado de las 21 pruebas en la flotación de oro y plata con agua fresca.

	Cabeza		Concentrado		Recuperación		Relave	
	oz/t (Ag)	g/t(Au)	oz/t (Ag)	g/t(Au)	%Ag	%Au	oz/t (Ag)	g/t(Au)
Prueba 1	2,000	0,230	6,225	1,378	63,52	42,45	1,181	0,172
Prueba2	2,000	0,230	5,348	1,147	34,93	17,64	0,995	0,125
Prueba3	2,000	0,230	5,530	1,250	64,81	38,61	0,971	0,153
Prueba4	2,000	0,230	6,290	1,505	48,80	24,91	1,265	0,190
Prueba5	2,000	0,230	8,030	2,375	42,91	22,67	1,516	0,259
Prueba 6	2,000	0,230	9,310	1,756	49,15	24,21	1,620	0,205
Prueba 7	2,000	0,230	7,420	2,042	43,78	25,77	1,620	0,205
Prueba 8	2,000	0,230	8,150	2,493	42,68	25,02	1,939	0,283
Prueba 9	2,000	0,230	5,880	1,801	43,56	23,07	1,355	0,240
Prueba 10	2,000	0,230	5,695	1,877	46,38	24,26	1,260	0,250
Prueba 11	2,000	0,230	4,020	1,223	49,24	33,28	1,258	0,230
Prueba 12	2,000	0,230	5,130	1,644	58,91	35,47	1,073	0,167
Prueba 13	2,000	0,230	5,660	1,932	62,16	37,94	1,175	0,194
Prueba 14	2,000	0,230	5,618	1,468	49,00	22,37	0,820	0,146
Prueba 15	2,000	0,230	6,520	2,150	66,70	38,30	1,010	0,175
Prueba 16	2,000	0,230	8,730	3,330	56,53	30,61	1,353	0,199
Prueba 17	2,000	0,230	6,370	1,620	68,35	48,47	1,110	0,162
Prueba 18	2,000	0,230	6,600	1,310	80,74	63,07	0,835	0,131
Prueba 19	2,000	0,230	6,310	1,280	73,24	56,22	0,893	0,136
Prueba 20	2,000	0,230	4,890	0,919	59,59	47,84	1,268	0,240
Prueba 21	2,000	0,230	5,560	1,070	61,18	46,77	1,240	0,189

En la tabla 17 se muestran los resultados de las 21 pruebas realizadas con aguas fresca de las cuales lo que tiene una mejor calidad de los concentrados se encuentran en la prueba 16 con una ley de 8.73 oz/t de plata, 3.33 g/t de oro con una recuperación de 56.53% de plata, 30.61% de oro, seguido de la prueba 8 con leyes de 8.15 oz/t de plata, 2.493 g/t de oro con una recuperación de 42.68% para la plata y 25.02% para en oro. Seguido de la prueba 5 con leyes en el concentrado de 8.03 oz/t plata, 2.375 g/t de oro con una recuperación del orden de 42.91% para la plata y de 22.67% para el oro.

Figura 7

Curva de leyes concentrado relave y recuperación de oro y plata de las 21 pruebas con agua fresca.



En la figura 7 la curva de las leyes de concentrado, relave y la recuperación de plata y oro de las 21 pruebas realizadas con agua fresca de las cuales en el concentrado tiene una ley de oro mas resaltante en la prueba 18 seguido de la prueba 8 y prueba 5. Mientras que para la plata se tiene en la prueba 6 seguido de la prueba 16 y prueba 8.

4.2. Contrastación de hipótesis.

4.2.1. Contrastación de hipótesis general.

Ha: Con un acondicionamiento adecuado de la pulpa del relave para la flotación de minerales sulfurados se obtendrá una concentración óptima de menas de plata y menas auríferos.

Ho: Con un acondicionamiento adecuado de la pulpa del relave para la flotación de minerales sulfurados **no** se obtendrá una concentración óptima de menas de plata y menas auríferos.

Tabla 18

Prueba Omnibus ANOVA calidad de la plata en el concentrado en función a las condiciones de acondicionamiento

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
MT-6100(kg/t)	0.3498	1	0.3498	0.2407	0.639
A-404(kg/t)	33.259	1	33.259	22.887	0.174
A-3418(kg/t)	1.72e-4	1	1.72e-4	1.19e-4	0.992
MBT kg/t	49.562	1	49.562	34.105	0.107
NaSH kg/t	17.429	1	17.429	11.993	0.310
MT-6200(kg/t)	23.402	1	23.402	16.104	0.245
MATCOL 640 kg/t	38.169	1	38.169	26.265	0.149
MBT 50%(kg/t)	0.1808	1	0.1808	0.1244	0.735
MT-6100 kg/t	0.6642	1	0.6642	0.4570	0.521
Z-11 kg/t	0.0641	1	0.0641	0.0441	0.840
Molienda(min)	15.836	1	15.836	10.897	0.331
Flotación (min)	0.5290	1	0.5290	0.3641	0.565
Z-6(kg/t)	0.0678	1	0.0678	0.0467	0.835
Residuos	101.724	7	14.532		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 19
Medida de ajuste del modelo calidad de la plata en el concentrado en función a las condiciones de acondicionamiento

R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0.841	0.707	0.164	0.696	1.30	0.377

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 18 y 19 las condiciones de acondicionamiento empleado no tienen efecto estadísticamente en la calidad de la plata en el concentrado ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05. con un coeficiente de correlacional de 0.841.

Tabla 20
Prueba Omnibus ANOVA calidad del oro en el concentrado en función a las condiciones de acondicionamiento.

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
MT-6100(kg/t)	0.07197	1	0.07197	10.164	0.347
A-404(kg/t)	0.27766	1	0.27766	39.211	0.088
A-3418(kg/t)	0.11819	1	0.11819	16.691	0.237
MBT kg/t	0.80699	1	0.80699	113.961	0.012
NaSH kg/t	0.03435	1	0.03435	0.4851	0.509
MT-6200(kg/t)	0.46200	1	0.46200	65.242	0.038
MATCOL 640 kg/t	0.10306	1	0.10306	14.554	0.267
MBT 50%(kg/t)	0.03819	1	0.03819	0.5393	0.487
MT-6100 kg/t	0.00233	1	0.00233	0.0329	0.861
Z-11 kg/t	0.30554	1	0.30554	43.147	0.076
Molienda(min)	0.01498	1	0.01498	0.2116	0.659
Flotación (min)	0.16164	1	0.16164	22.826	0.175
Z-6(kg/t)	0.28854	1	0.28854	40.747	0.083
Residuos	0.49569	7	0.07081		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 21

Medida de ajuste del modelo para la calidad del oro en función de los reactivos empleados

R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0.961	0.923	0.780	0.154	6.45	0.010

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 20 y 21 las condiciones de acondicionamiento empleado tienen efecto estadísticamente en la calidad del oro en el concentrado los reactivos MBT y MT-6200 ya que el valor de p calculado es 0.012, 0.038 respectivamente menor a 0.05; mientras que los otros no tienen efecto estadísticamente en la calidad del oro en el concentrado ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05 con un coeficiente de correlacional de 0.961.

En la contratación de la hipótesis predetermina la hipótesis alternativa en los casos de los reactivos MBT y MT-6200 para la calidad del oro en el concentrado, mientras en las otras condiciones de los reactivos empleados, molienda y tiempo de acondicionamiento y flotación predetermina la hipótesis nula para el caso de la calidad de plata y oro en el concentrado.

4.2.2. Contrastación de hipótesis específicos.

Ha: Con el empleo del tiempo de acondicionamiento y flotación de minerales sulfurados que se encuentran en los relaves se obtendrá una recuperación óptima de plata y oro.

Ho: Con el empleo del tiempo de acondicionamiento y flotación de minerales sulfurados que se encuentran en los relaves **no** se obtendrá una recuperación óptima de plata y oro.

Tabla 22

Medida de ajuste del modelo para la recuperación del oro en función de tiempo de flotación y acondicionamiento

DE	R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0,0341	0.348	0.121	0.0745	11.4	2.61	0.123

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 23

Prueba Omnibus ANOVA recuperación de oro en función de tiempo de flotación y acondicionamiento

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Flotación (min)	375	1	375	2.61	0.123
Residuos	2730	19	144		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 22 y 23 el tiempo de acondicionamiento y flotación no tiene efecto estadísticamente en la recuperación del oro en el concentrado ya que el valor de p calculado es 0.123 mayor a 0.05. con una desviación estándar de 0.0341 y un coeficiente de correlacional de 0.348.

Tabla 24

Medida de ajuste del modelo para la recuperación de la plata en función de tiempo de flotación y acondicionamiento

DE	R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0,305	0.373	0.139	0.0938	10.7	3.07	0.096

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 25

Prueba Omnibus ANOVA recuperación de plata en función de tiempo de flotación y acondicionamiento

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Flotación (min)	386	1	386	3.07	0.096
Residuos	2389	19	126		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 24 y 25 el tiempo de acondicionamiento y flotación no tiene efecto estadísticamente en la recuperación del oro en el concentrado ya que el valor de p calculado es 0.096 mayor a 0.05. con una desviación estándar de 0.305 y un coeficiente de correlacional de 0.373.

En la contratación de la hipótesis para el caso del tiempo de acondicionamiento y flotación en la recuperación de oro y plata predetermina la hipótesis nula ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05.

Ha: Con una dosificación adecuado de los reactivos que se emplean en la flotación de minerales sulfurados en el relave, se obtendrá una calidad de concentrado de menas que contiene oro y plata.

Ho: Con una dosificación adecuado de los reactivos que se emplean en la flotación de minerales sulfurados en el relave, **no** se obtendrá una calidad de concentrado de menas que contiene oro y plata.

Tabla 26
Medida de ajuste del modelo para la ley del oro en el concentrado

DE	R	R ²	R ² Ajustada	F	p
	0.918	0.842	0.714	6.54	0.003

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 27
Prueba Omnibus ANOVA para la calidad del concentrado ley de oro en relación de los reactivos.

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
MT-6100(kg/t)	0.0160	1	0.0160	0.173	0.685
A-404(kg/t)	0.9529	1	0.9529	10.341	0.008
A-3418(kg/t)	0.1181	1	0.1181	1.282	0.282
MBT kg/t	14.555	1	14.555	15.795	0.002
NaSH kg/t	0.0115	1	0.0115	0.125	0.731
MT-6200(kg/t)	0.8756	1	0.8756	9.503	0.010
MATCOL 640 kg/t	0.0231	1	0.0231	0.250	0.627
MBT 50%(kg/t)	0.1876	1	0.1876	2.036	0.181
MT-6100 kg/t	0.0497	1	0.0497	0.539	0.478
Residuos	10.136	11	0.0921		

Nota: Procesado con Jamovi para la calidad de concentrado respecto al oro (Fox & Weisberg, 2020)

En la tabla 26 y 27 la calidad del concentrado respecto a la ley de oro estadísticamente tiene efecto A-404 (kg/t), MBT8kg/t), MT-6200(kg/t) ya que los valores de p calculado son 0.008, 0.002, 0.010 respectivamente mayor al valor de 0.05.

Tabla 28
Medida de ajuste del modelo para la ley de la plata en el concentrado

R	R ²	R ² Ajustada	F	p
0.801	0.641	0.348	2.19	0.111

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 29
Prueba Omnibus ANOVA para la ley calidad del concentrado con la ley de plata.

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
MT-6100(kg/t)	0.0165	1	0.0165	0.0145	0.906
A-404(kg/t)	62.172	1	62.172	54.859	0.039
A-3418(kg/t)	0.0673	1	0.0673	0.0594	0.812
MBT kg/t	43.263	1	43.263	38.175	0.077
NaSH kg/t	10.424	1	10.424	0.9198	0.358
MT-6200(kg/t)	49.813	1	49.813	43.954	0.060
MATCOL 640 kg/t	24.150	1	24.150	21.309	0.172
MBT 50%(kg/t)	0.9474	1	0.9474	0.8359	0.380
MT-6100 kg/t	0.4418	1	0.4418	0.3898	0.545
Residuos	124.663	11	11.333		

Nota: Procesado con Jamovi para la calidad de la plata en el concentrado (Fox & Weisberg, 2020)

En la tabla 28 y 29 el colector A-404 estadísticamente tienen efecto en la calidad del concentrado referente a la ley de la plata ya que el p calculado es 0.039 menor a 0.05, mientras que los otros reactivos empleados estadísticamente no tienen efecto ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05.

En la contratación de la hipótesis el empleo de los reactivos en la calidad de plata y oro en el concentrado predetermina la hipótesis alternativa para los reactivos A-404, MTB, MT-6200 para el oro y A-404 para la plata ya que el valor p calculado es menor a 0.05 y los otros reactivos empleados tanto para la plata y oro predetermina la hipótesis nula.

Ha: Con el empleo optimo del tiempo de molienda a los relaves, permitirá una liberación de las menas y una concentración por flotación y recuperación optima de oro y plata.

Ho: Con el empleo optimo del tiempo de molienda a los relaves, **no** permitirá una liberación de las menas y una concentración por flotación y recuperación optima de oro y plata.

Tabla 30

Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la ley de la plata.

DE	R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0,0715	0.0647	0.00418	-0.0482	1.28	0.0798	0.781

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 31

Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la ley de la plata

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Molienda(min)	0.145	1	0.145	0.0798	0.781
Residuos	34.613	19	1.822		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 30 y 31 la molienda no tiene efecto estadísticamente en la ley del oro en el concentrado ya que el valor de p calculado es 0.781 mayor a 0.05. con una desviación estándar de 0.0715 y un coeficiente de correlacional de 0.0647.

Tabla 32

Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la ley del oro.

DE	R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0,122	0.0288	8.27e-4	-0.0518	0.553	0.0157	0.902

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 33

Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la ley del oro

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Molienda(min)	0.00532	1	0.00532	0.0157	0.902
Residuos	642.920	19	0.33838		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 32 y 33 la molienda no tiene efecto estadísticamente en la ley de la plata en el concentrado ya que el valor de p calculado es 0.902 mayor a 0.05. con una desviación estándar de 0.122 y un coeficiente de correlacional de 0.0288.

Tabla 34

Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la recuperación de la plata.

DE	R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0,0682	0.650	0.423	0.393	8.73	13.9	0.001

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 35

Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la recuperación de la plata

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Molienda(min)	1174	1	1173.9	13.9	0.001
Residuos	1601	19	84.3		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 34 y 35 la molienda estadísticamente tiene efecto en la recuperación de la plata ya que el valor de p calculado es 0.001 menor a 0.05. con una desviación estándar de 0.0682 y un coeficiente de correlacional de 0.650.

Tabla 36
Medida de ajuste del modelo tiempo de molienda en la recuperación del oro.

DE	R	R ²	R ² Ajustada	RMSE	F	p
0,0868	0.627	0.393	0.361	9.48	12.3	0.002

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

Tabla 37
Prueba Omnibus ANOVA tiempo de molienda en la recuperación del oro

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Molienda(min)	1219	1	1218.9	12.3	0.002
Residuos	1886	19	99.3		

Nota: Procesado los datos con Jamovi (Fox & Weisberg, 2020)

De la tabla 36 y 37 la molienda estadísticamente tiene efecto en la recuperación del oro ya que el valor de p calculado es 0.002 menor a 0.05. con una desviación estándar de 0.0868 y un coeficiente de correlacional de 0.627.

En la contratación de la hipótesis para la molienda en la calidad concentrado y recuperación de plata y oro predetermina la hipótesis nula para el caso de la calidad de oro y plata en el concentrado ya que el valor de p calculado es mayor a 0.05 y la hipótesis alternativa predetermina para el caso de la recuperación de oro y plata ya que el valor de p calculado es menor a 0.05.

Capítulo V

Discusión

5.1. Discusión de resultados.

En el estudio realizado sobre “Flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos” se realizaron corridas en con agua de proceso y agua fresca a un pH de 7, densidad de pulpa 1250 g/L, a 65.58% pasante a la malla 200 del relave.

Obteniendo los mejores resultados en las pruebas con agua de proceso en la prueba 5 con una ley de cabeza de 2.47 oz/t de plata, 0.441 g/t oro obteniendo un concentrado con una calidad de 22.72 oz/t de plata, 4.74 g/t oro con una recuperación de 57.77%, 43.15% respectivamente con una molienda de 30 minutos, MIBC 0.22g/kg, metabisulfito de sodio 1.55 g/kg, CaO 7 g/kg, A-403 0.203 g/kg, A-242 0.198 g/kg con un tiempo de flotación de 12 minutos y en la prueba 4 con ley de cabeza 2.38 oz/t de plata, 0.409 g/t de oro se obtuvo un concentrado con una calidad de 21.61 oz/t plata y 3.522 g/t de oro con una recuperación del orden de 60.06%, 42.65% con una molienda de 50 minutos, MIBC 0.242 g/kg, A-404 0.457 g/kg, A-3418 0.086 g/kg, metabisulfito de sodio 1.55 g/kg, CaO 7 g/kg en 12 minutos de flotación.

En la pruebas con agua fresca se tiene los mejores resultados en la prueba 16 y 8 por que en la prueba 16 se tiene un concentrado con una calidad de 8.73 oz/t de plata, 3.33 g/t de oro con una recuperación de 56.53% y 30.61% respectivamente con una molienda de 10 minutos, tiempo de flotación de 11 minutos, Z-6 0.010 kg/t, MIBC 0.040 kg/t, A-3418 0.057 kg/t, MBT 0.5918 kg/t y en la prueba 8 se tiene un concentrado con calidad de 8.15 oz/t de plata y 2.493 g/t de oro con una recuperación del orden 42.68% y 25.02% respectivamente con una las condiciones sin moler, tiempo de flotación 9 minutos, con la adición de Z-6 0.010 kg/t, MIBC 0.040 kg/t, A-404 0.058 kg/t, A-3418 0.057 kg/t. En la calidad de la plata estadísticamente no tiene efecto las condiciones empleadas en el proceso de flotación ya que el valor calculado de p es mayor a

0.05 con un coeficiente de correlación de 0.841, mientras que en la calidad del oro tiene efecto estadísticamente MBT y MT-6200 ya que el valor de p calculado tiene valor de 0.012 y 0.038 respectivamente mayor a 0.05 con un coeficiente de correlación de 0.961.

Por otra parte en los trabajos realizados por Bragin, Burdakova, Kondrat'eva, Plotnikova, & Baksheeva (2018) flotación de oro a partir de relaves antiguos con una condición de tamaño de mineral del 55% de 44 micras con ley de cabeza de 0.57 g/t a 0.61 g/t de oro se obtuvo una recuperación de 30% a 45.6% con las condiciones de 31 minutos de acondicionamiento, 16 minutos de flotación con 500 g/t SHIPM, 60 g/t sulfato de cobre, 100 g/t kerosene, 608 g/t xantato y 40.8 g/t flotant. Concluyendo que el 50% de oro se recupera sin usar ninguna tecnología.

Mientras que Valencia (2018) en trabajo sobre flotación de minerales auríferos complejos asociado a polimetálicos. Concluye que el colector y espumante influyen positivamente en la calidad y recuperación del oro, mientras que el depresor actúa negativamente en la recuperación. Para Feria (2021) en su trabajo sobre recuperación de oro y plata a partir de relaves de flotación de polimetálicos. Concluye que con una molienda pasante a la malla 400 el 80% y con la adición de Z-6, DF-250 y CMC se obtiene una recuperación de 72.8% de oro y 64% de plata.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones.

En el trabajo realizado sobre “Flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos” se llegaron a las siguientes conclusiones:

En el proceso de acondicionamiento adecuado de la pulpa del relave para la flotación para obtener un concentrado de menas plata y oro los reactivos, el tiempo de molienda y flotación en la calidad de concentrado de playa estadísticamente no tiene efecto ya que el valor de p calculado es superior a 0.05 con un coeficiente de correlación de 0.841, mientras que el MBT y el MT-6200 tiene efecto estadísticamente en la calidad de oro en el concentrado ya que el valor de p calculado tiene 0.012 y 0.038 respectivamente con un coeficiente de correlación de 0.961. El tiempo de acondicionamiento y flotación en la recuperación de oro y plata no tiene efecto estadísticamente ya que el valor calculado de p para la recuperación de oro tiene un valor de 0.096 y para el oro tiene 0.123 superior a 0.05 con un coeficiente de correlación de 0.305 y 0.0341 respectivamente.

Los reactivos empleados en la flotación para obtener una calidad de oro y plata en el concentrado tienen efecto estadísticamente el colector A-404, MBT y MT-6200 en la calidad de oro en el concentrado con un valor de p calculado de 0.008, 0.002, 0.010 respectivamente con un coeficiente de correlación de 0.918, mientras que el A-404 tiene efecto estadísticamente en la calidad de plata en el concentrado con un valor de p calculado de 0.038 superior de 0.05 con un coeficiente de correlación de 0.801.

El tiempo empleado en la molienda para una calidad de concentrado y recuperación de oro y plata, el tiempo en empleado en la molienda no tiene efecto estadísticamente en la calidad de oro y plata en el concentrado ya que el valor de p calculado son 0.781 y 0.902 mayor a 0.05 con una desviación estándar de 0.0715 y 0.122 respectivamente. Mientras que el tiempo empleado

en la molienda si tiene estadísticamente efecto en la recuperación de plata y oro ya que el valor de p calculado son 0.001 y 0.002 mayor a 0.05 con una desviación estándar de 0.0682 y 0.0868 respectivamente.

6.2. Recomendaciones.

En el proceso de flotación de oro y plata en el Estudio “Flotación de minerales sulfurados a partir de relaves para la concentración de menas de plata y auríferos” en virtud al trabajo realizado se tiene las siguientes recomendaciones:

Realizar una molienda y análisis de malla valorada para ver en que malla se encuentran los valores deseada.

Realizar un estudio geo metalúrgico para ver si el oro y plata se encuentran libre o con otros minerales con ello tomar la decisión de la liberación adecuada.

Realizar una prueba de diseño factorial en base a los resultados obtenido de las pruebas para mejorar la calidad y recuperación de oro y plata.

Capítulo VII

Fuentes bibliográficas

7.1. Fuentes bibliográficas.

Alfaro, M. (2002). *Introducción al muestreo de minerales*. Santiago: Instituto de ingenieros de minas de Chile.

Arrau, J. (2006). *Manuel general de minería y metalurgia*. Santiago: Servicio de impresiones Laser S.A.

Azañero, A. (2015). *Flotación y Concentración de Minerales*. Lima: San Marcos.

Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación para administración y economía, humanidades y ciencias sociales*. DC Mexico: Pearson educación.

Bragin, V., Burdakova, E., Kondrat'eva, A., Plotnikova, A., & Baksheeva, I. (2018). Dressability of Old Gold Bearing Tailings by Flotation. *Springer*, 668-669. doi:<https://link.springer.com/article/10.1134/S106273911804447#:~:text=It%20is%20found%20that%20short,0.2%E2%80%930.3%20g%2Ft>.

Carrasco, S. (2019). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

Castro, A. (1998). Recuperación de metales preciosos, oro y plata, de los relaves de flotación por el método de segregación. *Ingeniero Químico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7858>

Chia, J., & Currie, J. (1984). *Operaciones Unitarias en procesamiento de minerales*.

Crozier, D. (1992). *Flotation Theory Reagents and Ore Testing*. Santiago: Pergamon Press.

Cytec. (2002). *Manual de Productos Químicos para Minería*. Cytec Industries Inc.

Day, R. (2002). *Manual de Productos Químicos para Minería*. Cytec.

Feria, R. (2021). Estudio de investigación para recuperar oro y plata de los relaves de la flotación polimetálica. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13024>

- Fox, J., & Weisberg, S. (2020). Companion to Applied Regression. Obtenido de <https://cran.r-project.org/package=car>.
- Fuerstenau, M., & Han, K. (2009). *Principles of Mineral Processing*. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Giorgio, P., & Giulio, D. (2021). The flotation of sphalerite mine tailings as a remediation method. *Elsevier - Minerals Engineering*, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.106862>
- Gutierrez, A., & Sanchez, C. (2020). Re-procesamiento de relaves de la concentración de minerales sulfurados polimetálicos: un abordaje de la economía circular para el manejo de relaves de la industria mineral. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11627>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: McGRAW-HILL.
- Metson. (2004). *Conocimientos Básicos en el Procesamiento de Minerales*. Metson minerals.
- Morales, E. (2016). Extracción de plata y oro del relave sulfurado de la Minera Santa Fe por lixiviación con adición de peróxido de hidrógeno y acetato de plomo. *Ingeniero Metalúrgico*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5518/Morales_le.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Namakforoosh, M. (2005). *Metodologia de la Investigación*. CD Mexico: Limusa.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.
- Porras, D. (1997). *Procesamiento de Minerales*. Cerro de Pasco: UNDAC.
- Romero, H., Romero, D., & Redrovan, F. (2019). Efecto de la variación de los colectores Z6, 404 y 1208 en la flotación a granel de pirita y arsenopirita aurífera. *Revista Bolivariana*

- Química*, 77-81. Obtenido de http://www.bolivianchemistryjournal.org/QUIMICA%202019B%20PDF/2_Pirita_As-Pirita-Romero2019.pdf
- Rubinstein, J. (1997). *Flotación en columna. Procesos, diseños y practicas*. Fueyo editores .
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: Editorial San Marcos.
- Sucapoca, G. (2019). Optimizar la recuperación de oro y plata aplicando los procesos de flotación y cianuración a los relaves provenientes de los tratamientos gravimétricos en la zona de Las Lomas – Piura”. *Ingeniera Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11581>
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción: Instituto de Investigación Tecnológicas.
- Tancayllo, R. (2018). Flotación y cianuración de los relaves de Ticapampa propiedad de la compañía minera Lincuna. *Ingeniero Metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7209/IMtamarn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valderrama, L., Tapia, J., Gómez, O., Santander, & M. (2020). Recuperación de apatita desde relaves en columna de flotación. *Scielo*, 321-328. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000100321>
- Valencia, F. (2018). Flotación raugher de un mineral aurífero complejo asociado a sulfuros polimetálicos. *Ingeniero de minas*. Universidad de Azuay, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7913/1/13653.pdf>
- Wills, B. (1994). *Tecnología de los Procesamiento de los Minerales*. falmouth: Mexico D.F.
- Wills, B., & Finch, J. (2016). *Mineral Processing Technology*. Amsterdam: Elsevier Ltd.

Yanatos, J. (2005). *Flotación de minerales*. Universidad Técnica Federico Santa María :
Valparaíso.

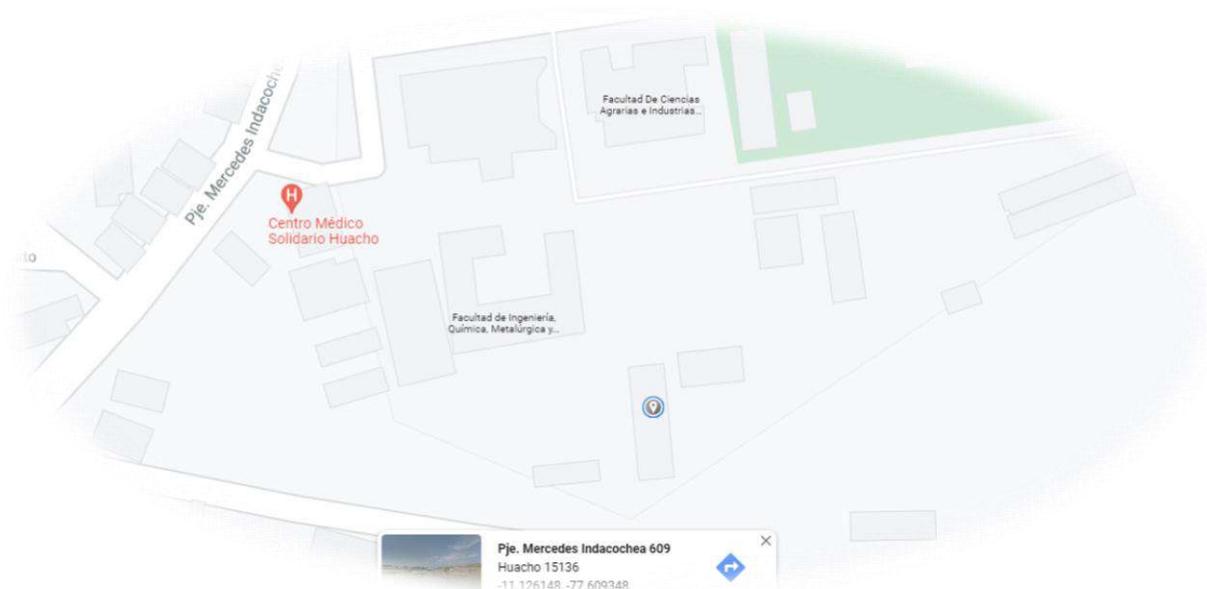
Anexos

Anexo 1 localización

Relave Mina Acchila



Ubicación: <https://www.google.com/maps/place/Unidad+Julcani+-+C%C3%ADa.+de+Minas+Buenaventura+S.A.A./@-12.9409773,-74.8074915,2134m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x910dfa47e73fa9:0x5e4ba5fe899ad5b2!8m2!3d-12.9398442!4d-74.8046796>.



Ubicación: <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Nacional+Jos%C3%A9+Faustino+S%C3%A1nchez+Carri%C3%B3n/@-11.125849,-77.609546,19z/data=!4m5!3m4!1s0x9106dfa9f929e083:0xbd6ef754e61fed3e!8m2!3d-11.1239202!4d-77.6082465>

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	
Molienda	Mineral					kg
	Agua					L
	MIBC					gotas
	A-404					gotas
	A-3418					gotas
	metabisulfito de sodio (10%)					mL
	CaO					g
	Tiempo					minutos

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	
Flotación Ro	MIBC					gotas
	A-404					gotas
	A-3418					gotas
	CaO					g
	pH					
	Tiempo					minutos
	Inyección aire					minutos

Anexo 3 balance metalúrgico de pruebas con aguas acidas

Flotacion con agua acida prueba 1

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	2.500,00	2,430	0,380	0,150	0,038	0,068	0,031		6.075,00	309,21	1,36	1,79	0,82	10,42	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	203,92	19,320	3,185	0,700	0,528	0,420	0,248		3.939,64	142,74	1,08	0,86	0,51	6,49	64,9	46,2	79,3	47,8
Relave	2.296,08	0,930	0,171	0,073	0,012	0,041	0,014		2.135,36	166,47	0,28	0,94	0,32	3,93	35,1	53,8	20,7	52,2
RC	12,260																	

Flotacion con agua acida prueba 2

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	2.500,00	2,330	0,404	0,140	0,050	0,098	0,033		5.825,00	296,44	1,37	1,56	0,75	10,95	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	226,98	16,500	3,200	0,580	0,472	0,354	0,204		3.745,19	131,65	1,07	0,80	0,46	7,26	64,3	44,4	78,4	51,3
Relave	2.273,02	0,915	0,162	0,073	0,013	0,034	0,013		2.079,81	164,79	0,30	0,76	0,28	3,68	35,7	55,6	21,6	48,7
RC	11,014																	

Flotacion con agua acida prueba 3

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	2.500,00	2,600	0,383	0,140	0,054	0,058	0,038		6.500,00	349,69	1,56	1,52	0,83	10,84	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	298,09	13,680	2,277	0,560	0,404	0,250	0,168		4.077,90	166,93	1,20	0,75	0,50	6,79	62,7	47,7	77,4	49,2
Relave	2.201,91	1,100	0,184	0,083	0,016	0,035	0,015		2.422,10	182,76	0,35	0,77	0,33	4,05	37,3	52,3	22,6	50,8
RC	8,387																	

Flotacion con agua acida prueba 4

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	2.500,00	2,380	0,409	0,150	0,049	0,047	0,030		5.950,00	325,67	1,56	1,29	0,81	10,35	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	165,36	21,610	3,522	0,840	0,688	0,328	0,294		3.573,33	138,90	1,14	0,54	0,49	5,82	60,1	42,7	73,0	42,1
Relave	2.334,64	1,018	0,194	0,080	0,018	0,032	0,014		2.376,67	186,77	0,42	0,75	0,33	4,53	39,9	57,3	27,0	57,9
RC	15,119																	

Flotacion con agua acida prueba 5

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	2.500,00	2,470	0,441	0,170	0,053	0,041	0,031		6.175,00	342,06	1,47	1,41	0,86	12,20	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	157,01	22,720	4,740	0,940	0,700	0,362	0,352		3.567,25	147,59	1,10	0,57	0,55	7,44	57,8	43,1	74,6	40,3
Relave	2.342,99	1,113	0,203	0,083	0,016	0,036	0,013		2.607,75	194,47	0,37	0,84	0,30	4,76	42,2	56,9	25,4	59,7
RC	15,923																	

Flotacion con agua acida prueba 6

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	2.500,00	2,470	0,469	0,150	0,052	0,056	0,031		6.175,00	322,94	1,40	1,44	0,78	10,95	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	209,99	18,010	3,056	0,720	0,516	0,304	0,232		3.781,94	151,19	1,08	0,64	0,49	6,42	61,2	46,8	77,2	44,3
Relave	2.290,01	1,045	0,198	0,075	0,014	0,035	0,013		2.393,06	171,75	0,32	0,80	0,30	4,53	38,8	53,2	22,8	55,7

Anexo 4 Dosificación de reactivos en las pruebas con aguas acida

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4			Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	
Molienda	Mineral	2	2	2	2	kg	Molienda	Mineral	2	2		kg
	Agua	1,5	1,5	1,5	1,5	L		Agua	1,5	1,5		L
	MIBC	4	4	4	4	gotas		MIBC	4	4		gotas
	A-404	4	4	4	4	gotas		A-4037	3	3		gotas
	A-3418	1	1	1	1	gotas		A-242	3	3		gotas
	metabisulfito de sodio(10%)	10	10	10	10	mL		metabisulfito de sodio(10%)	10	10		mL
	CaO	5	5	8	5	g		CaO	5	5		g
	Tiempo	30	30	30	50	minutos		Tiempo	30	50		minutos
Flotación Ro	MIBC	4	4	4	4	gotas	Flotación Ro	MIBC	3	3		gotas
	A-404	3	3	3	3	gotas		A-4037	1	1		gotas
	A-3418	1	1	1	1	gotas		A-242	1	1		gotas
	CaO		4	2	4	g		CaO	4	4		g
	pH	7	7	7	7			pH	7	7		
	Tiempo	5	7	5	5	minutos		Tiempo	5	5		minutos
	Inyección aire	15	15	15	15	minutos		Inyección aire	15	15		minutos
Cleaner 1	metabisulfito de sodio(10%)	5	5	5	5	mL	Cleaner 1	metabisulfito de sodio(10%)	5	5		mL
	Tiempo	4	4	4	4	minutos		Tiempo	4	4		minutos
Cleaner 2	metabisulfito de sodio(10%)	3	3	3	3	mL	Cleaner 2	metabisulfito de sodio(10%)	3	3		mL
	CaO		2			g		CaO				g
	pH		7					pH				
	Tiempo	2	2	2	2	minutos		Tiempo	2	2		minutos
Cleaner 3	metabisulfito de sodio(10%)	2	2	2	2	mL	Cleaner 3	metabisulfito de sodio(10%)	2	2		mL
	CaO		2			g		CaO				g
	pH		7					pH				
	Tiempo	1	1	1	1	minutos		Tiempo	1	1		minutos

Prueba 4

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	659,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1,366,29	76,59	0,20	0,30	0,15	2,65	100,0	100,0	100,0	100,0	
Conc Pb - Ag	106,00	6,290	1,505	0,180	0,101	0,139	0,064	666,74	19,08	0,11	0,15	0,07	1,60	48,8	24,9	54,8	49,7	
Relave	553,00	1,265	0,190	0,104	0,016	0,027	0,014	699,55	57,51	0,09	0,15	0,08	1,05	51,2	75,1	45,2	50,3	
RC	6,837																	

Prueba 5

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	700,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1,627,92	95,92	0,29	0,37	0,19	3,65	100,0	100,0	100,0	100,0	
Conc Pb - Ag	87,00	8,030	2,375	0,250	0,177	0,185	0,096	698,61	21,75	0,15	0,16	0,08	2,07	42,9	22,7	53,3	43,6	
Relave	613,00	1,516	0,259	0,121	0,022	0,034	0,017	929,31	74,17	0,13	0,21	0,10	1,59	57,1	77,3	46,7	56,4	
RC	13,459																	

Prueba 6

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	382,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1,041,79	77,23	0,19	0,23	0,12	1,64	100,0	100,0	100,0	100,0	
Conc Pb - Ag	55,00	9,310	1,756	0,340	0,188	0,196	0,097	512,05	18,70	0,10	0,11	0,05	0,97	49,2	24,2	54,9	47,8	
Relave	327,00	1,620	0,205	0,179	0,026	0,036	0,020	529,74	58,53	0,09	0,12	0,07	0,67	50,8	75,8	45,1	52,2	

RC	20,237
----	--------

Prueba 7

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	749,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1,813,44	103,79	0,39	0,48	0,20	3,75	100,0	100,0	100,0	100,0	
Conc Pb - Ag	107,00	7,420	2,042	0,250	0,175	0,218	0,077	793,94	26,75	0,19	0,23	0,08	2,18	43,8	25,8	47,7	48,2	
Relave	642,00	1,588	0,244	0,120	0,032	0,039	0,019	1,019,50	77,04	0,21	0,25	0,12	1,57	56,2	74,2	52,3	51,8	

RC	14,155
----	--------

Prueba 8

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	751,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	2,157,90	117,42	0,60	0,49	0,26	4,62	100,0	100,0	100,0	100,0	
Conc Pb - Ag	113,00	8,150	2,493	0,260	0,218	0,193	0,091	920,95	29,38	0,25	0,22	0,10	2,82	42,7	25,0	41,2	44,9	
Relave	638,00	1,939	0,283	0,138	0,055	0,042	0,025	1,236,95	88,04	0,35	0,27	0,16	1,81	57,3	75,0	58,8	55,1	

RC	101,490
----	---------

Prueba 9

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	616,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.255,51	86,68	0,24	0,36	0,15	2,93	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	93,00	5,880	1,801	0,215	0,119	0,176	0,063		546,84	20,00	0,11	0,16	0,06	1,67	43,6	23,1	45,8	45,8
Relave	523,00	1,355	0,240	0,128	0,025	0,037	0,017		708,67	66,68	0,13	0,19	0,09	1,26	56,4	76,9	54,2	54,2

RC 7,016

Prueba 10

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	610,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.203,23	82,81	0,22	0,34	0,14	3,12	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	98,00	5,695	1,877	0,205	0,116	0,167	0,060		558,11	20,09	0,11	0,16	0,06	1,84	46,4	24,3	51,7	47,6
Relave	512,00	1,260	0,250	0,123	0,021	0,035	0,015		645,12	62,72	0,11	0,18	0,08	1,28	53,6	75,7	48,3	52,4

RC 5,993

Prueba 11

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	653,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.241,05	84,48	0,23	0,36	0,14	3,01	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	152,00	4,020	1,223	0,185	0,081	0,112	0,041		611,04	28,12	0,12	0,17	0,06	1,86	49,2	33,3	53,6	47,7
Relave	501,00	1,258	0,230	0,113	0,021	0,037	0,015		630,01	56,36	0,11	0,19	0,08	1,15	50,8	66,7	46,4	52,3

RC 3,721

Prueba 12

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	607,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.219,06	86,84	0,26	0,36	0,15	3,08	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	140,00	5,130	1,644	0,220	0,117	0,147	0,059		718,20	30,80	0,16	0,21	0,08	2,30	58,9	35,5	62,3	57,0
Relave	467,00	1,073	0,167	0,120	0,021	0,033	0,014		500,86	56,04	0,10	0,16	0,07	0,78	41,1	64,5	37,7	43,0

RC 4,375

Prueba 13

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	586,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.356,82	102,11	0,28	0,33	0,16	3,73	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	149,00	5,660	1,932	0,260	0,133	0,132	0,063		843,34	38,74	0,20	0,20	0,09	2,88	62,2	37,9	69,7	59,0
Relave	437,00	1,175	0,194	0,145	0,020	0,031	0,015		513,48	63,37	0,09	0,14	0,06	0,85	37,8	62,1	30,3	41,0

RC 5,436

Prueba 16

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	638,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.652,29	101,39	0,43	0,40	0,19	4,62	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	107,00	8,730	3,330	0,290	0,255	0,209	0,099		934,11	31,03	0,27	0,22	0,11	3,56	56,5	30,6	64,1	56,4
Relave	531,00	1,353	0,199	0,133	0,029	0,033	0,016		718,18	70,36	0,15	0,17	0,08	1,06	43,5	69,4	35,9	43,6

RC	11,394
----	--------

Prueba 17

Producto	Peso	Leyes							Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	%As	%Sb	%Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb	%Cu
Cabeza	556,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025		1.416,68	94,08	0,33	0,39	0,17	3,12	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	152,00	6,370	1,620	0,300	0,171	0,169	0,074		968,24	45,60	0,26	0,26	0,11	2,46	68,3	48,5	78,6	65,3
Relave	404,00	1,110	0,162	0,120	0,018	0,034	0,014		448,44	48,48	0,07	0,14	0,06	0,65	31,7	51,5	21,4	34,7

RC	5,910
----	-------

Prueba 18

Producto	Peso	Leyes						Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb
Cabeza	479,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1.356,96	86,86	0,30	0,37	0,15	2,58	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	166,00	6,600	1,310	0,330	0,154	0,168	0,066	1.095,60	54,78	0,26	0,28	0,11	2,17	80,7	63,1	86,0	74,7
Relave	313,00	0,835	0,131	0,103	0,013	0,030	0,012	261,36	32,08	0,04	0,09	0,04	0,41	19,3	36,9	14,0	25,3

RC 4,948

Prueba 19

Producto	Peso	Leyes						Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb
Cabeza	602,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1.447,43	101,61	0,34	0,41	0,18	2,74	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	168,00	6,310	1,280	0,340	0,165	0,168	0,071	1.060,08	57,12	0,28	0,28	0,12	2,15	73,2	56,2	81,2	68,3
Relave	434,00	0,893	0,136	0,103	0,015	0,030	0,013	387,35	44,49	0,06	0,13	0,06	0,59	26,8	43,8	18,8	31,7

RC 4,892

Prueba 20

Producto	Peso	Leyes						Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb
Cabeza	622,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1.411,46	86,28	0,30	0,37	0,17	2,66	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	172,00	4,890	0,919	0,240	0,111	0,128	0,055	841,08	41,28	0,19	0,22	0,09	1,58	59,6	47,8	64,1	59,2
Relave	450,00	1,268	0,240	0,100	0,024	0,034	0,018	570,38	45,00	0,11	0,15	0,08	1,08	40,4	52,2	35,9	40,8

RC 4,945

Prueba 21

Producto	Peso	Leyes						Contenidos						Recuperacion			
	g	Oz Ag/t	gr Au/t	%Pb	%Cu	% As	% Sb	% Fe	Oz Ag	g Au	gF Pb	g F Cu	g F As	g F Sb	%Ag	%Au	%Pb
Cabeza	596,00	2,000	0,230	0,190	0,020	0,040	0,025	1.408,64	82,85	0,31	0,37	0,17	2,49	100,0	100,0	100,0	100,0
Conc Pb - Ag	155,00	5,560	1,070	0,250	0,131	0,143	0,061	861,80	38,75	0,20	0,22	0,09	1,66	61,2	46,8	65,3	60,2
Relave	441,00	1,240	0,189	0,100	0,025	0,033	0,018	546,84	44,10	0,11	0,15	0,08	0,83	38,8	53,2	34,7	39,8

RC 5,684

Anexo 6 Dosificación de reactivos en las pruebas con aguas fresca

	Mineral=	2 kilogramos						
	Densidad de Pulpa	1250 g/L	Densidad Z-6	1,522 g/mL	Densidad Z-6	0,807 g/mL		
	Z-6	2 mL	%Solido	1 %	mL	20 gotas		
	Tiempo	2 minutos	D solución	1,003 g/mL	MIBC	2,000 gotas		
1	MICB	2 gotas	Volumen	2 mL	Volumen	0,1 mL		
	Tiempo	2 minutos	Peso de solución	2,006883 g				
	Tiempo acondicionamiento	10 minutos	Peso Z-6	0,0201 g	Peso Z-6	0,0807 g		
	Teimpo de flotación	3 minutos	Consumo	0,0100 g/kg	Consumo	0,0404 g/kg		
		17						
	Mineral=	2 kilogramos						
	Densidad de Pulpa	1250 g/L	Densidad Z-6	1,522 g/mL	Densidad MIBC	0,807 g/mL		
	Z-6	2 mL	%Solido	1 %	mL	20 gotas		
	Tiempo	2 minutos	D solución	1,003 g/mL	MIBC	2,00 gotas		
2	MICB	2 gotas	Volumen	2 mL	Volumen	0,1 mL		
	Tiempo	2 minutos	Peso de solución	2,006883 g				
	Tiempo acondicionamiento	10 minutos	Peso Z-6	0,0201 g	Peso Z-6	0,0807 g		
	Teimpo de flotación	30 minutos	Consumo	0,0100 g/kg	Consumo	0,0404 g/kg		
		44						
	Mineral=	2 kilogramos						
	Densidad de Pulpa	1250 g/L	Densidad Z-6	1,522 g/mL	Densidad MIBC	0,807 g/mL	Densidad MT-6100	0,95 g/mL
	Z-6	2 mL	%Solido	1 %	mL	20 gotas	mL	20 gotas
	Tiempo	2 minutos	D solución	1,003 g/mL	MIBC	2,00 gotas	MT-6100	2,00
3	MT-6100	2 gotas	Volumen	2 mL	Volumen	0,1 mL	Volumen	0,1 mL
	Tiempo	2 minutos	Peso de solución	2,006883 g				
	MICB	2 gotas	Peso Z-6	0,0201 g	Peso Z-6	0,0807 g	Peso Z-6	0,0950 g
	Tiempo	2 minutos	Consumo	0,0100 g/kg	Consumo	0,0404 g/kg	Consumo	0,0475 g/kg
	Tiempo acondicionamiento	3 minutos						
	Teimpo de flotación	3 minutos						
		12						
	Mineral=	2 kilogramos						
	Densidad de Pulpa	1250 g/L	Densidad Z-6	1,522 g/mL	Densidad MIBC	0,807 g/mL	Densidad MT-6100	0,95 g/mL
	Z-6	2 mL	%Solido	1 %	mL	20 gotas	mL	20 gotas
	Tiempo	2 minutos	D solución	1,003 g/mL	MIBC	2,00 gotas	MT-6100	0,00
4	MT-6100	0 gotas	Volumen	2 mL	Volumen	0,1 mL	Volumen	0 mL
	Tiempo	0 minutos	Peso de solución	2,006883 g				
	MICB	2 gotas	Peso Z-6	0,0201 g	Peso Z-6	0,0807 g	Peso Z-6	0,0000 g
	Tiempo	2 minutos	Consumo	0,0100 g/kg	Consumo	0,0404 g/kg	Consumo	0,0000 g/kg
	Tiempo acondicionamiento	3 minutos						
	Teimpo de flotación	3 minutos						
		10						

