

*Universidad Nacional*  
*"José Faustino Sánchez Carrión"*



**" Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica"**

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

“CINÉTICA DE FLOTACIÓN PARA PREDECIR LA RECUPERACIÓN  
DEL MOLIBDENO A NIVEL LABORATORIO - 2019”

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
METALURGICO

Autor:

OLORTEGUI HERRERA FRANKLIN RUSBEL

Asesor:

Dr. BERARDO BEDER, RUIZ SÁNCHEZ.

C.I.P. N° 26627

**Huacho - Perú**

2019

## DEDICATORIA

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

## AGRADECIMIENTO

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

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

## INDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
<b>INDICE</b> .....	<b>iv</b>
ÍNDICE DE TABLA .....	vii
ÍNDICE DE FIGURA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática. ....	1
1.2 Formulación del problema .....	1
1.2.1 Problema general .....	1
1.2.2 Problemas específicos.....	1
1.3 Objetivos de la Investigación. ....	2
1.3.1 Objetivo general. ....	2
1.3.2 Objetivo específico. ....	2
1.4 Justificación de la investigación.....	2
1.5 Delimitación del estudio.....	3
1.5.1 Delimitación Territorial.....	3
1.5.2 Delimitación Tiempo y Espacio. ....	3
1.5.3 Delimitación de Recursos. ....	3
1.6 Viabilidad del estudio.....	3
<b>CAPITULO II MARCO TEORICO</b> .....	<b>4</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	4

2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2.	Antecedentes Nacionales. ....	5
2.1.3.	Atrás investigaciones. ....	6
2.2.	Bases Teóricas.....	8
2.2.1.	Flotación de Minerales.....	8
2.2.2.	Cinética de Flotación. ....	12
2.2.3.	Flotación de Menas Sulfuros. ....	13
2.2.4.	Flotación de Molibdenita. ....	14
2.2.5.	Separación de Cobre Molibdeno.....	14
2.3.	Definiciones Conceptuales.....	15
2.4.	Formulación de la Hipótesis.....	16
2.4.1.	Hipótesis General.....	16
2.4.2.	Hipótesis Específicos .....	16
<b>CAPITULO III</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
3.1.	Diseño Metodológico .....	17
3.2.	Población y Muestra.....	18
3.3.	Operacionalización de Variables e Indicadores. ....	19
3.4.	Técnicas de Recolección de Datos. ....	20
3.5.	Técnicas para el procesamiento de la información. ....	20
<b>CAPITULO IV</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
4.1.	Análisis de Resultados. ....	21
4.1.1.	Condiciones de pruebas de flotación. ....	21
4.1.2.	Tiempo de Flotación. ....	21
4.1.3.	Resultado de la Flotación.....	22
4.1.4.	Resultados de la cinética de flotación del molibdeno.....	1

4.2. Contrastación de Hipótesis.....	16
<b>CAPITULO V DISCUSIONES .....</b>	<b>17</b>
5.1. Discusiones.....	17
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>21</b>
6.1. Conclusiones. ....	21
6.2. Recomendaciones.....	22
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>23</b>
5.1. Fuentes Bibliográficas.....	23
<b>ANEXOS.....</b>	<b>27</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Operaciones de las variables de estudio. ....	19
Tabla 2 Tiempo de las pruebas cinéticas de flotación.....	21
Tabla 3 Resultado de la primera prueba de flotación .....	22
Tabla 4 Resultado de la segunda prueba de flotación.....	23
Tabla 5 Resultado de la tercera prueba de flotación .....	24
Tabla 6 ley de molibdeno en el concentrado en el tiempo primera prueba. ....	1
Tabla 7 .....	2
Tabla 8 Ley de molibdeno en el concentrado en la segunda prueba. ....	6
Tabla 9 .....	7
Tabla 10 Ley de molibdeno en el concentrado en la tercera prueba.....	11
Tabla 11 .....	12
Tabla 12 Recuperación, calidad y relave primera prueba.....	17
Tabla 13 Recuperación, calidad y relave segunda prueba .....	18
Tabla 14 Recuperación, calidad y relave tercera prueba .....	19

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Curva de recuperación de Mo primera prueba flotación .....	3
Figura 2 Curva de la ley de % Mo segunda prueba .....	4
Figura 3 curva de la ley de Mo en el relave .....	5
Figura 4 Curva de recuperación de Mo primera segunda flotación.....	8
Figura 5 Curva de la ley de % Mo segunda prueba .....	9
Figura 6 curva de la ley de Mo en el relave segunda prueba.....	10
Figura 7 Curva de recuperación de Mo primera segunda flotación.....	13
Figura 8 Curva de la ley de % Mo tercera prueba .....	14
Figura 9 curva de la ley de Mo en el relave tercera prueba .....	15

## RESUMEN

En cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio – 2019, tiene por objetivo, Analizar y cuantificar el efecto de la cinética de flotación en la recuperación del molibdeno y su predicción, es un estudio de investigación básica, con un nivel predictivo, tiene un diseño experimental y enfoque cuantitativo. Se realizaron tres pruebas y su método consistió en realizar una flotación cinética de minerales de molibdeno con un intervalo de tiempo, para cada prueba se obtuvo 8 muestras. Los datos obtenidos se procesaron de los cuales se obtuvieron tablas gráficas, ecuaciones con ello se realizaron una proyección. Los resultados obtenidos se tiene una recuperación de Mo de 76,90% con una proyección de 93,32%; Mo de 88,35% con una proyección de 94,21%; Mo de 88,29% con una proyección de 94,64% para las tres corridas secuenciales. La calidad para 10 minutos se tiene 16,75% Mo con una recuperación de 72,68% con pérdida en relave de 0,22% con una proyección 26,87% Mo con una recuperación de 57,45% con pérdida en relave de 0,37%. Concluyendo que la curva de recuperación tiene a incrementar en función del tiempo, mientras que la recuperación y calidad para un tiempo de 10 a 14 minutos está dentro de un parámetro adecuado, pero en el relave tiene alto ley de Mo.

Palabra clave: Flotación de molibdenita, concentración de minerales de molibdeno, cinética de flotación de molibdenita.

## ABSTRACT

In flotation kinetics to predict the recovery of molybdenum at the laboratory level - 2019, aims to analyze and quantify the effect of flotation kinetics on the recovery of molybdenum and its prediction, is a basic research study, with a predictive level It has an experimental design and a quantitative approach. Three tests were performed and their method consisted of performing a kinetic flotation of molybdenum minerals with a time interval, for each test 8 samples were obtained. The obtained data were processed from which graphic tables were obtained; equations were made with a projection. The obtained results have a Mo recovery of 76.90% with a projection of 93.32%; Mo of 88.35% with a projection of 94.21%; Mo of 88.29% with a projection of 94.64% for the three sequential runs. The quality for 10 minutes is 16.75% Mo with a recovery of 72.68% with loss in tailings of 0.22% with a projection of 26.87% Mo with a recovery of 57.45% with loss in tailings of 0.37%. Concluding that the recovery curve tends to increase as a function of time, while the recovery and quality for a time of 10 to 14 minutes is within an adequate parameter, but in the tailings, it has a high Mo law.

Key Word: Molybdenite flotation, molybdenum mineral concentration, molybdenite flotation kinetics.

## INTRODUCCIÓN

La minería en el mundo es tan antigua como la evolución del hombre, nace con el descubrimiento del de la fabricación de las armas para la defensa de la supervivencia del hombre. La evolución también se da a medida que las culturas necesitan el uso de los metales y la adquisición de los conocimientos del hombre para solucionar ciertas desventajas técnicas y tecnológicas. Por lo que la minería en la actualidad una fuente de ingreso tanto para los países como para los empresarios. La concentración de minerales de molibdeno se realiza con la los de los minerales de cobre a principio de los 1910 aproximadamente.

Las concentraciones de los minerales en América del sur y Perú se nacen a final de la era del guano y nace un alentador de la extracción de los minerales en los años 1910 se comienza la explotación, pero a gran escala comienza a partir 1922 con la apertura de la oroya (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1992). A partir de los años 1990 se concesionan las minas del Perú, como consecuencia se tiene Antamina, las bambas donde se extraen el molibdeno.

La existencia de minerales de cobre asociado con otros como molibdeno, bismuto, oro, etc., es necesario realizar las investigaciones para su aprovechamiento, para contribuir en el desarrollo de las zonas donde se encuentran los yacimientos mineralizados.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática.**

La minería artesanal en el Perú es un sector que no tiene asistencia técnica y no tienen la menor idea de que para hacer una minería éxito se debe comenzar con la parte del diseño del proceso y su elaboración con pruebas experimentales para tener un prototipo del proceso y de esa manera tener los financiamientos y su segunda etapa de escalamiento en proceso continuo y una recuperación optima y de un concentrado que sea vendible económicamente.

En la parte norte en el departamento de Ancash existen minerales de cobre con molibdeno por lo que es necesario su explotación a escala de minería artesanal y pequeña minería por lo que es necesaria un estudio de la recuperación en función a la cinética de flotación que también es un parámetro que permite el dimensionamiento del circuito de molienda y concentración para ver una recuperación adecuada de los valores deseados.

### **1.2 Formulación del problema**

#### **1.2.1 Problema general**

¿Tendrá el efecto la cinética de flotación, en la recuperación y su predicción del molibdeno experimentalmente realizada en el laboratorio – 2019?

#### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Tendrá efecto el colector durante el tiempo de flotación para concentrar minerales que contengan valores de mena, en la recuperación del molibdeno a nivel experimental en un porcentaje optimo?

¿Habrá un efecto del espumante en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, en la calidad del concentrado de molibdeno a nivel experimental en una proporción desmejoro?

### **1.3 Objetivos de la Investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Analizar y cuantificar el efecto de la cinética de flotación en la recuperación del molibdeno y su predicción experimentalmente realizada en el laboratorio – 2019.

#### **1.3.2 Objetivo específico.**

Interpretar el efecto del colector que tendrá en el tiempo de flotación para concentrar minerales que contengan valores de mena, en la recuperación del molibdeno a nivel experimental en un porcentaje óptimo.

Analizar el efecto del espumante en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, en la calidad del concentrado de molibdeno a nivel experimental en una proporción desmejoro.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Sobre la “Cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio – 2019”, se busca obtener las variables que nos permita predecir el tiempo optima de la flotación del concentrado de molibdeno y respecto su calidad y recuperación, para luego ser utilizado como guía en los futuros trabajos que podrían utilizar o como base en la puesta en marcha en planta piloto.

## **1.5 Delimitación del estudio**

### **1.5.1 Delimitación Territorial.**

La ubicación territorial se encuentra en el departamento de Lima, provincia de Huaura, distrito de Huacho, ciudad universitaria. A una altitud de 38 msnm coordenadas este  $11.126^\circ$ , norte  $77.60^\circ$  mediante el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zona 18S, WGS 84.

### **1.5.2 Delimitación Tiempo y Espacio.**

Respecto a la delimitación territorial se realizó en el área de concentración de minerales del Centro de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, UNJSC. En el año dos mil diecinueve.

### **1.5.3 Delimitación de Recursos.**

Se podrían describir todas las limitaciones, pero en un mundo globalizado y controlador respecto a los insumos se tiene limitación y esto está enmarcado desde los recursos financieros que conllevan a la limitada accesibilidad de los reactivos para los análisis químicos, al no contar con ello y al no contar con equipos de acuerdo los avances científicos, por ello es necesario realizar en laboratorios de terceros y auspiciados por empresas mineras artesanales que apuestan por invertir en minería.

## **1.6 Viabilidad del estudio**

El trabajo realizado fue gracias por el apoyo de las autoridades de turno del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales, nos permitieron el acceso y usos de los equipos. Respecto al acceso de fuentes de información se contó con información físico y electrónico y el asesoramiento de personas involucrados en el área.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales.**

En la investigación sobre recuperación de molibdeno para la optimización de la planta las Tortugas. conclusión para una calidad de concentrado superior a 48% de Mo debe tener una ley de 0,21% en plata selectiva y 0.01% en colectiva, cuando se alimenta superior de 1,00% se generar perdida por límite de diseño. Se necesita mayor tiempo de acondicionamiento y colector diesel mayor de 20 g/t para el Mo (Rubilar, 2014).

Para una adecuada recuperación es necesario tener un control adecuado de las leyes en la alimentación, de esa manera mantener una calidad y recuperación optima, el tiempo de acondicionamiento, es de acuerdo para cada tipo de mineral en los minerales de molibdeno tiene a ser superior y los colectores también en ciertos casos es necesario.

En el estudio sobre circuito colectivo sobre analisis de perdida de molibdeno en la minera Doña Ines, Correa (2019) concluye:

Se muestra claramente que CMDIC posee bajas recuperaciones de molibdenita en su circuito colectivo. Debido al contenido iónico, (..) depresores como lo son el Calcio y el Magnesio. (...) la baja recuperación de la molibdenita en la segunda limpieza (...) y la primera limpieza, debido a la sobrecargado de molibdenita fina no es capaz de recuperarlo, se va por el relave hacia la etapa Scavenger en la cual se pierde por las colas hacia el relave final. (pp. 49-150)

El mineral fino forma lama y esto es difícil recuperar en un circuito mecánico, por lo que se debe de tener en consideración la sobre molienda.

En el circuito selectivo de rougher de la flotación de molibdeno donde se evalúa el consumo del NaSH. Lobos (2015) concluye “el alto contenido de oxígeno permite el doble consumo de NaSH. Para reducir el oxígeno que ingresa al circuito Rougher, no debe superar 2000 Nm<sup>3</sup>/h el gas nitrógeno. Incrementado el potencial (mV) se requerirá menos NaSH en operación” (pp. 84-85).

En toda operación de flotación existe reacciones químicas acompañando de lo físico, es necesario controlar el flujo de aire para no tener oxidar del NaSH y cumplan con su función en el proceso de flotación del mineral.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales.**

En el trabajo realizado sobre concentración de cobre a partir de minerales con presencia de caolinita, Suarez, (2019) concluye, “La mejor concentración es cuando se adición de 46 g/t de KAX, obteniendo 28% de cobre y recuperación del 90.3%, con 45,8 g/t de A-208, se tiene un concentrado de 27.9% con una recuperación de 83.1%” (p.58). La dosificación de los reactivos colectores es importante la cantidad y el tipo de colector, porque la mineralogía tiene cierta afinidad con un tipo de colector y la dosificación adecuada da una calidad y recuperación adecuada.

El empleo de reactivos organicos naturales liquido en la flotación de sulfuros de cobre. Arana (2019) concluye:

El pH es importante para realizar las microflotaciones, la pirita flota a un pH inferior a 10 y los sulfurados de cobre a pH mayores a 10. (...) el reactivo verde peróxido de hidrógeno (...) flota de minerales con altos grados de recuperación de cobre y baja de hierro. (p. 82).

La recuperación del cobre es más eficiente al pH superior a 9, el efecto de peróxido de hidrogeno oxidan a hierro por lo que tendrá afinidad con el agua y no flotará.

En el estudio sobre recuperación de plomo, zinc en la evaluación metalurgico de minerales sulfurados en la minera Azulcocha, Villegas & Castillo (2019) concluyen:

En la investigación considerado: Tamaño de partícula (liberada) 62 % malla menos 200, Tiempo de molienda 11 minutos, Tiempo de flotación 3 minutos, Dosificación de reactivos y (...). Ley de cabeza: 10,68%Zn 0,73%Pb 0,56%Cu 0,61 Ag (Onz) 23,47%Fe. (...). Las recuperaciones en el (...) zinc fue del 90 %, plomo sobre el 60 % y cobre sobre 62 %. Lo que hace rentable el proceso. (p. 112).

La concentración por flotación de minerales de interés económico, tiene relación con la variable a estudiar como liberación, tiempo de flotación, reactivos que están en función a la ley de cabeza.

### **2.1.3. Atrás investigaciones.**

En la investigación de los relaves de la flotación de cobre, para la flotación de pirita, Valdrrama, y otros (Valdrrama, y otros, 2019) concluyen “las condiciones para la recuperación de la pirita por el proceso de flotación, (..) se dan ha (...) a un pH 7,9; colector 40 g/t; espumante 5 g/t. (...) compuesto por las etapas de rougher, scavenger, cleaner y recleaner” (p.12). La recuperación de la pirita es mejor a un pH ligeramente acida, solo se necesita un colector y espumantes, siempre debe cumplir las tres etapas con la finalidad de obtener una calidad y recuperación deseada.

En el estudio de flotación de sulfuro de hierro para la desulfuración de rela, Valderrama, Zazzali, Chamorro, & Santander (2015)concluyen:

La mejor flotabilidad de la pirita se da con A404, a pH 5 a 8, con una reducción superior al 80%. Para disminuir la pirita en el relave menor al 0,08% debe

incluir etapa scavenger y generar un impacto ambiental positivo(..) disminuir la producción de aguas ácidas. (p. 130).

La extracción de los sulfuros de una relavera permite disminuir generar aguas en el futuro por lo que es necesario su evacuación.

En su investigación sobre el uso de gas nitrógeno para disminuir el uso de NaSH, Solano, Villavicencio, & Vela (2019) concluyen: “(...) la aplicación de  $N_2$  no afecta el proceso de flotación (...) en el concentrado de molibdeno (...) y calcocita, (...) el nitrógeno (...) disminuye la emisión del HS y el empleo de NaSH” (p.6). Los minerales de molibdeno tienden a oxidarse cuando se inyecta aire por la presencia de oxígeno, el uso de un gas inerte como el nitrógeno no afecta solo cumple la formación de las burbujas en la flotación.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Flotación de Minerales.**

En el aprovechamiento de la flotación de menas de interés comercial se realiza por el proceso de concentración de los minerales, aprovechando sus propiedades físico y químicos.

Para la flotación de las menas se debe aprovechando las propiedades que tiene la superficiales de componente que tiene el mineral, como hidrófilo e hidrófobo. Si es hidrofóbico, la partícula mineral puede unirse a las burbujas de aire y ser flotada, para ello intervienen tres fases presentes mineral, agua y el aire. Las variables químicas pretenden controlar la transición entre el hidrofílico y estado hidrofóbico. Las variables físicas del mineral que intervienen, son como tamaño de grano, composición (liberación) y factores derivados de la máquina como la velocidad, aire y el tamaño de la burbuja. Klimpel (1984) citado en (Barry & Finch, 2016, p. 265).

#### **2.2.1.1. Fases en el Proceso de la Flotación.**

Al circuito de flotación ingresa la pulpa proveniente del acondicionador o clasificación luego recorrerá todo el circuito por las etapas de rougher, escavenger, cleaner obteniendo dos productos el concentrado y relave, requerido.

En el mineral que ingresa al circuito de flotación tiene un tamaño lo suficientemente fino para ser separar de las gangas, la pulpa se acondiciona haciendo que el mineral se convierta en hidrofóbica para que se captadas por las burbujas de aire, posteriormente en la zona de separación las gangas se separan de las burbujas y las burbujas de aire cargada ascenderán a la parte superior, formándose una esponja de espuma cargada de mineral es su superficie, luego ser extraer las espuma cargada de mineral (Porrás, 1997).

En el proceso de concentración de mineral por flotación, primero pasa a la liberación de chancado y molienda acto seguido a la clasificación, concentración, sedimentación y filtración para obtener un producto terminado.

#### **2.2.1.2. Variables en el Proceso de Flotación.**

Es esta etapa del proceso se tiene un conjunto de factores que intervienen en la flotación de los cuales “lo divide en tres conjuntos, componentes químicos, equipamiento y operación” (Horna, 2006, pág. 22).

En el presente estudio se describirá las variables relacionado con las componentes de operaciones y químicos.

#### **2.2.1.3. Componentes que Intervienen en la Operación de Flotación.**

En el circuito de flotación se tiene una serie de factores que interviene para que exista una flotación objetiva de las menas sulfurados de valor económico entre ellos lo más importante se puede citar: “caudal ( $m^3/h$ ), tiempo de flotación y acondicionamiento, mineralogía, granulometría, grado de liberación, grado de oxidación, pH , densidad de pulpa, inyección de aire, retiro de la espuma (natural o mecánica)” (Azuñero, 2015, pág. 109). Las variables descritas permiten una concentración de minerales adecuadas siempre en cuando se tiene el control para cada tipo de mineral.

#### **2.2.1.4. Componentes Químicos.**

Los reactivos químico que son usado en la minería para la flotación de menas sulfurados, cumple importante funciones como colectores, depresores, espumantes, etc. que cambian sus propiedades fisicoquímicos de los minerales y se clasifican en “colectores, espumantes y

modificadores entre ellos se tiene depresores, activadores, modificadores de pH, dispersantes, floculantes” (Sutulov, 1963, pág. 68).

#### a) **Colectores.**

Son los reactivos químicos inorgánicos y orgánicos hidrofóbicos que se adhieren a la superficie del mineral para ser hidrofóbico los minerales sulfuros de interés. “Son compuestos orgánicos repelentes al agua y son adsorbidos en la superficie del mineral, reduce la estabilidad de la capa hidratada que separa el mineral de la burbuja de aire hacer la unión de la partícula a la burbuja” (Barry & Finch, 2016, p. 269). La adsorción de los minerales por los colectores permite reducir el tiempo de estímulo.

Los colectores están divididos en aniones y cationes, “dentro de los colectores aniónicos se tiene los sulfhidrilo para minerales sulfurados los cuales son xantatos ditiofosfatos y ditiocarbamate” (Barry & Finch, 2016, p. 270). Mayor uso en la minería de la región se usa los xantatos y ditiofosfatos.

Los xantatos más usados se tiene el: Z – 11 y Z – 6.

Respecto a los Aerofloat, Ditiofosfatos se tiene:

- **A-31:** se usa en la “recuperación de plata/plomo por ser selectividad” (Cytec, 2002, p. 118).
- **A-208:** Se emplea “en circuitos de flotación de cobre, plomo y plata, por su selectividad del zinc” (Cytec, 2002, p. 121).
- **A-238:** Se emplea “en la flotación de sulfuros de cobre - plata, por su selectividad con el sulfuro de hierro” (Cytec, 2002, p. 121).

#### b) **Espumantes.**

Reactivos tensoactivos que ayuda a las burbujas estar estable para que no se rampan, su “función del espumante es formar espuma estable y acelerar la flotación. Estas se logran cuando los espumantes se adsorben preferentemente en el interfaz agua-gas. La adsorción

suele ir acompañada de una disminución de la tensión superficial” (Drzymala, 2007, pág. 327). La función de los espumantes es darles la estabilidad a las espumas para que no se rompan al ascender las burbujas cargadas de minerales a si la superficie de la celda.

Los espumantes más empleados en la región en la gran minería, mediana y pequeña minería en el tiempo son: “MIBC, F-70, D-250” (Azuñero, 2015).

### **c) Activadores.**

Son aquellos reactivos que cambian las condiciones superficiales de los minerales “trastornando su naturaleza superficies del mineral, luego el colector se adhiera a la superficie y haga hidrofóbico al mineral. Son sales solubles que se disuelven y los iones modifican la superficie mineral” (Barry & Finch, 2016, p. 285).

Los activadores más empleados en la gran minería, mediana y pequeña minería tenemos: “Sulfato de cobre, Nitrato de plomo y sulfuro de sodio” (Azuñero, 2015, p. 93).

### **d) Depresores.**

Estos reactivos se adhieren a la superficie del mineral y los hace hidrofílicos deprimiendo el mineral no deseado a ser recuperable. Los “depresores se utilizan para elevar la selectividad de la flotación, logrando así deprimir uno o más componentes de la suspensión de la espuma. Los depresores pueden ser orgánico, inorgánico” (Drzymala, 2007, pág. 334).

Los depresores más usados son: “ $ZnSO_4$ , Bisulfito de sodio, Cianuro de Sodio,  $Na Cr O$ , fosfato monosódico, CMC” Azuñero (2015, págs. 95-99).

### 2.2.2. Cinética de Flotación.

Respecto al tiempo de flotación en una celda que demora en flotar el mineral se define como la cinética de flotación, es decir, es el “estudia de la velocidad de flotación de minerales, o sea, la variación del contenido de la cantidad de producto obtenido en el concentrado en función del tiempo” (Azuñero, 2015, pág. 60).

En la cinética de flotación de los minerales están considerados “cuatro métodos para la flotación de minerales, el empírico, semi empírico, analógico y analítico” (Quiroz, 1986, pág. 219).

#### 2.2.2.1. Flotación Batch.

Es el proceso de flotación en partes, es decir se carga se flota y se descarga, seguidamente se carga a si sucesivamente, en la “flotación por lotes a medida que flota en el tiempo cambia de característica las partículas, tamaño, grado y cantidad” (Gupta & Yan, 2007, p. 564).

La flotación “basada en modelos cinético químico, la flotación se considera similar a un proceso químico, la ecuación de la flotación en el tiempo será:  $\frac{C}{C_0} = e^{-Kt}$ , donde: C: masa/volumen, Kn constante, t tiempo” (Quiroz, 1986). Las espumas en el tiempo varia de acuerdo la ecuación semionírica.

la Concentración del material que flota en el durante un periodo queda en relación a  $\left(\frac{C}{C_0}\right) = e^{-Kt}$ , donde: C concentración que queda(final),  $C_0$  concentración inicial, C concentración infinita (Quiroz, 1986).

La recuperación de un proceso de flotación discontinuo estará en relación matemática a  $a = [1 - e^{-Kt}]$  (Gupta & Yan, 2007, p. 568).

### 2.2.2.2. Flotación Continuo.

En un proceso industrial la flotación de los minerales es una secuencia de celdas, es decir, “en un banco continuo, el concentrado de las últimas celdas es diferente de las celdas anteriores. Las partículas del mismo mineral flotan a diferentes velocidades debido a las diferentes características de las partículas y las condiciones de las celdas” (Gupta & Yan, 2007, p. 564). La recuperación de los minerales por flotación es la suma de una serie de celdas.

La relación matemática de la flotación se puede describir en “un proceso de flujo continuo la flotación se reduce a  $\frac{dC}{dt} = 0$ , ya que la alimentación y los productos de flotación son constante en el flujo y concentración” (Quiroz, 1986, pp. 221-222).

La recuperación se desarrolla en un numero de celdas, al “desarrollar el exponencial utilizado por Taylor y tomando limite cuando  $t$  tiende a cero se obtendrá:  $R = 1 - 1(1 + Kt)^{-N}$ , N número de celdas,  $t$  tiempo relacionado a la celda, K constante cinético” (Quiroz, 1986, pp. 222-223). Relacionado la recuperación en porcentaje quedaría de la siguiente manera  $R = 100 - 100(1 + Kt)^{-N}$ .

### 2.2.3. Flotación de Menas Sulfuros.

Para la flotación de menas sulfuros, esta involucrados una serie de factores, pero en la elección de los reactivos para la flotación tiene una relación con la asociación de la mineralización que va determinar el mecanismo y el empleo de los reactivos.

En la flotación de minerales sulfuro que contienen cobre, plomo, zinc, níquel, cobalto, molibdeno, hierro, metales preciosos (grupo platino) y penalizables como arsénico, antimonio y bismuto, está involucrados los colectores y espumantes. Por consiguiente, los factores que afectan la elección de los colectores, son las composiciones de los minerales (sulfuro, oxidado y/o metálico) y sus asociaciones entre sí y de minerales. (Cytec, 2002, p. 105).

La selección de los reactivos esta netamente con el tipo de la mineralización, tamaño y asociación.

#### **2.2.4. Flotación de Molibdenita.**

La molibdenita “tiene hidrofobicidad natural, debido a su estructura laminar, formado por superposiciones de prismas triangulares, esta estructura al fracturarse origina superficies con enlaces desbalanceados muy débil que interaccionan en forma mínima con el agua, incrementado su propiedad de flotabilidad”(Azuñero, 2015, pág. 220).

#### **2.2.5. Separación de Cobre Molibdeno.**

la separación de los minerales de cobre y molibdeno están basado en su estructura superficial, covalencia y su energía, que va permitir su hidrofobicidad por las siguientes razones:

La estructura superficie de la molibdenita, permite a los recolectores interactuar con el átomo de molibdeno, lo que permite la flotación, en un pH. La molibdenita tiene una covalencia relativamente más fuerte, que la interacción del átomo de cobre en la calcocita mejora su ionicidad. La energía superficial de la calcocita es menor que la de molibdenita lo que lo hace hidrofílica, y la molibdenita, alta hidrofobicidad y una mejor flotabilidad, en efectivo la separación (Qin, Wu, J, & Jiao, 2017, pág. 7).

En la separación de los minerales están íntimamente relacionado al tipo de reactivos para la depresión y colección, en nuestro caso los depresores de cobre están al alcance de todos y de menor costo a comparación del molibdeno, pero teniendo en cuenta el molibdeno tiende a oxidarse.

### 2.3. Definiciones Conceptuales.

- a. **Concentración de minerales:** Es el mecanismo de separar minerales de valor comercial por flotación para elevar el grado de calidad (Yanatos, 2005).
- b. **Contenido Metálico:** Es la fracción de un elemento metálico de interés que se encuentra dentro de un conjunto de mineral presente (Azuñero, 2015).
- c. **Ganga:** Es el parte no valioso de los minerales que pueden está compuesto por óxidos de sílice, aluminio, hierro (Barry & Finch, 2016).
- d. **Ley:** Es una forma de representar un elemento dentro de un conjunto de minerales expresados en porcentaje en caso de los polimetálicos y en g/t o oz/t para los metales precisos como el oro y plata (Bulatovic, 2007).
- e. **Mena:** Minerales de interés que tiene valor de estudio o comercial que ingresa a un proceso metalúrgico de concentración o extracción (Barry & Finch, 2016).
- f. **Mineral:** Compuesto inorgánico que se encuentran en la corteza terrestre de formación sedimentaria, metamórficas e ígneas (Ministerio de energía y minas, 2003).
- g. **Minerales sulfurados:** Formado por azufre y uno o más metales durante la formación de la corteza terrestre, como la piritita, calcopiritita, bornita, arsenopiritita, etc (Porras, 1997).
- h. **pH:** Es el grado de concentración del hidrogeno que está dividido en acido menor que 7, neutro 7 y mayor que 7 básico (Daintith, 2008).
- i. **Planta piloto:** Instalación de equipos de producción secuencial a pequeña escala con fines de ajuste de paramento de producción industrial (Quiroz, 1986).
- j. **Planta:** Es la representación de un conjunto de equipos que están instalado secuencialmente con fines de producción de un bien (Porras, 1997).
- k. **Proceso:** Sucesión secuencial de operaciones o fenómenos que tienen por objetivo la producir bienes o servicios (Kelly & Spottiswood, 1990).

## **2.4. Formulación de la Hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis General**

El efecto del tiempo en la cinética de flotación, permitirá obtener una recuperación del molibdeno adecuado a escala de laboratorio – 2019.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

Relacionando el colector y el tiempo de flotación de los componentes que contengan mena de valor de interés, se tendrá una recuperación del molibdeno a nivel experimental en un porcentaje óptimo.

Concerniendo el empleo del espumante en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, se poseerá una calidad del concentrado de molibdeno a nivel experimental en una proporción desmejoro.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Diseño Metodológico**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación.**

En la cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio – 2019, pertenece al tipo de investigación básica, ya que su “objetivos de estudios es conocer los efectos de los actos producidos (...) como técnica para probar sus hipótesis” (Bernal, 2010, pág. 117). En el presente estudio se realizará corridas en el laboratorio, con el propósito de averiguar los efectos del tiempo en la recuperación del molibdeno.

##### **3.1.2. Nivel de Investigación**

En la indagación respecto a la cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio – 2019, tiene el nivel predictivo ya que con los resultados obtenidos permitirá predecir la recuperación mediante los modelos matemáticos cinéticos de flotación(Carrasco, 2005).

##### **3.1.3. Diseño de la investigación.**

Respecto la investigación sobre, Cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio – 2019, es un diseño experimental, “consiste en el tratamiento (...) de una o más variables para observar” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 136). La investigación consiste en manipular las variables independientes con la finalidad de encontrar resultado en la variable dependiente.

#### **3.1.4. Enfoque de la investigación.**

En esta investigación sobre, Cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio – 2019, el estudio pertenece al enfoque cuantitativo, ya que los datos recopilados son numéricas y necesita cuantificas es decir “usa datos recopilados para probar hipótesis, en base a medición numérica y análisis estadístico” (2014, pág. 4). La información cuantitativa de operaciones debe ser respaldado con números cuantitativos.

### **3.2. Población y Muestra**

#### **3.2.1. Población.**

Esta conformado por las afloraciones de las vetas que contienen minerales de molibdeno del distrito de Casma, los que han servido como referencia poblacional para el estudio realizado.

#### **3.2.2. Muestra.**

El componente para el estudio realizado se extrajo de las vetas de afloración cada 25 metros con una profundidad de metro y medio, aproximadamente 200 kg de los cuales se realizaron la fragmentación y su respectivo cuarteo para llegar a 25 kilos que se llevó al laboratorio donde se realizaron el chancado y preparación de la muestra de 2 kilos cada uno para la pruebas de flotación respectivo.

### 3.3. Operacionalización de Variables e Indicadores.

Tabla 1

Operaciones de las variables de estudio.

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
<b>Independiente</b>			
Cinética de flotación	Es la flotación del mineral en una variación del tiempo, es decir va variando a medida que pasa el tiempo, para luego con estos valores predecir la calidad y recuperación de la mena de interés.	Uso de sustancias	- Colector. - Espumante.
<b>Dependiente</b>			
Recuperación	Es el porcentaje obtenido con relación a la que tenías en un universo muestral o mineral que se tenía es decir es la relación matemática lo que tienes con lo que había.	Representación	- Calidad - Recuperación
<b>Intervinientes.</b>			
Vinculantes no controlables	Son las que están inmerso en la concentración de los minerales por espuma, pero no son controlables o se tienen en cuenta en el trabajo.	Características	- Porcentaje de sólido - pH. - Liberación - Agitación. - Periodo

Nota: Distribución de las variables en función a los objetivos planteados.

### **3.4. Técnicas de Recolección de Datos.**

#### **3.4.1. Técnicas a emplear.**

Para la investigación sobre, Cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio - 2019, se emplea la observación experimental directa, ya que la recopilación de la información se realizará a nivel laboratorio es un espacio de tiempo establecidos (Palella & Martins, 2012).

#### **3.4.2. Descripción de los instrumentos.**

En el estudio de investigación sobre, cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno, se emplean un conjunto de instrumentos por recopilar los datos desde la observación como ficha para recopilar datos, libreta de notas para anotar la información, y equipo de cámara de video digital, para registrar fotos, grabaciones y videos.

### **3.5. Técnicas para el procesamiento de la información.**

Por su naturaleza el trabajo sobre, Cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio - 2019, como los resultados son cuantificables por lo es necesario cuantificables se necesitan su interpretación por lo que es necesario emplear el estadístico para su procesamiento de datos, empleando software para optimizar el proceso y su digitalización para ello se usó Excel 2016 para obtener datos en tablas gráficos, etc.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de Resultados.

##### 4.1.1. Condiciones de pruebas de flotación.

Para las pruebas se emplearon una celda de 4,5 l en lo que se alimentó una pulpa con 38% de sólidos de concentrado colectores para recuperar Mo. El concentrado sólido tiene un peso específico de 4,34 y una ley de 0,78% Mo, una masa de 2000 gramos de mineral molido.

##### 4.1.2. Tiempo de Flotación.

El periodo de las pruebas de flotación para las tres pruebas de flotación se realiza de acuerdo el siguiente tiempo descrita en la tabla 2.

*Tabla 2*  
*Tiempo de las pruebas cinéticas de flotación en minutos*

Concentrado	Tiempo de flotación minutos		
N°	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
	0	0	0
C1	1	1	1
C2	1	1,5	2
C3	2	2	2,5
C4	2	2,5	3
C5	4	3	4
C6	4	4	6
C7	8	6	8
C8	8	8	10

### 4.1.3. Resultado de la Flotación.

En la primera prueba de flotación se realizaron una secuencia de 8 concentrados con intervalos de 1 minuto para las dos primeras flotaciones, 2 minutos para las siguientes dos, 4 minutos para los dos siguientes y 8 minutos para los 2 ultimas flotación, lo que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3  
*Resultado de la primera prueba de flotación*

Concentrado	Tiempo flotación (min)	Peso Concentrado g	Ley Mo %
Concentrado 1	1	3,20	49,40
Concentrado 2	1	2,45	44,30
Concentrado 3	2	10,95	15,50
Concentrado 4	2	28,45	11,25
Concentrado 5	4	35,93	8,16
Concentrado 6	4	29,28	4,52
Concentrado 7	8	17,86	0,97
Concentrado 8	8	0,98	0,46

De la tabla 3 concentrado uno se obtuvo 3,20 g con una ley de 49,40%; en el segundo se tiene 2,45 g con ley de 44,30%, tercero 10,95 g con ley de 15,50%; cuarta se tiene 28,45 g con ley de 11,25%; quinto se tiene 35,93 g con ley de 8,16%; sexto 29,28 g con ley de 4,52%, séptima 17,86 g con ley de 0,97% y octavo 0,98 g con ley de 0,46% de Molibdeno respectivamente.

En la segunda prueba de flotación se realizaron una secuencia de 8 concentrados con intervalos de 1 minuto; 1,5 minuto; 2 minuto; 2,5 minuto; 3 minuto; 4minuto; 6minuto; 8 minutos respectivamente como se muestran en la tabla 4.

Tabla 4  
*Resultado de la segunda prueba de flotación*

Concentrado	Tiempo flotación (min)	Peso Concentrado g	Ley Mo %
Concentrado 1	1	2,1	53,36
Concentrado 2	1,5	3,1	44,80
Concentrado 3	2	11,3	22,20
Concentrado 4	2,5	29,7	12,50
Concentrado 5	3	38,1	7,96
Concentrado 6	4	28,9	5,82
Concentrado 7	6	29,8	1,12
Concentrado 8	8	0,58	0,60

De la tabla 4 concentrado uno se obtuvo 2,1 g con una ley de 53,36%; en el segundo se tiene 3,1 g con ley de 44,80%, tercero 11,3 g con ley de 22,20%; cuarta se tiene 29,7 g con ley de 12,50%; quinto se tiene 38,1 g con ley de 7,96%; sexto 28,9 g con ley de 5,82%, séptima 29,8 g con ley de 1,12% y octavo 0,56 g con ley de 0,60% de Molibdeno respectivamente.

En la tercera prueba de flotación se realizaron una secuencia de 8 concentrados con intervalos de 1 minuto; 2 minuto; 2,5 minuto; 3 minuto; 4 minuto; 6 minuto; 8 minuto; 10 minutos respectivamente como se muestran en la tabla 5.

Tabla 5  
*Resultado de la tercera prueba de flotación*

Concentrado	Tiempo flotación (min)	Peso Concentrado g	Ley Mo %
Concentrado 1	1	1,5	49,30
Concentrado 2	2	2,2	46,80
Concentrado 3	2,5	12,2	26,20
Concentrado 4	3	31,9	15,50
Concentrado 5	4	29,6	6,96
Concentrado 6	6	31,5	4,82
Concentrado 7	8	19,7	1,42
Concentrado 8	10	0,76	0,67

De la tabla 5 concentrado uno se obtuvo 1,5 g con una ley de 49,30%; en el segundo se tiene 2,2 g con ley de 46,80%, tercero 12,2 g con ley de 26,2%; cuarta se tiene 31,9 g con ley de 15,50%; quinto se tiene 29,6 g con ley de 6,96%; sexto 31,5 g con ley de 4,82%, séptima 18,7 g con ley de 1,42% y octavo 0,76 g con ley de 0,67% de Molibdeno respectivamente.

#### 4.1.4. Resultados de la cinética de flotación del molibdeno.

##### A. Primera prueba.

Tabla 6

ley de molibdeno en el concentrado en el tiempo primera prueba.

Concentrado	Tiempo flotación (min)		Peso Concentrado (g)		Ley Mo Conc. (%)		Fino Mo Conc. (g)	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
	0	0	0,00	0,0	-	-		
C1	1	1	3,20	3,2	49,40	49,40	1,581	1,58
C2	1	2	2,45	5,7	44,30	47,19	1,085	2,67
C3	2	4	10,95	16,6	15,50	26,29	1,697	4,36
C4	2	6	28,45	45,1	11,25	16,79	3,201	7,56
C5	4	10	35,93	81,0	8,16	12,96	2,932	10,50
C6	4	14	29,28	110,3	4,52	10,72	1,323	11,82
C7	8	22	17,86	128,1	0,97	9,36	0,173	11,99
C8	8	30	0,98	129,1	0,46	9,29	0,005	12,00
Relave				1870,90	0,19	0,19	3,60	15,60
Alimento				2000,00	0,78	0,78	15,60	

En la tabla 6 la calidad del concentrado de molibdeno entre 1 minuto y 6 minutos se tiene una calidad de 49,40% a 11,25% para prueba normal y la acumulada de 49,40% a 16,76% para molibdeno. La ley general del molibdeno en 30 minutos se tiene 2,79% Mo.

Tabla 7

Recuperación de molibdeno en el concentrado en el tiempo primera prueba

Concentrado	Recup. en peso		Recuperación		Ley		K	Rec.	Ley Mo
	(%)		Mo (%)		Relave			Mo	Rel.
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Mo (%)	Rec.	Rel.	Aj. (%)	Aj. (%)
C1	0,16	0,16	10,13	10,13	0,70	0,107	0,000	8,62	0,662
C2	0,12	0,28	6,96	17,09	0,65	0,094	0,040	16,50	0,624
C3	0,55	0,83	10,88	27,97	0,57	0,082	0,054	30,29	0,555
C4	1,42	2,25	20,52	48,49	0,41	0,111	0,089	41,79	0,493
C5	1,80	4,05	18,79	67,28	0,27	0,112	0,097	59,42	0,390
C6	1,46	5,51	8,48	75,77	0,20	0,101	0,090	71,71	0,308
C7	0,89	6,41	1,11	76,88	0,193	0,067	0,059	86,25	0,192
C8	0,05	6,46	0,03	76,90	0,193	0,049	0,043	93,32	0,120
Relave	93,55	100,00	23,10	100,00					
Alimento	100,00		100,00			0,09	0,0397		

En la tabla 7 la recuperación en 30 minutos es de 76,90% respecto a flotación a nivel laboratorio, mientras que con una proyección se tiene 93,32% de Mo y para una ecuación análoga donde el k para la recuperación es de 0,09 y 0,0397 para el relave las ecuaciones para la recuperación y relave es:

Recuperación de Mo

$$R = 100(1 - e^{-kt})$$

$$K_{\text{promedio}} = 0.090$$

$$R = 100(1 - e^{-0.09t})$$

Ley en relave de Mo

$$C = C_0 e^{-kt}$$

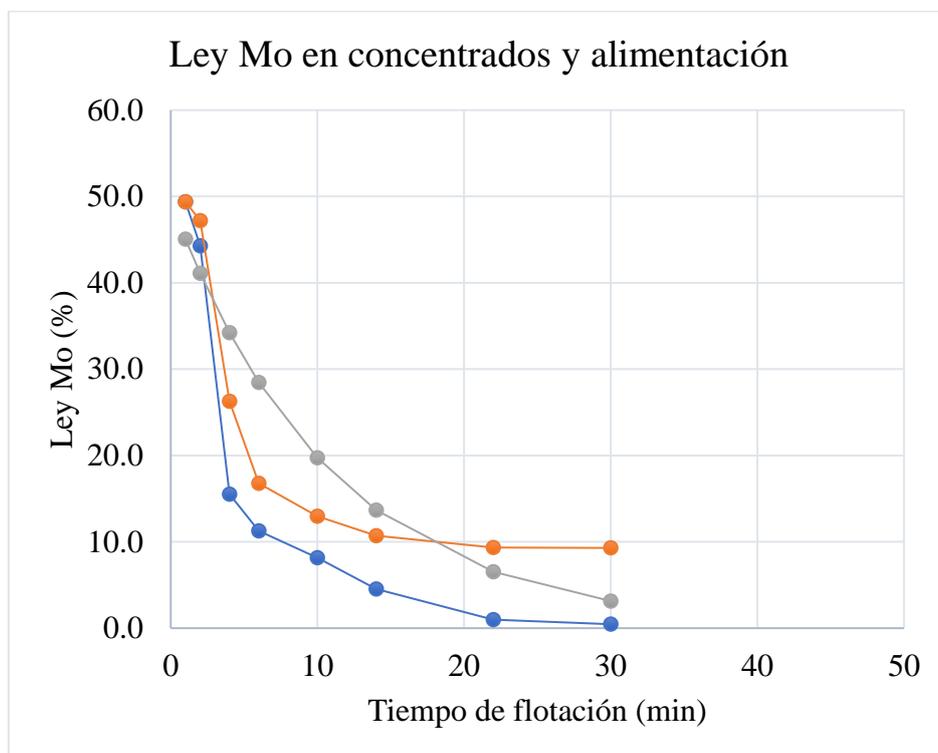
$$K_{\text{promedio}} = 0.0397$$

$$C = 0.70 e^{-0.0397t}$$



b. **Curva de cinética de ley de concentrado del molibdeno segunda prueba.**

Los datos recopilado y procesada se grafica para una visualización de la curva de ley concentrado del molibdeno en sus tres medida flotación en laboratorio, acumulado y proyectado desde el punto de vista analógico.

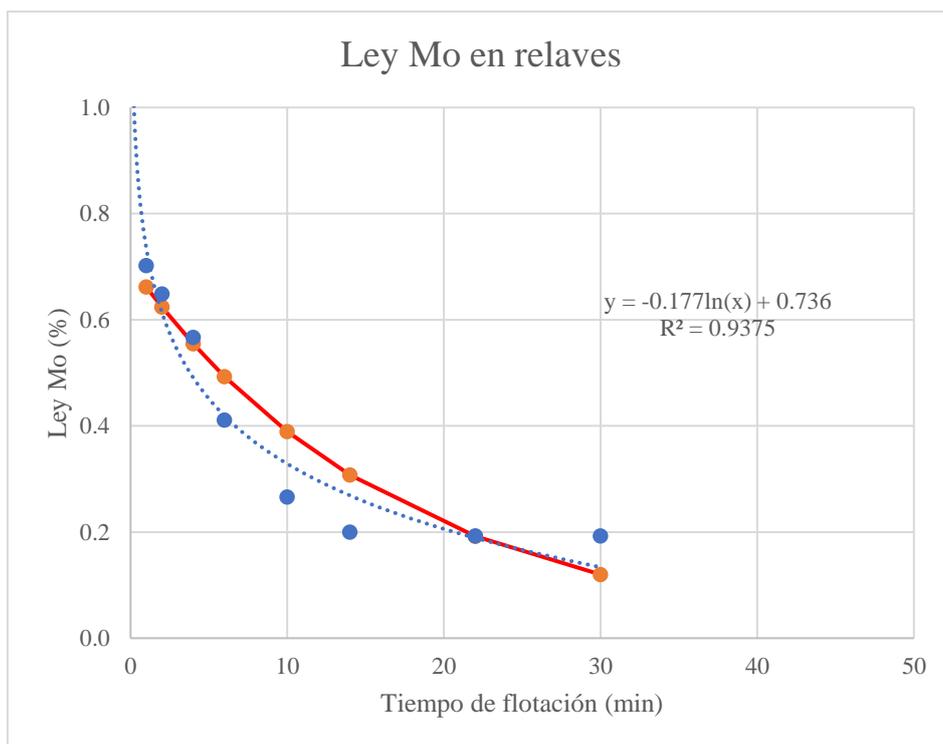


*Figura 2 Curva de la ley de % Mo segunda prueba*

En la figura 2 la curva de ley del concentrado de Mo la curva azul representa concentrado parcial, mientras que la curva roja representa el acumulado de la ley de concentrado, mientras que la curva plomo representa la curva de proyección.

c. **Curva de cinética de ley de relave del molibdeno.**

Los datos recopilado y procesada se grafica para una visualización de la curva de ley relave del molibdeno en sus tres medida flotación en laboratorio, proyectado logarítmica lineal y proyectado desde el punto de vista analógico.



*Figura 3 curva de la ley de Mo en el relave*

En la figura 3 la curva de ley de Mo en relave los puntos azules representan la ley del Mo en las pruebas experimentales, mientras que la línea azul representa la proyección representada por  $R = -0,177\ln(x) + 0,736$ , con  $R^2=0,9375$ , mientras que la curva roja representa la recuperación en función a la ecuación analógica  $C=0.70e^{-0.0397t}$ .

**B. Segunda prueba.**

Tabla 8

Ley de molibdeno en el concentrado en la segunda prueba.

Concentrado	Tiempo flotación (min)		Peso Concentrado (g)		Ley Mo Conc. (%)		Fino Mo Conc. (g)	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
	0	0	0,0	0,0	-	-		
C1	1	1	2,1	2,1	53,36	53,36	1,121	1,12
C2	1,5	2,5	3,1	5,2	44,80	48,26	1,389	2,51
C3	2	4,5	11,3	16,5	22,20	30,41	2,509	5,02
C4	2,5	7	29,7	46,2	12,50	18,90	3,713	8,73
C5	3	10	38,1	84,3	7,96	13,95	3,033	11,76
C6	4	14	28,9	113,2	5,82	11,88	1,682	13,45
C7	6	20	29,8	143,0	1,12	9,64	0,334	13,78
C8	8	28	0,58	143,6	0,60	9,60	0,003	13,78
Relave				1856,4	0,10	0,10	1,818	15,60
Alimento				2000,0	0,78	0,78	15,600	

En la tabla 8 la calidad del concentrado de molibdeno entre 1 minuto y 7 minutos se tiene una calidad de 53,53% a 12,50% para prueba normal y la acumulada de 53,53% a 18,90% para molibdeno. La ley general del molibdeno en 28 minutos se tiene 1,27% Mo.

Tabla 9

## Recuperación de molibdeno en la segunda prueba

Concentrado	Recup. en peso		Recuperación		Ley		K	Rec.	Ley Mo
	(%)		Mo (%)		Relave			Mo	Rel.
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Mo (%)	Rec.	Rel.	Aj. (%)	Aj. (%)
C1	0,11	0,11	7,18	7,18	0,72	0,07	0,0000	9,67	0,669
C2	0,16	0,26	8,90	16,09	0,66	0,07	0,0397	22,46	0,593
C3	0,57	0,83	16,08	32,17	0,53	0,09	0,0681	36,74	0,505
C4	1,49	2,31	23,80	55,96	0,35	0,12	0,1033	50,94	0,413
C5	1,91	4,22	19,44	75,41	0,20	0,14	0,1286	63,85	0,324
C6	1,45	5,66	10,78	86,19	0,11	0,14	0,1320	75,93	0,235
C7	1,49	7,15	2,14	88,33	0,10	0,11	0,1000	86,93	0,145
C8	0,03	7,18	0,02	88,35	0,10	0,08	0,0715	94,21	0,076
Relave	92,82	100,0	11,65	100,00					
Alimento	100,00		100,00			0,102	0,080		

En la tabla 9 la recuperación en 28 minutos es de 88,35% respecto a flotación a nivel laboratorio, mientras que con una proyección se tiene 94,21% de Mo y para una ecuación análoga donde el k para la recuperación es de 0,102 y 0,008 para el relave las ecuaciones para la recuperación y relave es:

Recuperación de Mo

$$R = 100(1 - e^{-kt})$$

$$K_{\text{promedio}} = 1.102$$

$$R = 100(1 - e^{-1.102t})$$

Ley en relave de Mo

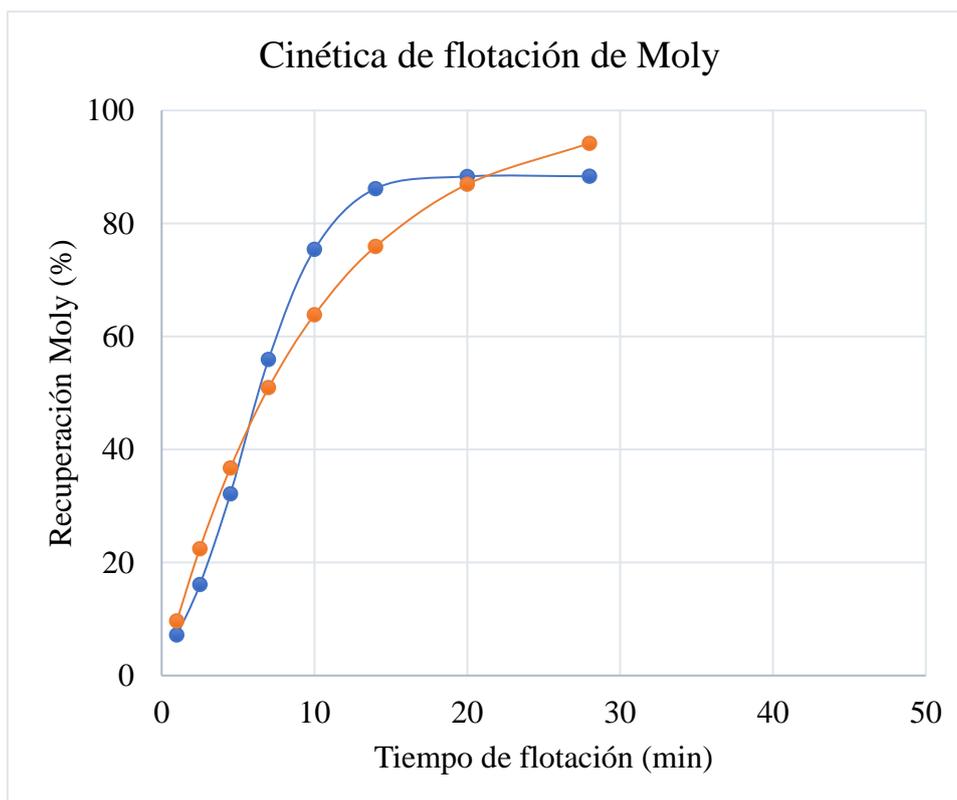
$$C = C_0 e^{-kt}$$

$$K_{\text{promedio}} = 0.080$$

$$C = 0.72e^{-0.080t}$$

a. **Curva de cinética de recuperación del molibdeno segunda prueba.**

Los datos recopilado y procesada de la segunda prueba se grafica para una visualización de la curva de recuperación del molibdeno en sus dos medida flotación en laboratorio y exponencial desde el punto de vista analógico.

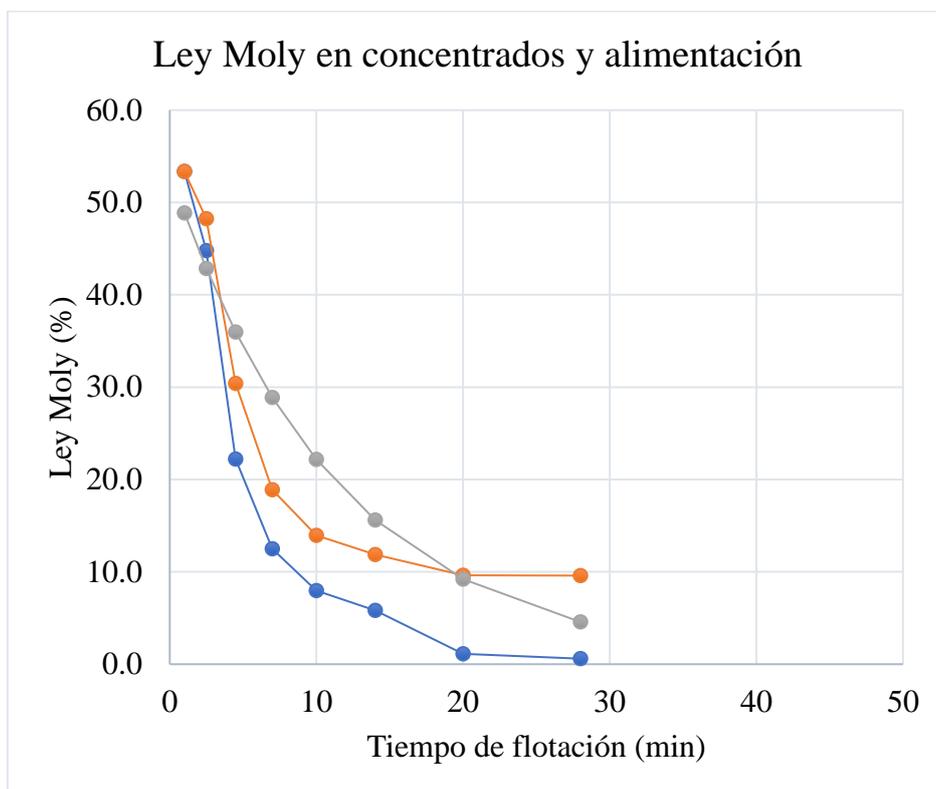


*Figura 4 Curva de recuperación de Mo primera segunda flotación*

En la figura 4 la curva de recuperación los puntos azules representan la recuperación del Mo en las pruebas experimentales, mientras que la curva roja representa la recuperación en función a la ecuación analógico  $R = 100(1 - e^{-1.102t})$ .

b. **Curva de cinética de ley de concentrado del molibdeno segunda prueba.**

Los datos recopilado y procesada se grafica de la segunda prueba para una visualización de la curva de ley concentrado del molibdeno en sus tres medida flotación en laboratorio, acumulado y proyectado desde el punto de vista analógico.

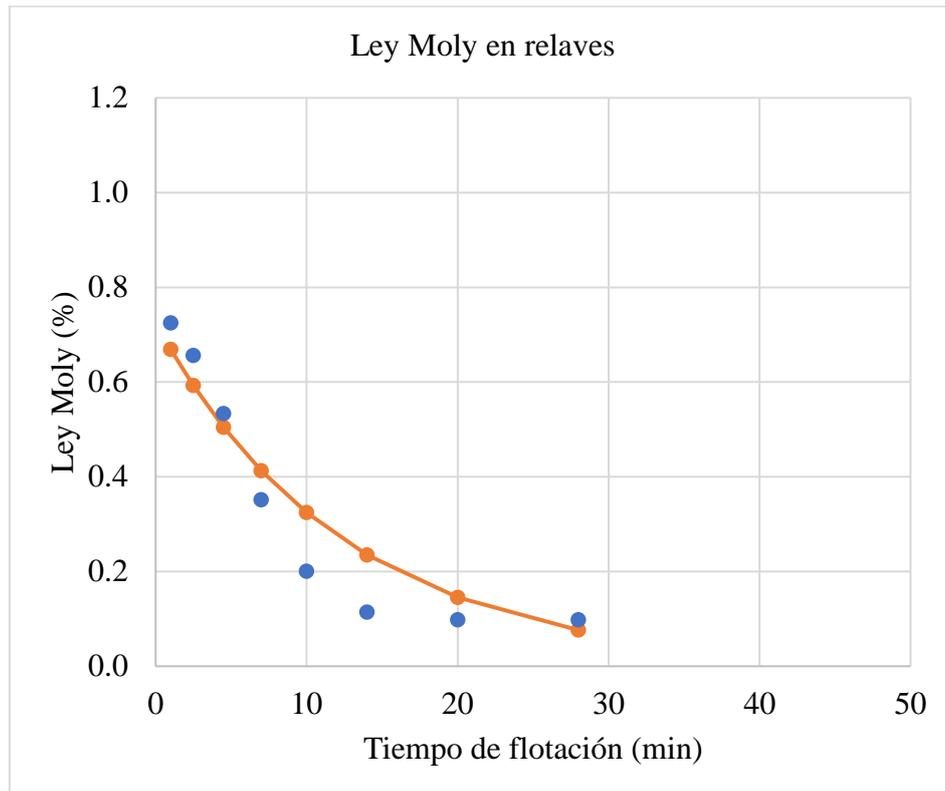


*Figura 5 Curva de la ley de % Mo segunda prueba*

En la figura 5 la curva de ley del concentrado de Mo la curva azul representa concentrado parcial, mientras que la curva naranja representa el acumulado de la ley de concentrado, mientras que la curva plomo representa la curva de proyección.

c. **Curva de cinética de ley de relave del molibdeno segunda prueba.**

Los datos recopilado y procesada se grafica para la segunda prueba para una visualización de la curva de ley relave del molibdeno en sus tres medida flotación en laboratorio y proyectado desde el punto de vista analógico.



*Figura 6 curva de la ley de Mo en el relave segunda prueba*

En la figura 6 la curva de ley de Mo en relave los puntos azules representan la ley del Mo en las pruebas experimentales, mientras que la curva naranja representa la recuperación en función a la ecuación analógica  $C=0.72e^{-0.080t}$ .

### C. Tercera prueba.

Tabla 10

Ley de molibdeno en el concentrado en la tercera prueba.

Concentrado	Tiempo flotación (min)		Peso Concentrado (g)		Ley Mo Conc. (%)		Fino Mo Conc. (g)	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
	0	0	0,0	0,0	-	-		
C1	1	1	1,5	1,5	49,30	49,30	0,74	0,74
C2	2	3	2,2	3,7	46,80	47,81	1,03	1,77
C3	2,5	5,5	12,2	15,9	26,20	31,23	3,20	4,97
C4	3	8,5	31,9	47,8	15,50	20,73	4,94	9,91
C5	4	12,5	29,6	77,4	6,96	15,47	2,06	11,97
C6	6	18,5	31,5	108,9	4,82	12,39	1,52	13,49
C7	8	26,5	19,7	128,6	1,42	10,71	0,28	13,77
C8	10	36,5	0,76	129,4	0,67	10,65	0,01	13,77
Relave				1870,6	0,10	0,10	1,83	15,60
Alimento				2000,0	0,78	0,78	15,60	

En la tabla 10 la calidad del concentrado de molibdeno entre 1 minuto y 8,5 minutos se tiene una calidad de 49,30% a 15,50% para prueba normal y la acumulada de 49,30% a 20,73% para molibdeno. La ley general del molibdeno en 36,5 minutos se tiene 1,41% Mo.

Tabla 11

## Recuperación de molibdeno en la tercera prueba

Concentrado	Recup. en peso		Recuperación		Ley	K	Rec.	Ley Mo	
	(%)		Mo (%)		Relave		Mo	Rel.	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.	Mo (%)	Rec.	Rel.	Aj. (%)	Aj. (%)
C1	0,08	0,08	4,74	4,74	0,74	0,05	0,0000	7,70	0,695
C2	0,11	0,19	6,60	11,34	0,69	0,04	0,0236	21,38	0,608
C3	0,61	0,80	20,49	31,83	0,54	0,07	0,0595	35,66	0,514
C4	1,60	2,39	31,70	63,53	0,29	0,12	0,1102	49,41	0,420
C5	1,48	3,87	13,21	76,73	0,19	0,12	0,1097	63,29	0,321
C6	1,58	5,45	9,73	86,46	0,11	0,11	0,1025	77,31	0,215
C7	0,99	6,43	1,79	88,26	0,10	0,08	0,0765	88,05	0,125
C8	0,04	6,47	0,03	88,29	0,10	0,06	0,0556	94,64	0,064
Relave	93,53	100,00	11,71	100,00					
Alimento	100,00		100,00			0,080	0,067		

En la tabla 11 la recuperación en 36,5 minutos es de 88,29% respecto a flotación a nivel laboratorio, mientras que con una proyección se tiene 94,64% de Mo y para una ecuación analógico donde el k para la recuperación es de 0,080 y 0,067 para el relave las ecuaciones para la recuperación y relave es:

Recuperación de Mo

$$R = 100(1 - e^{-kt})$$

$$K_{\text{promedio}} = 0,080$$

$$R = 100(1 - e^{-0,080t})$$

Ley en relave de Mo

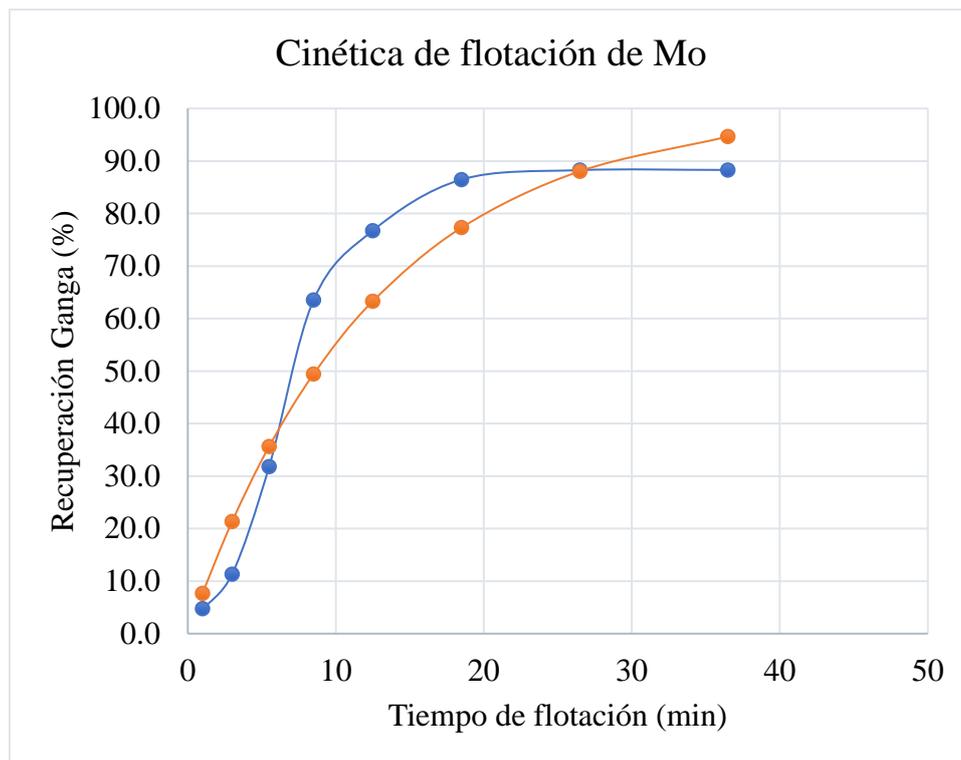
$$C = C_0 e^{-kt}$$

$$K_{\text{promedio}} = 0,067$$

$$C = 0,74 e^{-0,067t}$$

a. **Curva de cinética de recuperación del molibdeno tercera prueba.**

Los datos recopilado y procesada de la tercera prueba se grafica para una visualización de la curva de recuperación del molibdeno en sus dos medida flotación en laboratorio y exponencial desde el punto de vista analógico.

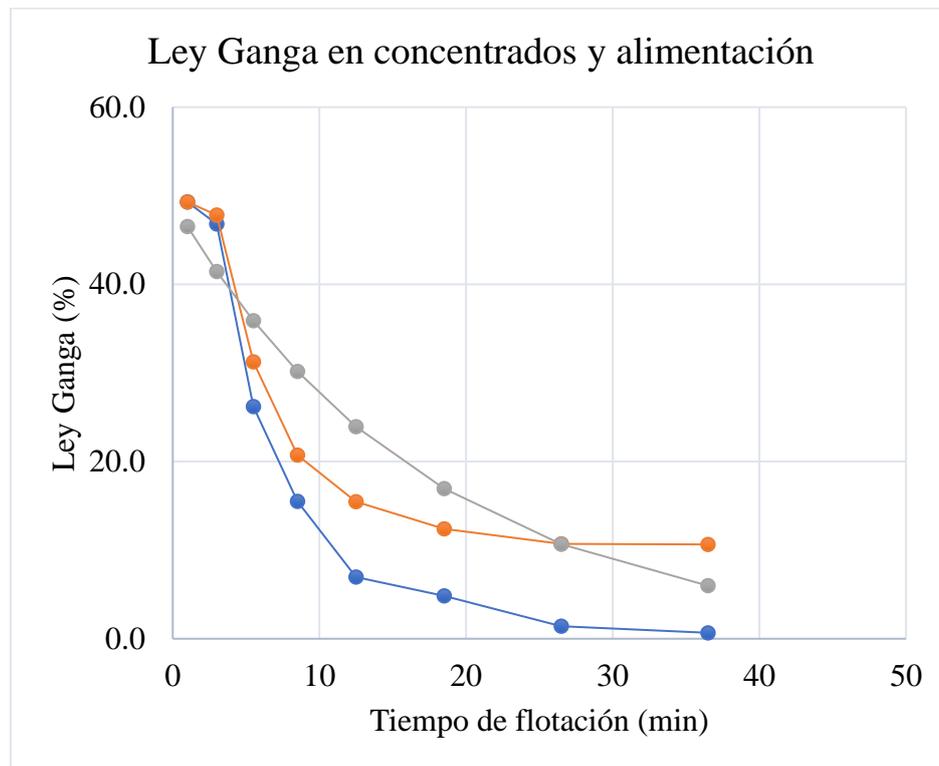


*Figura 7 Curva de recuperación de Mo primera segunda flotación*

En la figura 5 la curva de recuperación los puntos azules representan la recuperación del Mo en las pruebas experimentales, mientras que la curva roja representa la recuperación en función a la ecuación analógico  $R = 100(1 - e^{-0.080t})$ .

b. **Curva de cinética de ley de concentrado del molibdeno tercera prueba.**

Los datos recopilado y procesada se grafica para una visualización de la curva de ley concentrado del molibdeno en sus tres medida flotación en laboratorio, acumulado y proyectado desde el punto de vista analógico.

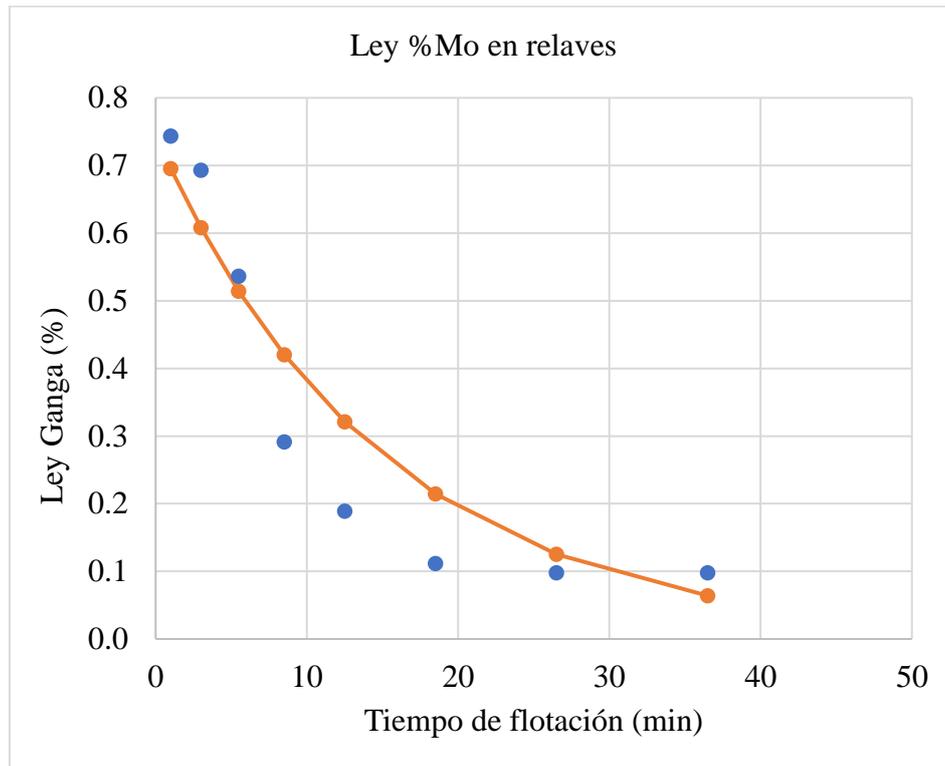


*Figura 8 Curva de la ley de % Mo tercera prueba*

En la figura 8 la curva de ley del concentrado de Mo la curva azul representa concentrado parcial, mientras que la curva naranja representa el acumulado de la ley de concentrado, mientras que la curva plomo representa la curva de proyección.

c. **Curva de cinética de ley de relave del molibdeno de la tercera prueba.**

Los datos recopilado y procesada se grafica de la tercera prueba para una visualización de la curva de ley relave del molibdeno en sus dos medida flotación en laboratorio y proyectado desde el punto de vista analógico.



*Figura 9 curva de la ley de Mo en el relave tercera prueba*

En la figura 9 la curva de ley de Mo en relave los puntos azules representan la ley del Mo en las pruebas experimentales, mientras que la curva naranja representa la recuperación en función a la ecuación analógica  $C=0.74e^{-0.067t}$ .

## 4.2. Contrastación de Hipótesis.

En la contratación de la hipótesis se tiene la hipótesis de investigación y la hipótesis nula para su contrastación de analizar los resultados de las pruebas de flotación realizados en las tres pruebas.

### a. Hipótesis investigación.

El efecto del tiempo en la cinética de flotación, permitirá obtener una recuperación del molibdeno adecuado a escala de laboratorio – 2019.

### b. Hipótesis nula

El efecto del tiempo en la cinética de flotación, no permitirá obtener una recuperación del molibdeno adecuado a escala de laboratorio – 2019.

En la tabla 7 para la primera prueba la recuperación del molibdeno con el transcurso de tiempo tiende a incrementar llegando al 76,90% de las pruebas realizados y con ajuste por modelo matemático analógico se llega a una recuperación del 93,32% de Mo, consolidado la recuperación del Mo en las curvas de la recuperación en la figura 1.

En la tabla 9 para la segunda prueba la recuperación del molibdeno con el transcurso de tiempo tiende a incrementar llegando al 88,35% de las pruebas realizados y con ajuste por modelo matemático analógico se llega a una recuperación del 94,21% de Mo, aseverando el incremento de la recuperación en las curvas de la recuperación en la figura 4.

En la tabla 11 para la segunda prueba la recuperación del molibdeno con el transcurso de tiempo tiende a incrementar llegando al 88,29% de las pruebas realizados y con ajuste por modelo matemático analógico se llega a una recuperación del 94,64% de Mo, aseverando el incremento de la recuperación en las curvas de la recuperación en la figura 7.

La tesis de la investigación es validad por lo que se descarta la hipótesis nula.

## CAPITULO V

### DISCUSIONES

#### 5.1.Discusiones.

En cuanto a la investigación sobre, cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio, tiene una recolección de las muestras en 8 etapas cada uno a diferentes tiempos en tres pruebas.

*Tabla 12 Recuperación, calidad y relave primera prueba*

N°	Tiempo		%Mo (en las pruebas)			%Mo (proyectadas)		
	Minutos	Concentrado	Recup.	Relave	Concentrado	Recup.	Relave	
C1	1,0	49,40	10,13	0,70	45,07	8,62	0,662	
C2	2,0	47,19	17,09	0,65	41,11	16,50	0,624	
C3	4,0	26,29	27,97	0,57	34,21	30,29	0,555	
C4	6,0	16,79	48,49	0,41	28,47	41,79	0,493	
C5	10,0	12,96	67,28	0,27	19,72	59,42	0,390	
C6	14,0	10,72	75,77	0,20	13,66	71,71	0,308	
C7	22,0	9,36	76,88	0,19	6,55	86,25	0,192	
C8	30,0	9,29	76,90	0,19	3,14	93,32	0,120	

De la tabla 12 la recuperación en la cinética de flotación en la primera prueba se tiene una calidad fluctuante de una calidad entre 49,40% a 9,29% de Mo en un espacio de 1 a 30 minutos, con una recuperación total de 76,90% de Mo, el relave final es de 0.19%. En la proyección la calidad de concentrado es de 45,07% a 3,14% con una recuperación total de 93,32% y un relave de 0,12% en un tiempo de 30 minutos.

Si se tiene un tiempo de 14 minutos se calidad estaría en 10,72% con una recuperación de 75,77% con un relave de 0,20% de Mo, si se proyecta se tiene 13,66% de calidad con una recuperación de 71,71% y relave de 0,192%.

*Tabla 13 Recuperación, calidad y relave segunda prueba*

N°	Tiempo		%Mo (en las pruebas)			%Mo (proyectadas)		
	Minutos	Concentrado	Recup.	Relave	Concentrado	Recup.	Relave	
C1	1,0	53,36	7,18	0,72	48,88	9,67	0,669	
C2	2,5	48,26	16,09	0,66	42,85	22,46	0,593	
C3	4,5	30,41	32,17	0,53	35,96	36,74	0,505	
C4	7,0	18,90	55,96	0,35	28,88	50,94	0,413	
C5	10,0	13,95	75,41	0,20	22,20	63,85	0,324	
C6	14,0	11,88	86,19	0,11	15,63	75,93	0,235	
C7	20,0	9,64	88,33	0,10	9,23	86,93	0,145	
C8	28,0	9,60	88,35	0,10	4,58	94,21	0,076	

De la tabla 13 la recuperación en la cinética de flotación en la segunda prueba se tiene una calidad fluctuante de una calidad entre 53,36% a 9,60% de Mo en un espacio de 1 a 28 minutos, con una recuperación de total de 88,35% de Mo, el relave final es de 0.1%. En la proyección la calidad de concentrado es de 26,45% con una recuperación de 94,21% y un relave de 0,076% en un tiempo de 30 minutos.

Si se tiene un tiempo de 14 minutos se calidad estaría en 11,88% con una recuperación de 86,19% con un relave de 0,11% de Mo, si se proyecta se tiene 15,63% de calidad con una recuperación de 75,93% y relave de 0,235%.

*Tabla 14 Recuperación, calidad y relave tercera prueba*

N°	Tiempo		%Mo (en las pruebas)			%Mo (proyectadas)		
	Minutos	Concentrado	Recup.	Relave	Concentrado	Recup.	Relave	
C1	1,0	49,30	4,74	0,74	46,53	7,70	0,695	
C2	3,0	47,81	11,34	0,69	41,46	21,38	0,608	
C3	5,5	31,23	31,83	0,54	35,88	35,66	0,514	
C4	8,5	20,73	63,53	0,29	30,17	49,41	0,420	
	10	16,75	72,68	0,22	26,87	57,45	0,37	
C5	12,5	15,47	76,73	0,19	23,95	63,29	0,321	
	14	14,70	79,16	0,17	22,19	66,79	0,29	
C6	18,5	12,39	86,46	0,11	16,93	77,31	0,215	
C7	26,5	10,71	88,26	0,10	10,67	88,05	0,125	
C8	36,5	10,65	88,29	0,10	5,99	94,64	0,064	

De la tabla 14 la recuperación en la cinética de flotación en la tercera prueba se tiene una calidad fluctuante de una calidad entre 49,30% a 9,29% de Mo en un espacio de 1 a 36,5 minutos, con una recuperación de 76,90% de Mo, el relave final es de 0.1%. En la proyección la calidad de concentrado es de 27,67% con una recuperación de 94,64% y un relave de 0,064% en un tiempo de 30 minutos.

Si se tiene un tiempo de 14 minutos se calidad estaría en 14,70% con una recuperación de 79,16% con un relave de 0,17% de Mo, si se proyecta se tiene 22,19% de calidad con una recuperación de 66,79% y relave de 0,29%.

Por otra parte, para (Rubilar, 2014) para una calidad superior de 48% Mo debe tener un ley de cabeza 0.21% y el tiempo de acondicionamiento debe incrementar, mientras que (Correa, 2019) la presencia de calcio magnesio en aguas de mar deprimen y se tiene una baja

recuperación y la presencia del material fino que retorna sobrecarga lo que se pierde. Para (Lobos, 2015) la presencia del oxígeno se genera alto consumo de NaSH por lo que es necesario bajar el flujo del gas nitrógeno o incrementar el potencial de la pulpa. Para una calidad y recuperación de cobre se debe usar KAX y A-208 (Suarez, 2019). Para en la recuperación de minerales se debe considerar tamaño de partícula, tiempo de flotación y la dosificación de los reactivos (Villegas & Castillo, 2019). En la recuperación de pirita se debe tener en cuenta pH, colector y espumante y las tres etapas de flotación (Valderrama, y otros, 2019). La mejor flotabilidad de la pirita se da con el uso de A-404, a pH de 5-8 y con una deducción superior a 80% (Valderrama, Zazzali, Chamorro, & Santander, 2015).. En la concentración de molibdeno no afecta el N<sub>2</sub> en la flotación y reduce el consumo de NASH ( Solano, Villavicencio, & Vela, 2019).

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1.Conclusiones.

En el trabajo realizado respecto la cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio de acuerdo los objetivos trazados se llegaron a las siguientes conclusiones:

Con el transcurso del tiempo se incrementa la recuperación del molibdeno en las pruebas experimentales, incrementándose con las proyecciones de acuerdo el método analógico sustentado en las tres pruebas realizados con un coeficiente de correlación superior a  $r=0,968$  ( $R^2=0,938$ ) ver figura 1, 4 y 7.

En relación colector tiempo la recuperación de molibdeno se puede obtener en un periodo de tiempo de 10 minuto una recuperación amena, pero si se incrementa el tiempo a 14 minutos se tendría una recuperación dentro de los parámetros que se obtienen a nivel industrial ver Figura 2, 5, 8.

La calidad del concentrado de molibdeno se puede obtener en un periodo de tiempo de 10 minuto optimo, con una pérdida de 0,37%, pero si se incrementa el tiempo a 14 minutos se tendría una calidad satisfactoria dentro de los parámetros que se obtienen a nivel industrial, con una pérdida de 0,29% Mo Figura 3, 6, 9.

Por lo que se tiene una curva de recuperación creciente en el tiempo, pero cuando se ve desde la calidad del concentrado tiene una calidad satisfactorio y recuperación dentro de los parámetros, pero se tiene un alto ley de Mo en el relave que se está perdiendo.

## **6.2.Recomendaciones.**

En el trabajo realizado respecto a la cinética de flotación para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratorio viendo los resultados obtenidos y sus análisis se recomienda.

Para disminuir la pérdida en el relave se debe realizar una prueba de flotación en función de la liberación.

Ver el efecto del oxígeno que podría estar efectuando la oxidación de las partículas por ende se esté perdiendo en el relave.

Estudiar el efecto del pH para mejorar la flotación del Mo en que rango podría mejorar la recuperación y calidad, por otra parte, el potencial de la pulpa que podría estar efectuando en la flotación.

Tener en cuenta en un periodo más corta para elevar la calidad del concentrado y incrementar la extracción de las espumas para mejorar la recuperación.

## REFERENCIAS

### 5.1. Fuentes Bibliográficas

- Solano, W., Villavicencio, M., & Vela, A. (08 de 01 de 2019). *Evaluación de un procedimiento para la reducción del uso de NaSH en la separación de la molibdenita utilizando gas de nitrógeno*. Obtenido de SciELO México: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432019000200010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432019000200010&script=sci_arttext)
- Arana, R. (2019). Alternativa verde para la flotación de minerales sulfurados de cobre mediante el uso de un líquido iónico y reactivos orgánicos naturales. *Grado académico de Magister en Química*. Pontifica Univesidad Catolica del Perú, Lima. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15027/ARANA\\_BAUTISTA\\_RITA\\_ALTERNATIVA\\_VERDE\\_FLOTACI%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15027/ARANA_BAUTISTA_RITA_ALTERNATIVA_VERDE_FLOTACI%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arévalo, A., & Contreras, A. (2006). *Concentración por flotación de feldespatos, mica y cuarzo a partir de los gneises del área de Bejuma. Estado Carabobo*. Caracaz.
- Azuñero, A. (2015). *Flotación y Concentración de minerales*. Lima: Editorial colecciones Jovic.
- Barry, W., & Finch, J. (2016). *Mineral Processing Technology*. Montréal: Elsevier Science & Technology Books.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Chía: Pearson.
- Brañes, H. (2005). *Flotación Experimental de Minerales Polimetálicos*. Minas de Volcán S.A.A.
- Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents*. Elsevier Science & Technology Books.
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

- Castillo, K., & Chavez, Y. (2012). Crecimiento de la tasa de recuperación de los minerales de plomo, zinc y plata en la etapa de concentración de minerales de la mina volcan SAA. *Titulo*. Universidad de trujillo, Trujillo.
- Correa, A. (2019). Análisis sobre pérdidas de molibdenita en circuito colectivo en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi. *Título de Ingeniero Civil Metalúrgico*. Universidad de Concepción, Concepción. Obtenido de [http://18.216.3.152/bitstream/handle/11594/3500/Tesis\\_Analisis\\_sobre\\_perdidas\\_de\\_molibdenita.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://18.216.3.152/bitstream/handle/11594/3500/Tesis_Analisis_sobre_perdidas_de_molibdenita.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cytec. (2002). *Manual de productos químicos para minería*. Cytec Industries Inc.
- Daintith, J. (2008). *A Dictionary of Chemistry*. New York: Press.
- Drzymala, J. (2007). *Mineral Processing*. Wroclaw: Wroclaw University of Technology.
- Edwin, A. (2015). Evaluación metalúrgica a los minerales sulfurados para mejorar la recuperación de sus concentrados en la planta concentradora San Expedito – Cerro S.A.C. - 2015. *Titulo*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- Fernandez, C. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill .
- Gupta, A., & Yan, D. (2007). *Mineral Processing Design and Operation an Introduction*. Perth: Elsevier.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta edición ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill.
- Holguin, A. (2016). Evaluación metalúrgica del proceso de flotación en la compañía minera Sonaje S.A.C. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de

[http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2675/IMhohaa.pdf?sequence=1  
&isAllowed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2675/IMhohaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Horna, J. (2006). Proyecto de implementación de celdas ok-160 en flotacion rougher arenas planta concentradora cuajone. *Titulo* . Universidad nacional de ingeniería, Lima.

Instituto Tecnológico Geominero de España. (1992). *Panorama minero iberoamericano*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.

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

Lobos, P. (2015). Evaluación del uso de NASH en el circuito de flotación selectiva de molibdeno de los Pelambres. *Ingeniero Civil quimico*. Universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137468/Evaluacion-del-uso-de-NaSH-en-el-circuito-de-flotacion-selectiva-de-molibdeno.pdf?sequence=1>

Ministerio de energía y minas. (2003). *Glosario tecnico minero*. Bogota: INGEOMINAS.

Novoa, G., & Vargas, L. (2013). Variables y propiedades que influyen en el proceso de flotación. *Titulo*. Universidad catolica del norte, Antofagasta. Obtenido de [https://www.academia.edu/14081794/VARIABLES\\_Y\\_PROPIEDADES\\_QUE\\_INFLUYEN\\_EN\\_EL\\_PROCESO\\_DE\\_FLOTACION](https://www.academia.edu/14081794/VARIABLES_Y_PROPIEDADES_QUE_INFLUYEN_EN_EL_PROCESO_DE_FLOTACION)

Parella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: FEDUPEL.

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

Qin, W., Wu, J., & Jiao, F. (2017). *Mechanism study on flotation separation of molybdenite from chalcocite using thioglycolic acid as depressant*. Changsha: Elsevier .

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

- Rubilar, R. (2014). Optimización en la recuperación metalúrgica de molibdeno, planta II las Tórtolas. *Título de ingeniero civil en metalurgia extractiva*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. Obtenido de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-5500/UCE5921\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCE5921_01.pdf)
- Suarez, J. (2019). Tratamiento de minerales sulfurados con presencia de caolinita por flotación para la concentración de menas de cobre. *Ingeniero Metalúrgico*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3146/SUAREZ%20VERA%20JUAN%20RAUL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción.
- Valderrama, L., Zazzali, B., Chamorro, J., & Santander, M. (2015). *Desulfuración de relave mediante la flotación de sulfuros de hierro*. Obtenido de Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547290018.pdf>
- Valderrama, L., Pavez, O., Santander, M., Rivera, A., Guzmán, A., & Soliz, A. (2019). *Flotación de piritita contenida en los relaves de una planta concentradora de cobre de la región de Atacama*. Obtenido de Revista Latino Americana Metalurgia Materiales: <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/1007>
- Villegas, E., & Castillo, J. (2019). Evaluación metalúrgica a los minerales sulfurados para la recuperación de plomo, zinc en la minera Azulcocha en Yauyos - Lima - 2019. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco. Obtenido de [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1405/1/T026\\_71000882\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1405/1/T026_71000882_T.pdf)
- Yanatos, J. (2005). *Flotación de minerales*. Santiago: Universidad técnica federico santa maria.

# **ANEXOS**

## 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

*Anexo 1 Matriz de consistencia general*

Titulo	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
	Generales	General	General	Independiente	
“ CINÉTICA DE FLOTACIÓN PARA PREDECIR LA RECUPERACIÓN DEL MOLIBDENO A NIVEL LABORATIO - 2019”	¿Sara posible el efecto de la cinética de flotación, para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratio – 2019?	Analizar y cuantificar el efecto de la cinética de flotación, para predecir la recuperación del molibdeno a nivel laboratio – 2019.	Efectuando un periodo adecuado de la cinética de flotación, se tendrá una recuperación del molibdeno en el tiempo a nivel laboratio – 2019.	Cinética de flotación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colector.</li> <li>• Espumante.</li> </ul>

*Anexo 2 Matriz de consistencia específico*

Titulo	Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Depend.	Indicad.
<p style="text-align: center;">“ CINÉTICA DE FLOTACIÓN PARA PREDECIR LA RECUPERACIÓN DEL MOLIBDENO A NIVEL LABORATIO - 2019”</p>	<p>- ¿Tendrá efecto el colector en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, en la recuperación del molibdeno a nivel experimental en un porcentaje optimo?</p>	<p>- Interpretar el efecto del colector en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, en la recuperación del molibdeno a nivel experimental en un porcentaje óptimo.</p>	<p>- Relacionando el colector en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, se tendrá una recuperación del molibdeno a nivel experimental en un porcentaje óptimo.</p>	<p style="text-align: center;">- Recuperación</p>	<p>- Calidad - Recuperación</p>
	<p>- ¿Habrà un efecto del espumante en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, en la calidad del concentrado de molibdeno a nivel experimental en una proporción desmejoro?</p>	<p>- Analizar el efecto del espumante en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, en la calidad del concentrado de molibdeno a nivel experimental en una proporción desmejoro.</p>	<p>- Concerniendo el empleo del espumante en el tiempo de flotación de los minerales que contengan valores de mena, se poseerá una calidad del concentrado de molibdeno a nivel experimental en una proporción desmejoro.</p>		

## 02 INSTRUMENTOS PARA LA TOMA DE DATOS

### *Anexo 3 Toma de datos de ley*

Concentrado	Tiempo flotación (min)		Peso Concentrado (g)	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
	0	0	0,00	0,0
C1	1	1	3,20	3,2
C2	1	2	2,45	5,7
C3	2	4	10,95	16,6
C4	2	6	28,45	45,1
C5	4	10	35,93	81,0
C6	4	14	29,28	110,3
C7	8	22	17,86	128,1
C8	8	30	0,98	129,1

Concentrado	Tiempo flotación (min)		Peso Concentrado (g)	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
	0	0	0,0	0,0
C1	1	1	2,1	2,1
C2	1,5	2,5	3,1	5,2
C3	2	4,5	11,3	16,5
C4	2,5	7	29,7	46,2
C5	3	10	38,1	84,3
C6	4	14	28,9	113,2
C7	6	20	29,8	143,0
C8	8	28	0,58	143,6

Concentrado	Tiempo flotación (min)		Peso Concentrado (g)	
	Parcial	Acum.	Parcial	Acum.
	0	0	0,0	0,0
C1	1	1	1,5	1,5
C2	2	3	2,2	3,7
C3	2,5	5,5	12,2	15,9
C4	3	8,5	31,9	47,8
C5	4	12,5	29,6	77,4
C6	6	18,5	31,5	108,9
C7	8	26,5	19,7	128,6
C8	10	36,5	0,76	129,4

Anexo 4 Toma de dosificación de reactivo en la prueba de flotación

Reactivo	mL	kg/t
Z - 11		
MIBC		

Anexo 5 Localización del CiyDTM

