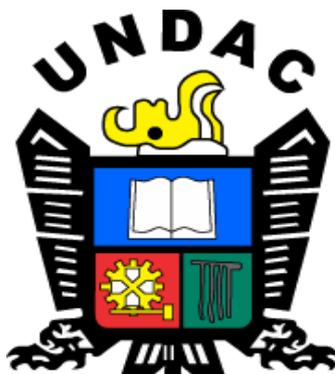


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**METALÚRGICA**



**TESIS**

**Influencia del cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la  
recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk - Unidad Minera el Porvenir -  
Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco - 2019**

**Para optar el título profesional de:**

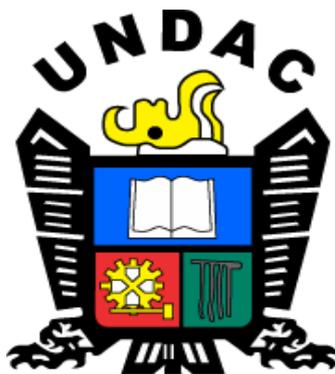
**Ingeniero Metalurgista**

**Autor: Bach. José Antonio QUISPE PONCE**

**Asesor: Mg. Jonás Ananías RAMOS MARTINEZ**

**Cerro de Pasco – Perú – 2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**METALÚRGICA**



**TESIS**

**Influencia del cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la  
recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk - Unidad Minera el Porvenir -  
Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco - 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Ramiro SIUCE BONIFACIO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Manuel Antonio HUAMAN DE LA CRUZ**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A la divina providencia por concedernos la vida, por brindarnos la iluminación y el buen camino para superar los obstáculos que se muestran en la vida y poder continuar hacia delante.

A mis padres: Cleber y Vilma porque supieron inculcarme sus valores y sabios consejos en el desarrollo de mi vida como persona. A mis hermanos Luis, Lida. Miguel, Jonathan, Melina y Carlos por su ejemplo, consejos y el apoyo durante mi desarrollo profesional.

## **RECONOCIMIENTO**

Mi agradecimiento infinito a la divina providencia por vertir conocimiento y sabiduría en mi a través de su palabra.

Mi reconocimiento a mis padres Cleber y Vilma y hermanos Luis, Lida. Miguel, Jonathan, Melina y Carlos por darme educación y profesión.

A los catedráticos de la facultad de ingeniería, escuela profesional de ingeniería metalúrgica de la UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION, por sus enseñanzas durante mi formación profesional.

Mi reconocimiento y agradecimiento especial a la empresa minera - metalúrgica, NEXA RESOURCES S.A.A., Así mismo a la empresa metalúrgica INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C., compañeros de trabajo, por el apoyo en el desarrollo del estudio de investigación denominado tesis

## RESUMEN

Nexa Resources S.A.A. cuenta con tres unidades mineras en el Perú (Cerro Lindo, porvenir y Atacocha) su principal método de explotación es de forma subterránea, con la excepción de Atacocha que cuenta con la explotación en tajo abierto, los principales minerales de recuperación por la unidad minera “El Porvenir”, Nexa Resources Perú S.A.A., es el zinc, plomo, cobre.

Actualmente en la Unidad Minera “El Porvenir”, Nexa Resources Perú S.A.A. empresa Nexa Resources, viene usando el colector AEROPHINE AR-3418, en las celdas de flotación Bulk, recuperando el plomo en cantidades bajas en cuanto a calidad y % de recuperación.

El mineral galeno (PbS), para el plomo, que se ha estudiado presenta dificultad durante la flotación diferencial, la calidad y la eficiencia de separación del concentrado esto pueden ser mejorado con la optimización de las celdas unitarias en la flotación con el manejo de reactivos. Así mismo se presenta los conceptos teóricos de la flotación, se realizó el análisis para determinar la composición de la muestra, análisis de flotación Bulk, así mismo la comparación de los resultados para ver los valores de recuperación y determinar el buen procedimiento dentro del circuito bulk.

Palabra clave: Flotación Bulk, colector AEROPHINE AR-3418, recuperación de plomo.

## ABSTRACT

Nexa Resources S.A.A. It has three mining units in Peru (Cerro Lindo, Porvenir and Atacocha) Its main method of exploitation is underground, with the exception of Atacocha which has open pit exploitation, the main recovery minerals by the mining unit " El Porvenir ", Nexa Resources Peru SAA, is Zinc, lead, Copper.

Currently in the "El Porvenir" Mining Unit, Nexa Resources Peru S.A.A. Nexa Resources company, has been using the AEROPHINE AR-3418 collector, in the Bulk flotation cells, recovering lead in low quantities in terms of quality and recovery%.

The mineral galen (PbS), for lead, which has been studied presents difficulty during differential flotation, the quality and efficiency of separation of the concentrate can be improved with the optimization of the unit cells in the flotation with the management of reagents. . Likewise, the theoretical concepts of flotation are presented, the analysis was carried out to determine the composition of the sample, Bulk flotation analysis, likewise the comparison of the results to see the recovery values and determine the good procedure within the Bulk circuit.

**Keyword:** Bulk flotation, AEROPHINE AR-3418 manifold, lead recovery.

## INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la recuperación del concentrado plomo de las celdas unitarias, flotación Bulk; se realizara a través del manejo de reactivos teniendo en cuenta el análisis de los resultados arrojados de las pruebas metalúrgicas, considerando los estándares de calidad de la Unidad Minera El Porvenir.

Este trabajo de investigación cuenta con cuatro capítulos:

**Capítulo I**, se da a conocer la determinación y justificación del problema, así mismo formulación del problema, objetivos, importancias, Limitaciones y alcances de la investigación.

**Capítulo II**, se da a conocer los fundamentos teóricos, los antecedentes, las bases teóricos–científicos, la definición de términos, hipótesis general y específica, y por ultimo las variables del estudio.

**Capítulo III**, se da a conocer el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, los métodos de la investigación, técnicas de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos y como parte final tratamientos estadísticos de datos.

**Capítulo IV**, se da a conocer el tratamiento estadístico de los datos para la interpretación de cuadros donde se presentación los resultados, así como también la prueba de hipótesis y discusión de resultados.

Como parte final del trabajo de investigación se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

## INDICE

DEDICATORIA.....	I
RECONOCIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCION.....	V
INDICE.....	VI

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.Delimitación teórica .....	2
1.2.2.Delimitación espacial .....	2
1.2.3.Delimitación temporal.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1.Problema principal.....	3
1.3.2.Problemas específicos .....	3
1.4. Formulacion de objetivos.....	3
1.4.1.Objetivo general.....	3
1.4.2.Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigacion .....	4
1.6. Limitaciones de la investigacion.....	5

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio .....	6
2.2. Bases teóricas - científicas .....	9
2.2.1.Principios de la flotación .....	9
2.2.2.Termodinámica de la flotación .....	11
2.2.3.Elementos de la flotación.....	12
2.2.4.Molienda .....	14

2.2.5.	Circuito de flotación y equipos .....	16
2.2.6.	Celdas unitarias .....	18
2.2.7.	Funciones de las celdas de flotación .....	18
2.2.8.	Tensión superficial de los solidos.....	20
2.2.9.	Reactivos de flotación .....	21
2.2.10.	Adsorción del colector .....	29
2.2.11.	El mecanismo que vierte efecto la acción de los reactivos de flotación es: .....	32
2.3.	Definición de términos básicos.....	33
2.4.	Formulacion de hipótesis .....	35
2.4.1.	Hipótesis general.....	35
2.4.2.	Hipótesis específicos .....	35
2.5.	Identificación de variables .....	35
2.5.1.	Variables dependientes.....	35
2.5.2.	Variables independientes .....	35
2.5.3.	Variables intervinientes.....	36
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	36

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación.....	38
3.2.	Métodos de investigación .....	40
3.3.	Diseño de investigación .....	40
3.4.	Población – muestra.....	41
2.6.1.	Población.....	41
2.6.2.	Muestra.....	40
2.6.3.	Varianza relativa de error ( Pierre Gy ).....	40
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	42
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos.....	42
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	42
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	42
3.7.	Tratamiento estadístico .....	42
3.8.	Selección, validacion y confiabilidad de los instrumentos de investigación...42	
3.9.	Orientación ética .....	42

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	44
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de los resultados .....	42
4.2.1.	Resultados de la recuperación del plomo en las celdas unitarias I y II, dosificando el reactivo AR-3418 en la alimentación de los molinos primarios... ..	42
4.2.2.	Resultados de la recuperación del plomo en las celdas unitarias I y II, dosificando el reactivo AR-3418 en la descarga de los molinos primarios.....	42
4.2.3.	Análisis comparativo de la recuperación del concentrado plomo en las celdas unitarias I y II, antes y después del cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418. ....	49
4.2.4.	Resultados de la evaluación del grado de liberación de la molienda primaria I y II. ....	49
4.2.5.	Identificación del punto de dosificación del colector AR - 3418 en el circuito de celdas unitarias Bulk I y II.....	49
4.2.6.	Comparación de los resultados de la recuperación del plomo en la celda Bulk.....	49
4.3.	Prueba de hipótesis .....	49
4.4.	Discusión de resultados .....	49
4.4.1.	Flotación Flash (celdas unitarias) .....	49
4.4.2.	Uso del reactivo AR-3418 (recuperación del plomo) .....	49

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proceso de molienda y su liberación.....	15
<b>Figura 2</b> Circuito cerrado molino – clasificar. ....	16
<b>Figura 3.</b> Diagrama de las tensiones superficiales que intervienen en el contacto de las fases gas, líquido y sólido.....	21
<b>Figura 4.</b> Clasificación de los colectores.....	23
<b>Figura 5.</b> Reactivos depresores.....	25
<b>Figura 6.</b> Espumantes comunes para flotación.....	28
<b>Figura 7.</b> Espumantes Curvas Críticas de pH para flotación de dietil - ditioposfato de sodio como colector. La flotación es posible a la izquierda de las curvas.....	30
<b>Figura 8.</b> Curva crítica de pH para flotación con xantatos etílico de potasio (25 ml/l) en presencia de cianuro de sodio. La flotación es posible a la izquierda de las curvas. ....	31
<b>Figura 9.</b> Curvas críticas de pH para flotación con xantatos etílico de potasio (25 mg/l) en presencia de sulfuro de sodio. La flotación es posible a la izquierda de la curva. ....	31
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARA I antes del cambio realizado.....	46
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARA II antes del cambio realizado. ....	47
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARA I después del cambio.....	49
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARA II después del cambio. ....	50
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de recuperación del concentrado plomo, CELDA UNITARA I antes y después del cambio de adición del colector AR-3418. ....	51
<b>Figura 15.</b> Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARA II antes y después del cambio de adición del colector AR-3418.....	51
<b>Figura 16.</b> Comparativo de porcentaje de recuperación del concentrado plomo, CELDA UNITARA I y II antes y después del cambio de adición del colector AR-3418.....	52
<b>Figura 17.</b> Ensaye del concentrado plomo, CELDA UNITARA I y II, antes y después del cambio de adición del colector AR-3418.....	53
<b>Figura 18.</b> Determinación grado óptimo de molienda.....	54
<b>Figura 19.</b> Diagrama de punto de dosificación del colector AR-3418 propuesto para el incremento de la recuperación del concentrado de plomo, en las celdas Unitarios I y II.....	55
<b>Figura 20.</b> Diagrama de prueba de hipótesis. ....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Reactivos de flotación.</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Variabes e indicadores de operación.</i> .....	36
<b>Tabla 3</b> <i>UM El Porvenir: Inventario de Reservas y Recursos – 2018</i> .....	41
<b>Tabla 4</b> <i>Datos para el análisis de la varianza relativa de error (Pierre Gy).</i> .....	40
<b>Tabla 5</b> <i>Factor de distribución de tamaño Pierre Gy</i> .....	42
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis de leyes recuperación del plomo antes del cambio.</i> .....	42
<b>Tabla 7</b> <i>Análisis de leyes y porcentaje de recuperación de plomo, antes del cambio...</i>	42
<b>Tabla 8.</b> <i>Análisis de recuperación CELDA UNITARIA II flotación de plomo, leyes de laboratorio químico antes del cambio.</i> .....	42
<b>Tabla 9.</b> <i>Análisis de leyes y porcentaje de recuperación del plomo, CELDA UNITARIA II antes del cambio realizado.</i> .....	42
<b>Tabla 10</b> <i>Análisis de recuperación CELDA UNITARIA I flotación de plomo, leyes de laboratorio químico después del cambio</i> .....	42
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis de leyes y porcentaje de recuperación del plomo, CELDA UNITARIA I después del cambio.</i> .....	42
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis de recuperación CELDA UNITARIA II flotación de plomo, leyes de laboratorio químico después del cambio realizado</i> .....	49
<b>Tabla 13</b> <i>Análisis de leyes y porcentaje de recuperación del plomo, CELDA UNITARIA II después del cambio realizado.</i> .....	49
<b>Tabla 14</b> <i>Grado de molienda - %200 mallas y su porcentaje de recuperación.</i> .....	49
<b>Tabla 15</b> <i>Recuperación del plomo en las celdas unitarias</i> .....	49

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La empresa Minera Milpo S.A.A. (MILPO), ahora NEXA Resources Perú S.A.A. (NEXA Perú), fue constituida y reconocida a partir del 6 de abril de 1949, liderando por sus características de crecimiento sostenido y sostenible así como su integridad en cada uno de sus procesos en el ámbito de la minería polimetálica. El 5 de agosto de 2010, Milpo se adiere a Votorantim Metais Holding (VMH), ahora reconocido como NEXA Resources S.A.A., compañía líder global en el rubro minera/metalúrgica, reconocido como uno de los cinco mayores productores de zinc del mundo.

La unidad minera El Porvenir, beneficia minerales de zinc, plomo y cobre en la Planta concentradora de capacidad de tratamiento de 6000 TMSPD, que viene comercializando concentrados de Cobre, Plomo y Zinc estos son realizadas en procesos de Flotación en forma diferencial, es decir, plantas polimetálicas flotan un concentrado Bulk en una primera etapa y luego este concentrado es llevado a un proceso de separación.

Con el fin de la recuperación en su gran totalidad del plomo y evitar contaminaciones en las recuperación del cobre y zinc; en la descarga de los molinos primarios se cuenta celdas unitarias (celdas rápidas y/o celdas flash) de plomo con porcentaje de recuperación de 5,25 entre 13,86; para mejorar la recuperación del concentrado plomo en las celdas unitarias utilizando los mismos parámetro de operación, se cambiara la adición del colector AR-3418 del alimento a los molinos primarios a la descarga de los molinos primarios, para que de esta manera aumentar la recuperación del concentrado plomo de las celdas unitarias Bulk.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación teórica**

En el presente trabajo de investigación denominado tesis se induce a la mejora de la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk, a su vez reduciendo la contaminación en la recuperación del cobre y zinc en procesos posteriores, de tal manera que el marco teórico está orientado a las variables del estudio.

### **1.2.2. Delimitación espacial**

La delimitación espacial está orientado básicamente a los minerales extraídos en la misma zona por la empresa minera Nexa Resources Perú S.A.A. Unidad minera “El Porvenir”, Ubicado en el Distrito de Yarusyacán, Provincia y región Pasco, se encuentra a 16 km. NE del distrito de Yanacancha. Pasco.

### **1.2.3. Delimitación temporal**

El trabajo de investigación tuvo una duración de tres meses con 18 días, iniciándose el mes de enero hasta el mes de abril.

### **1.3. Formulación del problema.**

#### **1.3.1. Problema principal**

¿Cómo influye el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la recuperación del plomo, en las celdas unitarias Bulk de la Unidad Minera “El Porvenir” – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2019?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo es la recuperación del plomo dosificando el reactivo AR-3418 en la alimentación del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019?
- ¿Cómo varía la recuperación del plomo, dosificando el reactivo AR-3418 en la descarga del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019?
- ¿Cuál de los puntos de dosificaciones del reactivo AR-3418 tiene mayor efecto en la recuperación del plomo en las celdas unitaria Bulk de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2019?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Conocer la influencia del cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2019

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar la recuperación del plomo, dosificando el reactivo AR-3418 en la alimentación del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019
- Analizar la recuperación del plomo, dosificando el reactivo AR-3418 en la descarga del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019
- Realizar un análisis comparativo de las recuperaciones para ver el efecto del reactivo AR-3418 de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

La ejecución del trabajo de investigación denominado tesis está orientada e inducida a solucionar un problema operativo, ya que la mayoría de las empresas que procesan minerales tienen problemas operacionales y optimización que dificultan el proceso de flotación para la recuperación de un metal en forma de concentrado, que permita ser comercializable en el mercado.

Para el proceso de flotación en las celdas unitarias Bulk en el procesamiento de concentrado plomo en la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A., se debe contar con un procedimiento adecuado con condiciones idóneas puesto que la recuperación debe ser rápida, eficiente y confiable ante el mineral de plomo.

Para la mejora de la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A., nos centraremos en la mejora de la flotación, celdas unitarias. En su influencia de la adición del reactivo

colector AR-3418 y parámetros de operación de los molinos primarios 1 y 2, entonces demostrando la hipótesis podremos decir afirmar que sí es posible llevar a cabo esta evaluación, obteniendo valores altos de recuperación del plomo.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación se desarrollará en las celdas unitarias Bulk de flotación de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019, centrado en la influencia de adición del reactivo colector AR-3418 y el grado de molienda del molino primario; para mejorar el concentrado plomo en las celdas unitarias.

La principal limitación para la ejecución para el presente trabajo de investigación es la poca accesibilidad a la planta concentradora y el uso limitado de laboratorio químico es por ello el periodo del trabajo de investigación tendrá un periodo de tres meses con 18 días (01-01-19 al 18-04-19) previa evaluación y control.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

**Cortez, M. (2009). Afirma que,** La flotación de minerales es denominada la técnica de procesamiento de concentrado más importante de separación de minerales, es una de las aplicaciones más complejas de la química de superficies en minerales. El método descrito como Flotación Flash (Flash-Flotation) debido al corto tiempo de residencia requerida, permite flotar minerales valiosos en el circuito de molienda, evitando la sobre molienda y produciendo concentrados gruesos fáciles de filtrar, el método también permite disminuir las variaciones de las leyes del mineral dando como resultado la disminución de volumen en el circuito de flotación, obteniéndose mejores grados en los concentrados. La CIA. Minera Raura es una empresa minera dedicada a los minerales polimetálica (sulfuros) y uno de los principales problemas que afronta es el exceso segregación en la molienda de los sulfuros, originando moliendas en distintos grados y de manera no controlada. La galena es un sulfuro más friable en los componentes de la mena por ser enteramente polimetálica ya que es un sulfuro

frágil. Por lo cual, un gran porcentaje de plomo se pierde en las mallas finas (lamas), lo cual se expone mediante el fenómeno de la segregación en la clasificación (zarandas de alta frecuencia), es decir la diferencia significativa que existe entre la densidad compósito del mineral (para el caso es de 3,4) y la densidad de la galena 7,58; que conforma la razón principal para que se originara en la molienda del plomo, lo cual influye su flotabilidad desplazándose 9,05% al concentrado de Cu 0,85% al concentrado de Zn y llega a 0,25% al relave final. Esto demuestra la disminución en el grado de los concentrados de cobre, zinc y a la vez afectando la recuperación de plomo representando pérdidas económicas para la empresa minera. Es por la razón que se comenzó a realizar análisis y pruebas hace 20 años, el uso de celdas de flotación rápida (celdas flash o celdas unitarias), inicialmente a pesar de tener los equipos no se lograba tener una operación óptima con las celdas del tipo Skim-Air (SK-240 y SK-80). Posteriormente al ubicar las celdas SK-240 y SK-80 ubicadas en la descarga de los molinos primarios, flotando plomo de granulometría gruesa ya liberada en esta etapa de carácter rouger, por la menor dureza de la mena, se obtuvo una excelente flotabilidad (recuperación de plomo). Se optimizó la operación de estas celdas, se obtuvo mejoras de manera eficaz y exitosa que la CIA Minera Raura mejorara el concentrado de sus productos Pb, Cu y Zn permitiendo incrementar sus ingresos económicos.

**Choqueahuana, K. (2012): afirma que,** el presente trabajo de investigación fue elaborado en la EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

Los resultados obtenidos de las Pruebas metalúrgicas experimentales con el uso de LA CELDA DE FLOTACIÓN FLASH (CELDA FLASH SK - 240),

ubicado en la Planta Concentradora Animón de la Unidad de Producción Administradora Chungar S.A.C. De la Empresa minera, VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A, logrando obtener leyes en el Concentrado de Plomo y Plata de 51,75% y 579,9 g/t; y Recuperaciones de 64,94% y 46,01% respectivamente. La Celda Flash SK-240, está ubicada en la DESCARGA DE LOS DOS MOLINOS PRIMARIOS DE BOLAS 7'x8' y 8'x10' la descarga de los molinos primarios consistió el alimento de la Celda SK-240; Las espumas de esta Celda serán captados y almacenados van directamente al Concentrado final [...].

**Alvarado, C. (2016): afirma que,** el presente trabajo de investigación fue elaborado en la COMPAÑIA MINERA OCCIDENTAL 2 DE CAJAMARCA S.R.L.

Se estudió la influencia y performance de la dosificación de los colectores AR-3418 y AR-404 en la recuperación de concentrados plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico, de la veta murciélagos nivel 2 de la compañía Minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L. El presente estudio experimental se realizó a nivel laboratorio, modelo Denver D-12, usando mineral con grado de liberación 60% -200 mallas con ley de cabeza de 4,48% de plomo y 14,82% de Zinc. El resultado del estudio metalúrgico de la flotación demostró que, la recuperación de plomo sin uso de colectores es de 32,29 % y con la dosificación de los dos colectores (reactivos), la recuperación es de 50,29 %. Para la recuperación de zinc sin uso de colectores es de 49,38 % y con la dosificación de los dos colectores la recuperación es de 56,50%. Los resultados obtenidos son afirmados mediante análisis de varianza con un nivel de confianza de 95% y significancia de 5%. Se concluye que la recuperación de

plomo por la influencia del colector AR-3418 es de  $F_0=179,59$  es mayor a que el  $F_{0,05; 2; 18}= 3,55$ ; y la influencia del colector AR-404 es de  $F_0=622,69$  es mayor de que el  $F_{0,05; 2; 18}= 3,55$  y con la influencia y performance de los colectores AR-3418 y AR- 404 es de  $F_0=70,87$  es mayor al  $F_{0,05; 4; 18}= 2,93$ ; obtenido de manera tabular y continuo. Confirmando y aceptando la hipótesis alterna, por lo tanto, la influencia de estos colectores de manera individual como en conjunto si afectan significativamente en la recuperación de plomo mostrando un buen performance [...].

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Principios de la flotación**

**Bravo, A. (2004): afirma que,** El proceso de flotación por espumas en los minerales es un proceso físico - químico de la concentración de minerales sulfurados en conminuciones finas producto de los molinos. El proceso de flotación de minerales comprende el tratamiento químico de la superficie del mineral contenido en la pulpa a fin de crear condiciones favorables para la adhesión de partículas de minerales a las burbujas de aire (espumas). El objeto principal del proceso químico es la separación de especies minerales, divididos a partir de una pulpa acuosa, se aprovecha una de sus principales propiedades de adherencia (hidrofílico) o revote (hidrofóbico) por el agua. Los metales valiosos o útiles constituyen una parte menor del mineral en su conjunto, mientras que las especies no valiosas o estériles forman la mayor parte. El carácter hidrofílico o de afinidad a las burbujas hace que estas partículas se mojen, permanezcan en suspensión en la pulpa denominadas

(espumas de concentrado), para finalmente hundirse. El carácter hidrofóbico o de repulsión impide el mojado de las partículas de minerales que pueden unirse a las burbujas y ascender. Estas propiedades de algunos minerales tienen en forma natural (hidrofóbicas), pero pueden darse o asentarse mediante los reactivos de flotación (uso de depresores).

**Azañero, A., Aramburu, V., Puente, L., Cabrera, M., Rengifo, W., Falconi, V., & Quispe, J. (2012) comenta que;** Los minerales de carácter sulfurados polimetálicos se presentan en gran abundancia en la corteza terrestre y en especial en el Perú, de allí su gran importancia que tiene estudiar los minerales, su comportamiento frente a la flotación diferencial (proceso físico químicos), en la corteza terrestre existen minerales muy dóciles a la flotación como también existen minerales complejos que presentan una flotación selectiva compleja por varios factores, los minerales más complejas son aquellos que presentan activación natural en el proceso de flotación, para el ejemplos; la esfalerita y sulfuros de hierro debido a que cuenta con sales solubles que puede poseer el mineral producto de la presencia de iones metálicos de diferentes metales, como en el cobre. El cobre, plomo y zinc que se ha estudiado no posee dificultad en el proceso de flotación selectiva, la calidad y porcentaje de recuperación la eficiencia de separación de los concentrados puede ser mejorados en el proceso de flotación mejorando y optimizando procesos y parámetros, se realizó el análisis mineralógico y químico de la muestra (mineral), las pruebas de flotación bulk espumas. [...].

**Linares, N. (2010) menciona que;** La mineralurgia o proceso de concentración de minerales se usa técnicas de reducción progresiva de

tamaños, se usa equipos como chancadoras y molinos (barras o bolas), que liberan entre sí las partículas de minerales valiosas (micrones), para la separación de minerales valiosos el método fisicoquímico en húmedo es usado equipos como celdas de flotación y/o cribas hidráulicas. El proceso de flotación y/o separación produce grandes cantidades de desechos, para ello las industrias emplean equipos de recuperación y acondicionamiento de efluentes como el uso de los espesadores, filtros, balsas de disposición ecológica de estériles o relaves, etc., que permiten, reciclar el agua de proceso.

### **2.2.2. Termodinámica de la flotación**

**Linares, N. (2010) propone que;** En procesamiento de minerales (química de superficies), es el método de concentración por flotación de espumas es una técnica única de separación de minerales valiosos de los no valiosos y la más importante que representa una de las aplicaciones más desafiantes de la flotación de minerales.

El proceso de flotación selectiva está orientado y por la termodinámica, la cinética e hidrodinámica del sistema en superficies de minerales. por consecuencia, incluye aspectos fundamentales, tales como:

- La condición de una superficie hidrofóbica en un mineral (condición termodinámica).
- El tiempo que dura una suficiente de mineral para la adhesión de la partícula con condición hidrofóbica con la burbuja de aire se le denomina (condición cinética).

- La permanencia de los agregados partícula-burbuja bajo el flujo de pulpa constante se denomina (condición hidrodinámica).

Para ver y claro un procedimiento debemos de comprender e interpretar la evaluación de los procesos metalúrgicos que interactúan en la concentración de minerales, es óptimo e indispensable estudiar las propiedades físicas y químicas de las superficies de los minerales tales como: (sulfuros, óxidos, carbonatos, silicatos, sales solubles, etc.), entonces se adopta, la química de superficies, fases interfases, etc. Que es necesario comprender las fases que interactúan sólida, líquida y gaseosa y las interfases que ocurren entre ellas.

Los conceptos de flotación de espumas se consideran bastante compleja con amplio espacio de estudio en forma completa. Sin embargo, existen grandes criterios de estudio realizado del proceso de flotación de minerales. Para el nuestro estudio, se verá dos aspectos muy importantes tales como:

- Química de superficies de un mineral interactuada con la interfase mineral-agua (capa eléctrica doble).
- Termodinámica de superficies de minerales, interactuada con el ángulo de contacto (mojabilidad de superficies minerales).

### **2.2.3. Elementos de la flotación**

#### **a. Fase sólida.**

**Bravo, A. (2004) demuestra que,** Está comprendida por los sólidos a separar (mineralogía) que cuentan con una estructura cristalina. cuya estructura es una consecuencia de la comparación

química de las moléculas, iones y átomos cuyos aspectos son de forma única en cada mineral. Los factores más importantes del proceso de flotación de minerales, en lo que concierne a los sólidos (minerales), son los siguientes:

- denominación de la superficie aireada en la ruptura del sólido (Tipo de superficie mineral, fuerzas residuales de enlaces).
- Imperfecciones en la red cristalina (sistema microscópico de un mineral).
- Incrustaciones externas provenientes de los sólidos, líquidos y gases.

**b. Fase líquida:**

**Bravo, A. (2004) afirma que,** Es el líquido elemento (agua) debido a su gran abundancia y bajo costo; así mismo debido a sus propiedades específicas, es recomendable un medio ideal para dichos procesos de flotación.

La estructura molecular del agua por espectroscopia es bastante compleja; aparece con aproximaciones del 46% de los enlaces es covalente y 54% es iónico.

Como parte final hay que resaltar la importancia de las impurezas y contaminaciones que posee toda agua natural o industrial. En primer lugar, se menciona la dureza del agua (contaminación natural producto de las sales de calcio, magnesio y sodio. Estas sales y otro tipo de contaminaciones pueden afectar la flotabilidad de ciertos minerales, también ocasionan un considerable consumo de reactivos

para la flotación de minerales con los cuáles a menudo forman sales solubles.

**c. Fase gaseosa.**

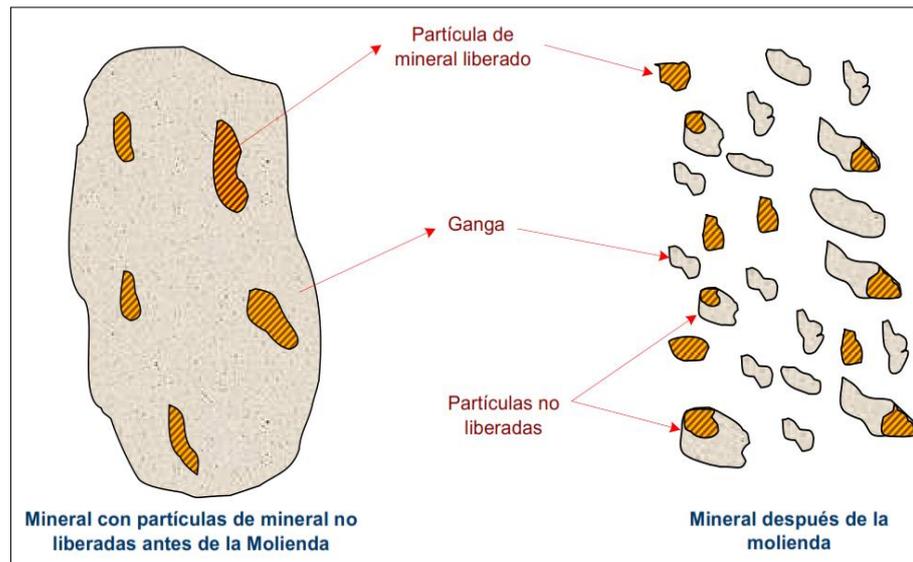
**Bravo, A. (2004) afirma que,** Es el aire que interviene en la interacción con pulpa de manera neumática o mecánicamente para poder constituir las burbujas que son las bases por los cuales se adhieren las partículas sólidas (minerales valiosos). La función del aire en la flotación tiene varios aspectos tales como:

- ✓ El aire influye químicamente en el proceso de flotación.
- ✓ Es el medio de elevación donde las partículas de mineral se adhieren para formar la espuma valiosa.

El aire contiene nitrógeno (78,10%) y oxígeno (20,96%) con pequeñas cantidades de dióxido de carbono (0,04%) y gases inertes como argón y otros.

**2.2.4. Molienda**

**Guerreros, E. (2015) afirma que,** La conminación de minerales (molienda de minerales) es la última etapa en el proceso de trituración, por consecuente, se puede definir como una operación física metalúrgica unitaria, se considera como la etapa final de reducción de tamaño de las partículas de un mineral hasta lograr la liberación de minerales valiosos de la los no valiosos. Para la medida dentro del procesos de flotación se efectúa y/o representa como malla de molienda en la cual la recuperación del mineral valioso es tal que los beneficios económicos son máximos, al ser concentrados (concentrados de metales en forma de sulfuros).



**Figura 1.** Proceso de molienda y su liberación

**Nota:** Fuente, Guerrero, E. 2015

Así mismo, diremos que el proceso de molienda es la etapa previa a los procesos de concentración por flotación (química de superficies), separación gravimétrica (física), separación magnética, lixiviación, etc. por lo tanto, se debe acondicionar al mineral adecuadamente para su liberación (grado de liberación), para lo cual dependerá de muchos factores, como:

- La dimensión y amarre del mineral valioso con la no valioso.
  - Proceso de desprendimiento a que se someterá la mena.
- resistencia de fractura (impacto y abrasión).
- trituración en seco o en agua (en húmedo).

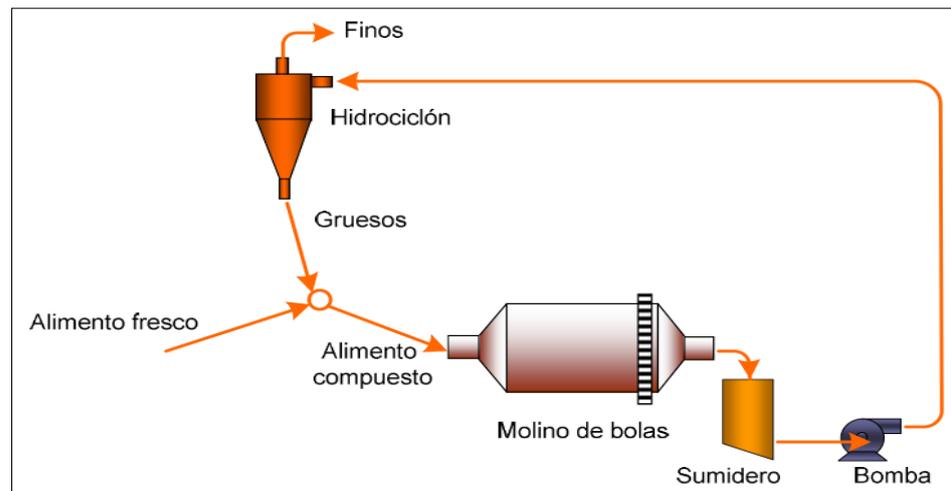
El proceso de molienda, consiste en la separación de las partículas entre 250 y 5 mm a tamaños entre 300 y 10 mm, teniendo en consideración radios de reducción de, entre 200 a 500, aplicando fuerzas de cizallamiento, impacto, atricción, compresión y abrasión. El objetivo más importante de la molienda radica en lograr el grado de liberación

adecuado, para obtener la eficiencia en recuperación de la parte valiosa de la mena, como producto final concentrado.

Así mismo se, trata de generar una eficiente conexión entre la energía mecánica consumida versus el tamaño de partícula liberado, resumido en costos de operación, que en esta parte son los más altos, debido al componente energía. Motivo por el cual nos conlleva a no moler demasiado la mena más allá de la malla que se justifique en límites de liberación y recuperación económica (liberación de mineral).

En forma general, se muestra los tres grados de molienda:

1. Molienda gruesa : molidos de 3-2 mm a 0,5 mm.
2. Molienda media : molidos de 0,5 mm a 0,1 mm.
3. Molienda fina : molidos inferior a 0,1 mm.



**Figura 2** Circuito cerrado molino – clasificar.

**Nota:** Fuente, Tomado de Guerreros, E. 2015

### 2.2.5. Circuito de flotación y equipos

**Bravo, A. (2004) afirma que,** La flotación es un proceso operativo con objetivo de seleccionar los metales valiosos en forma de sulfuros contenidos en la pulpa y expulsar la ganga como relave. así mismo es necesario realizara esta operación en varias celdas de flotación para

conseguir un concentrado limpio y un relave limpio; en el circuito las primeras espumas pasen a un nuevo grupo de celdas que se encarguen de purificar los elementos no valiosos que hayan logrado flotar con la parte valiosas en la primera etapa. Lo mismo ocurre en los relaves de la primera celda ya que aún contienen buenas cantidades de sulfuros valiosos que no se pueden perder y es muy necesario recuperarlos en otro batería de celdas.

Por esta razón, que se cuenta con tres tipos de máquinas (circuitos):

- a) Rougher (Desbastadoras)
- b) Cleaner
- c) Scavenger

**Celdas de Cabeza o Rougher (desbastadoras)** Estas máquinas reciben la pulpa de cabeza procedente de los acondicionadores o de los molinos. En este proceso se flota la mayor cantidad de los sulfuros valiosos. Solo se obtendrá concentrados y relaves “provisionales” en una primera etapa. Los concentrados obtenidos en las celdas desbastadoras no es un concentrado final, porque aún lleva muchas impurezas.

**Celdas Limpiadoras** Estas celdas sirven para limpiar gran cantidad de minerales no valiosas contenidas en las espumas del rougher y nos dan finalmente un concentrado ya comerciable, se realiza por etapas:

1ra Cleaner, 2da Cleaner y 3ra Cleaner el concentrado de la 3ra etapa cleaner, forman el concentrado final para su comercialización.

**Celdas Scavenger** Estas celdas reciben el relave de la rougher y seleccionan el resto de los de los minerales que no han podido flotar en las celdas de cabeza o celdas rougher, ya sea por falta de acondicionamiento,

o falta de reactivos, o por condiciones mecánicas Los concentrados que se obtienen en las celdas no las podemos enviar al espesador porque llevan aun mineral valioso se lleva a la recirculación.

**Productos Intermedios (Medios)** Los relaves de las limpiadoras y las espumas de las agotadoras son productos más ricos que el relave final pero más pobres que los concentrados finales. Motivo por el cual se tiene que tratarse en un circuito nuevo, con el propósito de recuperar la mayor cantidad posible de mineral valioso contenidos en ellos. Estos productos se denominan intermedios o medios (meddlings).

**Productos finales** En el proceso de flotación brinda dos productos finales: - el concentrados y relaves, casi nunca se puede afirmar que un concentrado y su relave tengan leyes estables. dependerá, en gran parte de la ley de la cabeza o ley de mineral. Se recomienda al operador de planta o flotador que trate siempre de obtener los relaves más limpios que pueda en el proceso, y un buen concentrado según la ley que le indique su Supervisor.

#### **2.2.6. Celdas unitarias**

**Celdas unitarias o celdas rápidas** estas celdas son de carácter cabeza o Rougher, que cumple la función de recuperar el concentrado de manera directa, evitando la recirculación de la pulpa y a formación de lamas, obteniendo resultados favorables para los procesos continuos.

#### **2.2.7. Funciones de las celdas de flotación**

**Bravo, A. (2004) afirma que,** Las celdas de flotación en los cuales se realizan los procesos de separación se llaman celdas de flotación y son

construidos de modo que favorezcan y aprovechan el proceso mediante las siguientes funciones como:

- Mantener en elevación las partículas de la pulpa que ingresa a la celda de separación, evitando la clasificación de los sólidos por el tamaño o por la densidad de mineral.
- Formar pequeñas burbujas estables de aire por toda la celda de flotación; los volúmenes de aire serán en proporción del peso de material alimentado.
- incentivar los choques entre partículas de minerales y las burbujas de aire con él objetivo de formar mineral-burbuja formado con baja densidad para poder elevarse desde la pulpa a una zona de espumas (superficie), las cuales serán removidas por palas giratorias de la celda conteniendo el concentrado.
- Mantener la estabilidad de quietud en la columna de espumas para favorecer el concentrado. así mismo permitir una adecuada salida como de relaves y concentrados, así como la fácil manipulación de relaves y concentrados, así como la fácil manipulación del nivel de pulpa en las celdas de flotación, de aire y del grado de agitación en celdas.

Tomando en cuenta anterior las celdas deberán tener zonas específicas como:

**Zona de mezcla;** son en donde las partículas de minerales toman contacto con las burbujas de aire para formar espumas.

**Zona de separación;** es cuando las burbujas de aire son condensadas y eliminan partículas innecesarias que son arrastradas por atrapamiento u otro motivo en la flotación.

**Zona de espumas;** las espumas mineralizadas deben contener la estabilidad y ser removidas de la celda conteniendo el concentrado final.

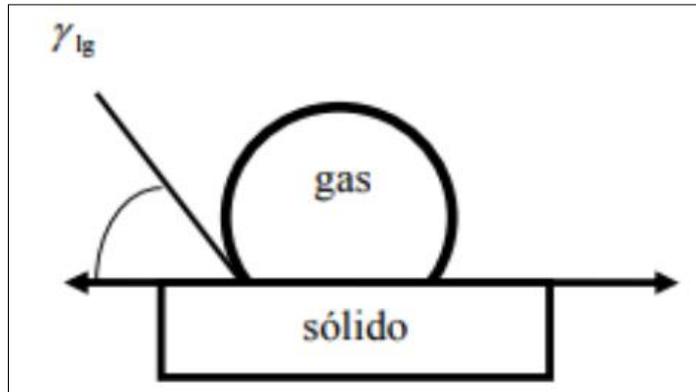
### 2.2.8. Tensión superficial de los solidos

En el proceso de flotación de minerales de un sólido depende únicamente de la relativa absorción o mojado de sus superficies de minerales por un fluido agua. De esta manera el proceso viene gobernado por la energía de interface en la pulpa, en la que la tensión interfacial es el factor más relevante en la flotación. De tal manera que cualquier superficie como se viene separando el agua y el aire, se opone a su ampliación y se comporta basándose en la tensión. Esta tensión superficial es la que indica los pequeños volúmenes de aire en el agua a adquirir forma esferoidal formando un ángulo de contacto y se convierte en burbujas, puesto que el cuerpo de aire ofrece el mínimo de superficie por unidad de volumen. La tensión interfacial puede calcularse como la única fuerza de resistencia que obstruye el agrandamiento de la superficie. La suma de las fuerzas componentes de las tensiones superficiales debe ser igual a cero.

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{tg} (\cos \theta) \dots\dots\dots (1)$$

- $\gamma$  = Tensión superficial dividida en las fases indicadas por las letras iniciales subíndices.
- $\theta$  = Ángulo de contacto,

- S = Sólido
- g = Gas
- l = Líquido



**Figura 3.** Diagrama de las tensiones superficiales que intervienen en el contacto de las fases gas, líquido y sólido.

**Nota:** Fuente, tomado de Klassen y Mokrousov

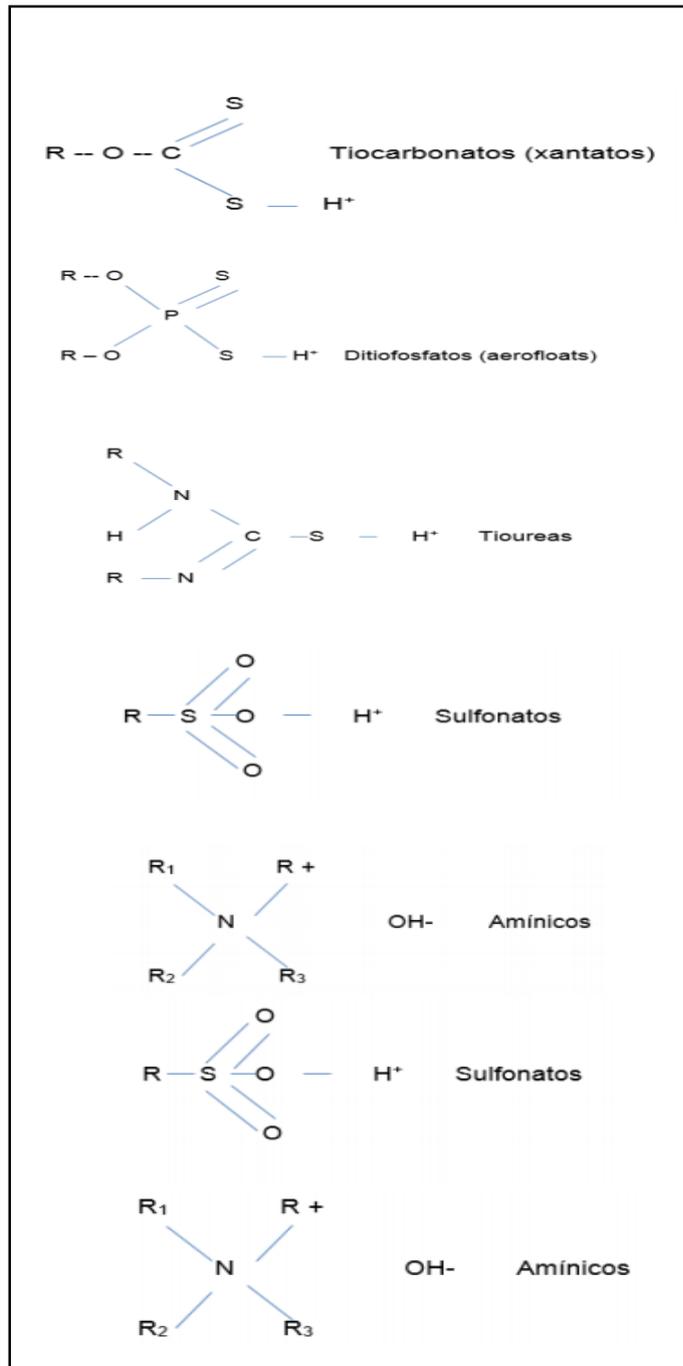
### 2.2.9. Reactivos de flotación

Dentro de la corteza terrestre los minerales son de naturaleza hidrofílicos. Para obtener la separación eficiente por flotación de minerales, la superficie del mineral tiene que volverse parcialmente hidrofóbicas, esto puede lograrse mediante la intervención química de la solución en el mineral, adicionando el reactivo colector que selectivamente adsorbe el mineral para proporcionar la superficie hidrofóbica requerida en el mineral. La menor parte del mineral es de naturaleza hidrofóbicos producto de su composición en la corteza terrestre, como viene a ser el carbón mineral y la molibdenita mineral, es posible realizar el proceso de flotación estos minerales sin ningún colector, así mismo comúnmente en práctica es necesario agregar un “colector suplementario” a causa a la necesidad puesto que se verá más adelante. Así mismo el mineral puede volverse hidrofóbicos sin la necesidad del colector.

## **A. Colectores**

Una de sus funciones principales del colector es brindar propiedades hidrofóbicas en las superficies de minerales. Los colectores están compuestos por orgánicos heteropolares. Su grupo polar es la parte activa que los une a la superficie de un mineral en base a un mecanismo de adsorción (química-física), los colectores se distribuyen en dos grupos; colectores aniónicos y colectores catiónicos, esta clasificación está basada sobre el criterio formal de si un colector al disociarse en agua, en su parte principal. (Sutulov, 1963).

Colector AR-3418: es un Promotor AEROPHINE 3418 caracterizándose como un colector único en su grupo, que está basado en la fosfina desarrollado para la recuperación en el proceso de flotación de cobre, plomo y zinc activado y también conocido por sus "capacidades selectivas en los minerales sulfurados complejos polimetálicos y masivas.". su función principal es la mutación la condición del mineral hidrófila a hidrófobas. Así mismo vierte hidrofobicidad a la superficie del mineral motivo por el cual permite al mineral adherirse a la fase gaseosa, en forma de una burbuja.



**Figura 4.** Clasificación de los colectores.  
**Nota:** Fuente, Tomado de Sutulov, 1963.

## B. Modificadores

La propiedad principal y específica de los modificadores es fundamentalmente es acondicionar las superficies de los minerales para la desorción o adsorción de un reactivo elegido sobre ellas y generar en la pulpa condiciones únicas y condiciones estables para que

se pueda obtener una flotación satisfactoria. En términos generales cambia o modifica la superficie de los minerales sulfuros o de la ganga, para objetar o impedir que los reactivos colectores Hagen efecto sobre ellos, impidiendo la recuperación en la flotación así mismo la lista de modificadores o agentes reguladores usados en flotación es variada en base a la necesidad.

### **C. Depresores:**

El objetivo de los depresores en los minerales para la flotación es disminuir la flotabilidad de un mineral logrando que la superficie sea más hidrofílica o impidiendo la adsorción de colectores que pueden hidrofobizarla la superficie del mineral (inhibe de colección).

- El bisulfito de Sodio  $\text{NaHSO}_3$ : hace y/o actúa como depresor para el sulfuro de zinc y fierro. Se usa en reemplazo del cianuro de sodio particularmente en minerales con contenido de plata, la adición del agente reductor sulfito de sodio o bisulfito de sodio previene la oxidación y por consiguiente, la activación resultante de la esfalerita. (Abarca, 2011).
- Cianuro de sodio: básicamente el sulfuro de hierro, pirita, pirrortita, marcasita, arsenopirita, escalerita. Conjuntamente con el sulfato de zinc, cumple la función de deprimir a la calcopirita, enargita, tenantita, bornita. (Abarca, 2011)
- La cal: tiene la propiedad de deprimir a los sulfuros de galena, hierro, pirita, zinc marmatítico y minerales de cobre. (milpo 400gr/Tm). (Abarca, 2011).

- El silicato de Sodio: cumple la función de Deprimir a la sílice, coagulación de lamas (partículas finas). (Abarca, 2011).
- Ácido Sulfúrico: Deprime el cuarzo. (Abarca, 2011).



**Figura 5.** Reactivos depresores.

**Nota:** Fuente, tomado de Abarca, 2011

#### **D. Activadores o reactivadores:**

Cumplen la función de incrementar la flotabilidad de algunos minerales, mejorando considerablemente la adsorción de un colector. Los reactivos denominados reactivadores, acondiciona la flotabilidad de un mineral oxidado en su defecto mineral que ha sido deprimido. La condición activante es totalmente contraria a la función depresora puesto que los reactivos de esta familia sirven para incrementar la adsorción de los colectores (performance) sobre la superficie de los minerales valiosos a recuperar y fortalece el enlace entre la superficie y el colector. (Abarca, 2011)

- El sulfato de Cobre  $\text{CuSO}_4$ : El  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , incrementado con 5 moléculas de agua, formara en el mineral cristales azules brillantes asimétricos del sistema triclinico con una densidad de 2,28 g/ml. Considerándose activador de la esfalerita, pirotitita, pirita, calcopirita, arsenopirita y cuarzo. (Abarca, 2011).

- Para el caso de nitrato de plomo: este activa la estibina y reactivar sulfuros (minerales) de cobre antes deprimida con cianuro, también conocida como activador de carbonatos y silicatos. (Abarca, 2011).
- El sulfuro de Sodio: su función principal es la de activar menas oxidadas, haciendo efectivas menas de sulfuros de cobre con la aplicación de óxidos superficial. (Abarca, 2011).
- El sulfuro de Hidrógeno: cumple la función de deprimir el oro, Ag y Cu-Fe con la interacción de la molibdenita. (Abarca, 2011).

#### **E. Reguladores de PH:**

Viene a ser reactivos los que controlan la acidez o alcalinidad de la pulpa (mineral molido más agua). Básicamente cumple la función de cambiar la concentración del ion hidrógeno en la pulpa, este tiene como objetivo incrementar o disminuir la adsorción del colector como se planeó en algunas excepciones, la eficiencia de todos los aspectos de flotación, depende en su general en los minerales es de la concentración de hidrógeno o ion hidroxilo en la pulpa. (Abarca, 2011) Cal: En la ejecución se usa la cal cáustica CaO y cal hidratada El hidróxido  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  forman las bases fuertes. Con la cal se logra obtener pulpas acuosas con concentración del 0,17% en peso a 25° C. La cal en forma de solución generalmente se le conoce al agua de cal, lechada de cal. (Abarca, 2011).

## F. Floculantes:

Vienen a ser reactivos que forman coágulos en la pulpa de mineral. Superfloc 16, Superfloc 20, Aerofloat 3171, Magnafloc 990. (Abarca, 2011).

## G. Reactivos Dispersantes:

Vienen a ser reactivos de variada estructura química esto produce fuerzas que unen las partículas minerales así mismo tienen la posibilidad de incrementar las fuerzas que las repelen. Silicato de sodio, almidón. (Abarca, 2011)

## H. Sulfidizante:

Es en donde un mineral cambia las propiedades químicas de un mineral hidrofílico, para mutarlo en una sustancia hidrofóbica. sulfuro de bario (BaS). Sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S), (Abarca, 2011.)

**Tabla 1** Reactivos de flotación.

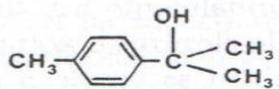
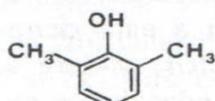
Reactivos	Exceso	Defecto
<b>ESPUMANTES</b> Aceite de Pino Frother 70 Dowfroth 250	Gran cantidad de espumas Rebalsan los canales y cajones Tendencia a ensuciar los concentrados	Muy baja la columna de espuma Los sulfuros valiosos se pasan al relave
<b>COLECTORES</b> Xantato Z – 11 Xantato Z – 6 Aerofloat 25 Ditiósfatos Reactivo 301	Flotan todo tipo de sulfuros No hay selección Se ensucian los concentrados Flota pirita e insolubles Produce carga circulante	Espumas muy pobres con concentrado limpio Espumas muy frágiles Los sulfuros valiosos se pasan al relave
<b>MODIFICADORES</b> <b>Sulfato de Zinc y Bisulfito de sodio</b> (Deprime sulfuros de zinc, ZnS)	Despilfaro, consumos muy altos Aumenta consumo de CuSO <sub>4</sub> Peligro de envenenar la pulpa Depresión de sulfuros de plomo Activación de sulfuros de hierro al bajar el pH	Flotan los sulfuros de zinc en el circuito de plomo o bulk
<b>Cianuro de Sodio</b> (Deprime Pirita y sulfuro de zinc)	Un exceso en el circuito de Pb o bulk, deprime los sulfuros de Pb y Ag Activa los sulfuros de Zn al subir pH	Flotarían mucho fierro y se ensuciaría el concentrado
<b>Sulfato de cobre</b> (Reactiva los sulfuros de zinc que han sido deprimidos por el sulfato de zinc)	Se espesan las espumas de los concentrados de zinc, y los concentrados se ensucian con pirita Producen pérdida de sulfuros en el relave Producen carga circulante innecesaria	No se reactivan completamente los sulfuros de zinc que vienen de la flotación bulk. Además, se suavizan las espumas y los sulfuros valiosos se pasan al relave (espumas muy frágiles)
<b>Lechada de cal</b> , Carbonato de sodio (reguladores de pH y depresores de Pirita)	Se eleva demasiado el pH Las espumas son frágiles Aumenta el consumo de colectores Los sulfuros se pierden en el relave	Se baja el pH Flota pirita en exceso Se espesa las espumas Se ensucia el concentrado
<b>Superfloc</b> , Separan (floculante, aglomerantes de lamas)	Demasiado costo. Veloz asentamiento de los sólidos, pueden plantar los rastrillos del espesador	Pérdida de sólidos en el rebalse del espesador

**Nota.** Recuperado de Abarca, 2011

## I. Espumantes

El objetivo primordial del reactivo espumante es la creación de la espuma capaz de permanecer estables las burbujas cargadas de mineral hasta que lleguen en la parte superior de la celda para ser removidas y llevadas a los espesadores. Este objetivo se logra impartiendo cierta dureza temporal a la película que cubre la burbuja. (Abarca, 2011).

Frother (F-70), el Metil isobutil carbinol (MIBC) es el más comun, Dowfloth (D-50), aceite de pino, ácido cresílico. (Abarca, 2011) Flother 700, Fhother 210, Flother 250: cuentan con buenas propiedades selectivas cuando se usa la proporción y/o concentración óptima requerida, en flotación diferencia Cu-Pb Ag-Zn, Ag-Pb-Zn, 10 – 70 gr/TM, básicamente la cantidad en exceso puede perjudicar la recuperación. (Abarca, 2011)

Reactivo	Fórmula
Eter glicol polipropileno I	$\text{CH}_3-(\text{O}-\text{C}_3\text{H}_6)_n-\text{OH}$
Metil isobutil carbinol (MIBC)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{OH} \end{array}$
Terpineol (Aceite de pino)	
Xilenol (Acido cresílico)	

**Figura 6.** Espumantes comunes para flotación

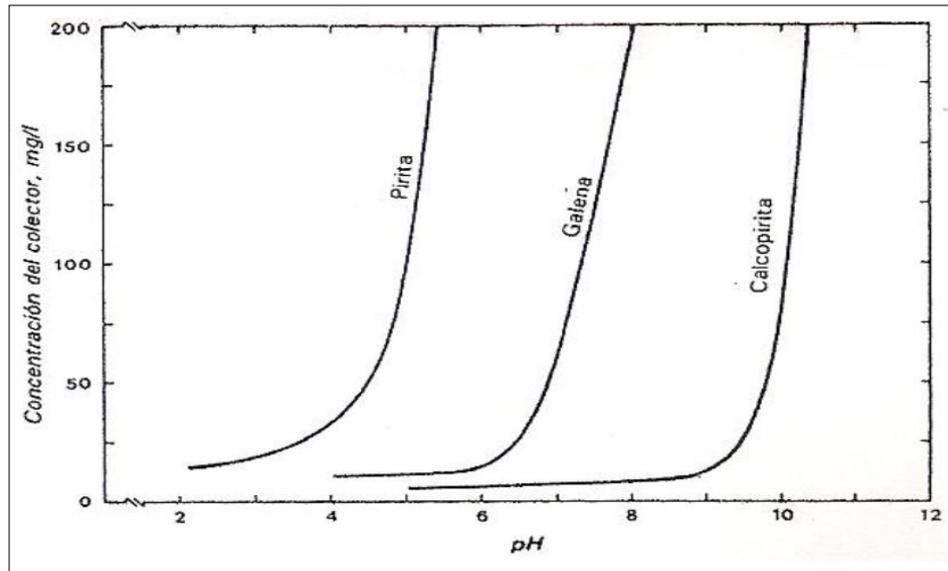
**Nota:** Fuente, Tomado de Abarca, 2011

### **2.2.10. adsorción del colector**

luego de la discusión en aceptar o rechazar, en la corteza terrestre se evidencia que existen dos mecanismos distintos mediante el cuales se adsorben los colectores en los minerales sulfurosos durante el proceso de recuperación de sulfuros. El primer mecanismo es químico, y se traduce en la presencia e interacción de xantato metálico quimiadsorbido (u otro ión colector de tiol) este proceso ocurre en la superficie del mineral. El segundo mecanismo viene a ser el electroquímico y genera un producto de oxidación (dixantogeno si el colector agregado es xantato) que viene a ser una especie hidrofóbica adsorbida en la superficie del mineral. Se evidencia, la calcocita, con la galena, o la esfalerita.

### **Selectividad de los sulfuros**

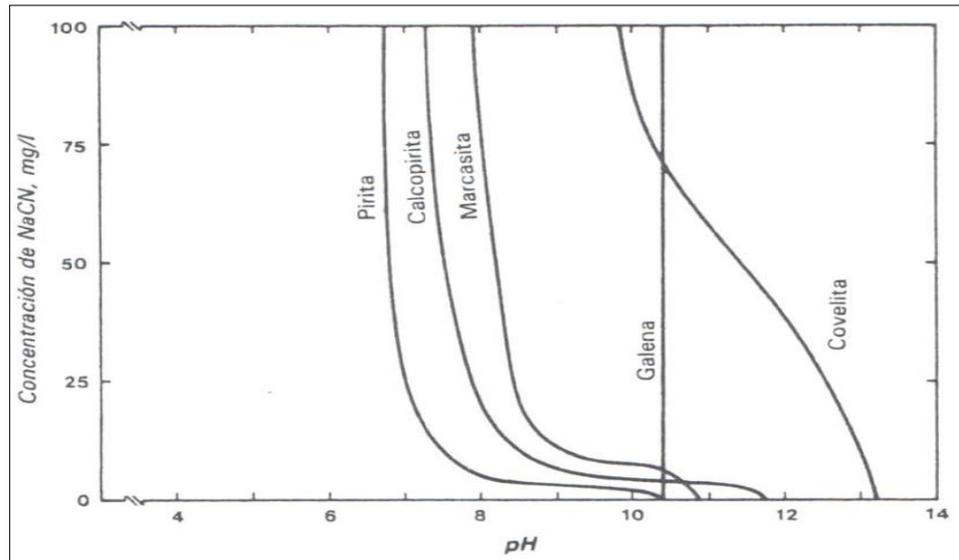
La selectividad entre los minerales es posible en las condiciones o mecanismo de adsorber el colector por uno o ambos métodos anteriores, y los otros no pueden. Es totalmente evidente que a medida que se eleva la dosificación del pH, ocurre depresión.



**Figura 7.** Espumantes Curvas Críticas de pH para flotación de dietil - ditiofosfato de sodio como colector. La flotación es posible a la izquierda de las curvas

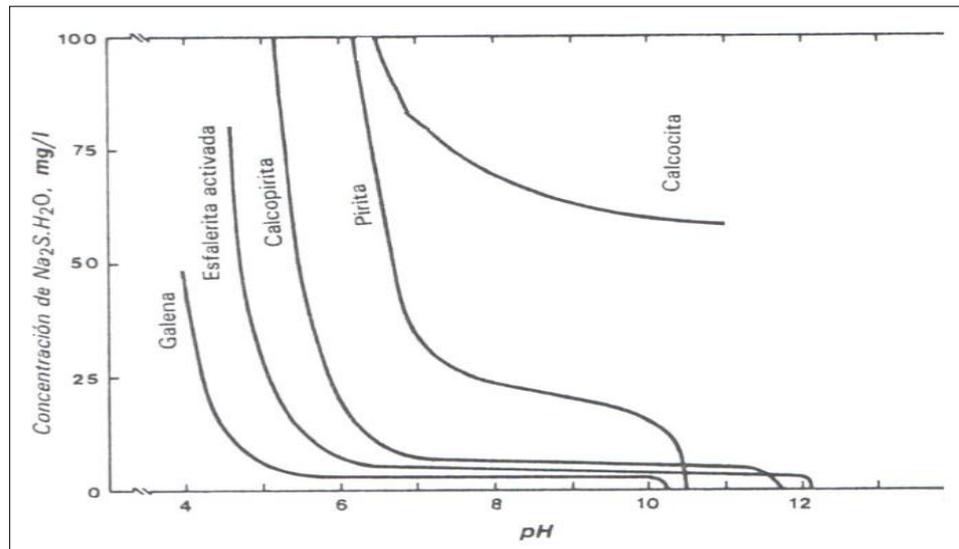
**Nota:** Fuente, Tomado de Abarca, 2011

Al revisar la figura 7 se evidencia que la selección efectiva es posible con base en la acción depresiva del ión hidroxilo solo, básicamente esto resulta una indicación de las condiciones de operación para flotación diferencial, así mismo deben tenerse en cuenta que se obtuvieron mediante el análisis de ángulo de contacto en muestras limpias y bajo condiciones ideales. En distintos minerales de sulfuros, la medición de pH no basta para que la selectividad sea aceptable.



**Figura 8.** Curva crítica de pH para flotación con xantatos etílico de potasio (25 ml/l) en presencia de cianuro de sodio. La flotación es posible a la izquierda de las curvas.

**Nota:** Fuente, Tomado de Abarca, 2011



**Figura 9.** Curvas críticas de pH para flotación con xantatos etílico de potasio (25 mg/l) en presencia de sulfuro de sodio. La flotación es posible a la izquierda de la curva.

**Nota:** Fuente, Tomado de Abarca, 2011

Se puede mejorar la selectividad en los minerales sulfurosos en la flotación de minerales por activación o control de la activación en la superficie de los minerales. Resaltando la importancia en relación con lo detallado, en la flotación de la esfalerita como ejemplo, sin activar, la recuperación de la esfalerita es muy baja con el uso del colector del tiol. Para la

activación de un mineral sulfurado se puede realizar con el reemplazamiento de los iones de zinc. Ingresando a cambio iones metálicos de sulfuros más establece en la superficie del mineral, como ejemplo en el cobre o plomo.

### **2.2.11. El mecanismo que vierte efecto la acción de los reactivos de flotación**

**es:**

- Los diferentes tipos de los reactivos, dosificación y orden de adición, en la flotación.
- El método y concentración de los reactivos en la flotación.
- La utilización como independiente o mezcla con otros reactivos de flotación.
- El performance de los reactivos de flotación con la pulpa, (tiempo de acondicionamiento).
- Lugar de la adición de los reactivos de flotación en la recuperación del concentrado.
- Geología de minerales y granulometría.
- Generación y/o partículas finas, ultra finas, arcillas; en los minerales.
- Manipulación del circuito y manejo de caudal de agua y carga circulante.

### **2.3. Definición de términos básicos.**

#### **Metalurgia**

Es la materia técnica de la obtención de concentrados bajo el tratamiento de los metales a partir de minerales metálicos (química de superficies). Así como También estudia las aleaciones de metales (pirometalurgia). Manipulando el control de calidad de los procesos.

#### **Proceso metalúrgico**

Para el proceso de mineral se usa la concentración del sulfuro, que básicamente consiste en separar el metal valioso del no valioso (ganga) que lo acompaña en el mineral. Este proceso se Puede hacerse por gravedad, o por flotación, así como también por separación magnética

#### **Mineral.**

Son las rocas de la familia no solicitadas, que está ubicada en la corteza terrestre, entre los 12km y 70 km de profundidad, el mineral posee las características de ser de material duro, se encuentra de manera natural, tiene una composición química definida y un sistema de cristalización ordenada se encuentra divididos en los grupos de: sulfatos, sulfuros, óxidos, manganesos, nativos entre otros.

#### **Mena sulfurada.**

Contienen al metal como sulfuro, tales como la galena (PbS); La calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>); la esfalerita (ZnS); etc.

#### **Galena.**

Es el mineral valioso que le caracteriza el sulfuro de plomo PbS. Además de encontrarse en la corteza terrestre en forma natural, con una composición química definida y sistema de cristalización ordenada.

### **Flotación.**

Es uno de los procesos más importantes de la química de superficies usualmente se usa la fisicoquímica que interactúa con tres fases sólido-líquido-gaseoso, donde su objetivo principal es la separación de especies minerales valiosos y no valiosos mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire (espumas).

### **Flotación Bulk.**

Es la recuperación de los minerales polimetálicos valiosas en un solo producto dos metales, para luego ser separado, se le denomina concentrado Bulk.

### **Etapas de la flotación.**

En la química de superficies, recuperación de minerales se realizan por etapas; Rougher, Scavenger y Cleaner.

### **Reactivos de flotación.**

Insumos químicos utilizados en flotación y que tienen funciones específicas.

### **Celdas de flotación.**

Conjunto de caldas metálicas que sirven como base para contener la pulpa de mineral y proporcionar condiciones para la recuperación de los metales valiosos.

### **Pulpa.**

La pulpa viene a ser la mezcla del mineral molido más agua, siendo el elemento básico de la flotación, esto contiene todos los elementos a recuperar así mismo reúne ciertas condiciones para el desarrollo de la flotación, es decir que el mineral debe estar debidamente molido de una forma homogénea.

### **Relave.**

El relave es un conjunto de minerales que cuentan con un gran potencial de contaminación al medio ambiente, estos son expulsados de los procesos mineros

y concentración de minerales, está contiene la mezcla de rocas molidas no valiosas más agua.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Con el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 se determinará la influencia en la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

1. Con la dosificación del reactivo AR-3418 en la alimentación del molino se verá la recuperación del plomo de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.
2. Con la dosificación del reactivo AR-3418 en la descarga del molino se verá la recuperación del plomo de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.
3. Con el análisis comparativo de las recuperaciones se verá el efecto del reactivo AR-3418 de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variables dependientes**

Recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk

### **2.5.2. Variables independientes**

Influencia del punto de dosificación del reactivo AR-3418.

### 2.5.3. Variables intervinientes

- Punto de dosificación del reactivo AR-3418
- Grado de molienda.
- Porcentaje de sólidos.

### 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Durante la ejecución y manejo de la variable independiente, se analiza y determina que los elementos experimentales de cada proceso de investigación, con la única intención de conllevar a un control analítico y cuantitativo durante las pruebas experimentales en la recuperación del plomo, estos nos inducen a la mejora recuperación del plomo.

- Molienda del mineral
- Punto de dosificación del reactivo AR-3418

**Tabla 2** Variables e indicadores de operación.

Ítem	variables	dimensiones	indicadores
V.I	Influencia del punto de dosificación del Reactivo AR-3418	*Alimentación en la entrada del molino	Ton/día
		*Alimentación en la descarga del molino	Ton/día
		*Análisis comparativo de la recuperación	Comparación de tratamientos
V.D	Recuperación del Plomo en las Celdas Unitarias Bulk	*Grado de recuperación	% Pb

**Nota:** Fuente, datos de planta concentradora El Porvenir.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

**Tipo de investigación sera aplicativo**, basándose que da soluciones a problemas reales en la planta concentradora, para nuestro caso se da solución a la recuperación del plomo, procedentes de las celdas unitarias bulk en la planta concentradora de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A., lo manifestado se refuerza de acuerdo a (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), quien manifiesta, una investigación para ser catalogada como científica debe ser rigurosa, sistemática, estructurada, empírica y debe desarrollarse bajo estrictas normas de protocolo. “La clase de investigación cumple con solucionar problemas (investigación aplicada)”. Según el **nivel de investigación es explicativa**, debido a que en el objetivo se plantea mejorar la recuperación del plomo controlando la celda unitaria bulk. Según Hernández Sampieri (2014), “todos los estudios de explicación se dan más allá de la descripción de teorías o fenómenos o del establecimiento de enlaces entre ideas; es decir, están orientados

a inducir por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Su único interés se centra en explicar los fenómenos y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables”.

### **3.2. Métodos de investigación**

Para obtener resultados confiables extraídos de la realidad, se considera la relación directa entre la variable, independiente y dependiente con el objetivo de encontrar el punto de dosificación del reactivo AR-3418 para el mejoramiento de la recuperación del concentrado plomo en las celdas unitarias Bulk para ello el **método de investigación será cuantitativo** para nuestro trabajo se usara el método experimental (el investigador manipula una o más variables para determinar cómo esta manipulación afecta el resultado). Lo manifestado se refuerza según **Ramón Erazo (2010)**, “el método científico permite descubrir la verdad dentro de la complejidad de la naturaleza, la sociedad y las relaciones inter e intrasubjetivas de los seres humanos”. Además, para investigar es necesario usar técnicas y procedimientos para contrastar la hipótesis, que se plasma en informes y conclusiones.

### **3.3. Diseño de investigación**

Según **Carrasco Días (2005)**, El diseño es el instrumento que guía la forma y el modo como el investigador va dar respuesta al problema de investigación.

Para el trabajo de investigación se usará el **diseño de investigación experimental**, para ello se planifico primero realizar el muestreo de la pulpa en la descarga del molino primario y concentrado plomo de las celdas unitarias Bulk.

Se menciona que, para el diseño de la investigación, se realizara el control de las pruebas experimentales, que se realizara mediante el análisis de los resultados del seguimiento de las variables independientes y todas que ingresaron circunstancialmente favoreciendo en los resultados de la variable dependiente (causa y efecto).

### 3.4. Población – muestra

#### 2.6.1. Población

La población está conformada por las toneladas de mineral que ingresa a los molinos primarios (6000 TMSP) procedentes de las reservas probadas, probables y recursos medidos de la empresa minera El Porvenir, Milpo – Nexa Resources S.A.C. A continuación, se presenta en la tabla.

**Tabla 3** *UM El Porvenir: Inventario de Reservas y Recursos – 2018*

<b>Fecha: 31.12.2018</b>					
<b>Cut Off (NSR): SLS @48.38 US\$/t y C&amp;F @56.15 US\$/t</b>					
<b>Reservas</b>	<b>Millones de Toneladas (Mt)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Ag (g/t)</b>
Reservas probadas	9.28	3.54	0.97	0.20	58.6
Reservas probables	8.20	3.92	0.89	0.22	49.9
<b>Total de reservas</b>	<b>17.49</b>	<b>3.72</b>	<b>0.93</b>	<b>0.21</b>	<b>54.5</b>
<b>Recursos</b>	<b>Millones de Toneladas (Mt)</b>	<b>Zn (%)</b>	<b>Pb (%)</b>	<b>Cu (%)</b>	<b>Ag (g/t)</b>
Recursos medidos	2.46	2.77	1.02	0.16	68.1
Recursos indicados	2.52	2.87	0.99	0.18	55.8
<b>Subtotal Recursos</b>	<b>4.98</b>	<b>2.82</b>	<b>1.00</b>	<b>0.17</b>	<b>61.9</b>
Recursos inferidos	7.56	3.90	0.89	0.23	57.8

**Nota:** Fuente, Nexa Resources Perú S.A.A. UM El Porvenir

## 2.6.2. Muestra

La muestra está conformada por el muestreo realizado cada 20 min durante 4 horas de trabajo (celdas unitarias Bulk) se obtuvo una muestra de 12 kg con ley de cabeza de 2.8% para el año 2019. Según **Cárcamo (2003)** el Muestreo es Sistemático, debido a que este tipo de muestreo los incrementos son colectados a intervalos regulares, en términos de masa, tiempo o espacio definidos de antemano. Una de las primeras muestras debe sacarse al tiempo después del espacio propuesto.

## 2.6.3. Varianza relativa de error ( Pierre Gy )

**Tabla 4** Datos para el análisis de la varianza relativa de error (Pierre Gy)

símbolo	descripción	datos	Unid.
ML	población en gramos	6000 TMSP	6000000000 g
MS	muestra en gramos	12 KG	12000 g
d <sub>95</sub>	diámetro máximo de las partículas / diámetro nominal de la muestra en centímetros	Malla 70 212 micrones	0,0212 cm
d' o d <sub>05</sub>	diámetro de las partículas mínimas de la muestra en centímetros	Malla 200 75 micrones	0,0075 cm
al	porcentaje del plomo en peso	2,8 Ley de cabeza Pb	2.80% 0,028
g <sub>1</sub>	peso específico del plomo gr/cm <sup>3</sup>		7,58 gr/cm <sup>3</sup>
g <sub>2</sub>	peso específico dela ganga gr/cm <sup>3</sup>	Milpo	3,12 gr/cm <sup>3</sup>
dl	tamaño de liberación del plomo en centímetros	Malla 400 mínimo	38 micrones 0,0038 cm
C	factor mineralógico ((1-al)/al)((1-al)g <sub>1</sub> +al g <sub>2</sub> )		258,799166
l	factor de liberación (dl/d <sub>95</sub> )elevado a (1.2 para minerales de plomo y cobre)		0,17924528
f	factor de forma de las partículas (se supone que las partículas son aproximadamente esféricas se considera)	3,14159/6	0,52
g	factor de distribución de tamaño (d <sub>95</sub> /d')	2 < 2,83 < 4 se considera	0,5

**Nota:** Fuente, planta concentradora y laboratorio metalúrgico. UM El Porvenir Milpo

**Tabla 5** Factor de distribución de tamaño Pierre Gy

factor de distribución de tamaño según Pierre Gy	
$2 < d_{95}/d' < 4$	$g=0,50$
$1 < d_{95}/d' < 2$	$g=0,75$
$d_{95}/d' = 1$	$g=1,00$
$d_{95}/d' > 4$	$g=0,25$

**Nota:** Fuente, teoría de Pierre Gy

**la formula Pierre Gy**

La varianza relativa del error fundamental de muestreo está dada por:

$$S^2 = Kd^3(1/MS - 1/ML) \dots \dots \dots (2)$$

$d = d_{95}$	0,0212
$K = c * g * f * l$	12,061

$S^2 =$	0,00000000958
$S =$	0,0000979796
$2S =$	0,000195959
$2S =$	<b>0,0196 %</b>

**Conclusión**

Con el 95% de confianza del error relativo viene a ser 0,0196 % (bastante bueno)

**OBSERVACIÓN:** para el factor de liberación se somete una de las debilidades no aplicables de la Teoría de Pierre Gy de tal manera que no representa bien el caso de leyes bajas (ppm.)

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### 3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos utilizados en el estudio son:

**La observación**, mediante esta técnica realizamos el punto de muestreo de la pulpa, concentrado y relave en las celdas unitarias Bulk I y II.

**La manipulación de reactivos**, con ello se logra el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418. En las celdas unitarias.

**El muestreo**, con esta técnica se obtuvo las muestras de las celdas unitarias en planta concentradora para su análisis y ensayes.

**Cuaderno de apuntes**, en estos cuadernos se realizó la toma de datos observados en las pruebas experimentales durante la guardia de 4 horas.

**La entrevista a trabajadores y supervisores**, con esta técnica realizamos la entrevista a los supervisores de guardia respecto al estudio que se está realizando, siendo esto no estructurado.

#### 3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Entre las técnicas para la recolección de datos que se utilizaron fueron los siguientes:

**Equipo de cómputo**; se utilizó para el tratamiento estadístico como también en la elaboración del presente trabajo de investigación.

**Tabla de datos (Excel)**, estas tablas se elaboraron para recolectar datos de laboratorio químico y con ello realizar cálculos como el balance metalúrgico.

**Laboratorio químico - metalúrgico**, donde se reportan los análisis de los elementos de los puntos muestreados.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el análisis y proceso de datos se usó el Microsoft Excel, en la realización del balance metalúrgico y gráficos.

### **3.7. Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico se realiza en el libro Excel en ello la prueba de hipótesis de los ensayos de recuperación del plomo, para afirmar o rechazar la hipótesis planteada en el estudio realizado.

### **3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

Las tablas para la toma de datos y operación se validaron mediante el juicio técnico de los ingenieros que laboran en la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A., contando con amplia experiencia de cada uno de ellos.

### **3.9. Orientación ética**

El presente trabajo de investigación está orientado al interés de la empresa mejorando los procesos y los beneficios económicos y la óptima recuperación del plomo con procedimientos optimizados el circuito, de la misma da lugar a que se analiza de otro punto de vista el circuito enfocándose en la mejora operativa con el único fin de mejorar los concentrados objeto del presente estudio de investigación.

Los datos obtenidos en el estudio se realizaron teniendo en cuenta los valores éticos del investigador en la que se da fe de los ensayos obtenidos.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

Para el trabajo de campo en el presente trabajo de investigación, se realizaron en la planta concentradora obteniendo muestras de pulpa (concentrado plomo) de las celdas unitarias Bulk I y II, y ensayos.

Se realizó el cambio de la adición del colector AR-3418 de alimento del molino a la descarga del molino primario I y II que posteriormente es alimento de las celdas unitarias I y II respectivamente.

Se monitoreará la dosificación del reactivo AR-3418 en la descarga de los molinos primarios; para el análisis del resultado después del cambio de adición del colector AR-3418, se tomaron muestras de cabeza y conlevado a realizarse las pruebas metalúrgicas.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de los resultados

### 4.2.1. Resultados de la recuperación del plomo en las celdas unitarias I y II, dosificando el reactivo AR-3418 en la alimentación de los molinos primarios.

Para la evaluación del punto de dosificación del colector AR-3418, se toma como punto de partida la evaluación e interpretación de resultados antes de la modificación, como se muestra a continuación:

#### CELDA UNITARIA I

**Tabla 6** Análisis de leyes recuperación del plomo antes del cambio.

Leyes – laboratorio químico – celda unitaria I					
N°	DESCRIPCIÓN	%Pb	%Zn	%Cu	Oz /TM Ag
1	CABEZA	1,705	4,324	0,232	2,829
2	ESPUMA	65,578	2,950	0,352	83,592
3	RELAVE	1,474	3,947	0,213	2,538

**Nota:** Fuente, laboratorio químico UM Milpo El Porvenir

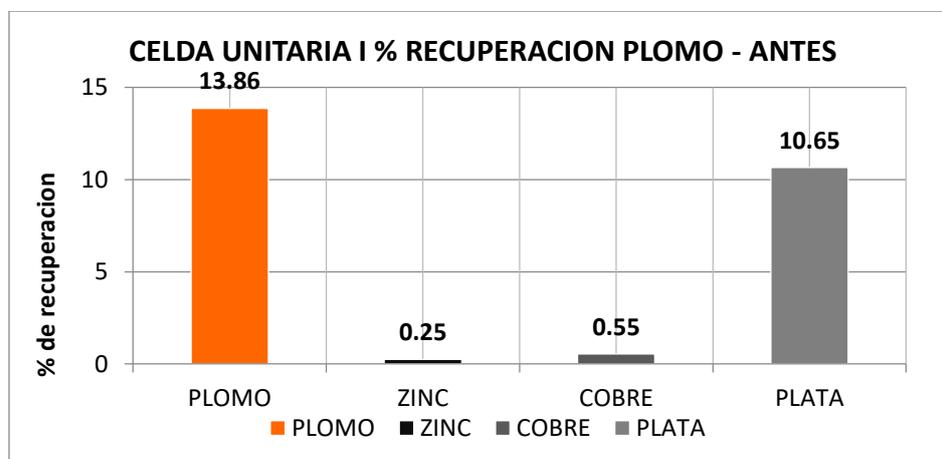
**Tabla 7** Análisis de leyes y porcentaje de recuperación de plomo, antes del cambio

P-1	LEYES					% DE RECUPERACION				Recuperación de Pb	
	COMPO- NENTE	TMS	%Pb	%Zn	%Cu	%Ag	Pb	Zn	Cu		Ag
	CABEZA	130,00	1,705	4,324	0,232	2,829	100,00	100,00	100,00	100,00	
	ESPUMAS	0,47	65,578	2,950	0,352	83,592	<b>13,86</b>	0,25	0,55	10,65	<b>13,86</b>
	COLA	129,53	1,474	3,947	0,213	2,538	86,14	99,75	99,45	89,35	

**Nota:** Fuente, elaboración propia, UM Milpo El Porvenir,

Las espumas, presenta buena concentración del plomo, pero bajo porcentaje de recuperación, podría considerarse unos de los motivos de que el porcentaje de sólidos es demasiado y el colector o como también el colector pierde su performance hacia el mineral al tener demasiado tiempo

de acondicionamiento desde la adición al alimento del molino primario hasta su recuperación del plomo.



**Figura 10.** Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARIA I antes del cambio realizado.

**Nota:** Fuente, elaboración propia, UM El Porvenir - Nexa

## CELDA UNITARIA II

**Tabla 8.** Análisis de recuperación CELDA UNITARIA II flotación de plomo, leyes de laboratorio químico antes del cambio

Leyes – laboratorio químico – celda unitaria II					
No	DESCRIPCIÓN	%Pb	%Zn	%Cu	Oz /TM Ag
1	CABEZA	1,755	4,319	0,225	2,636
2	ESPUMA	70,807	3,463	0,565	89,522
3	RELAVE	1,665	4,014	0,223	2,636

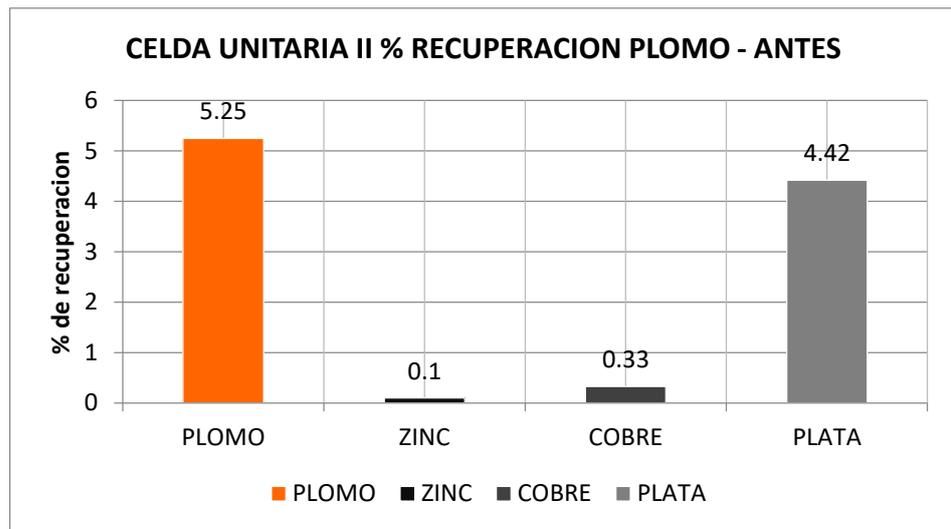
**Nota:** Fuente, laboratorio químico, UM El Porvenir - Nexa

**Tabla 9.** Análisis de leyes y porcentaje de recuperación del plomo, CELDA UNITARIA II antes del cambio realizado.

COMPO ENTE	LEYES				% DE RECUPERACION					Recuperac ión de Pb
	TMS	%Pb	%Zn	%Cu	%Ag	PLOMO	ZINC	COBRE	PLATA	
CABEZA	130,00	1,76	4,32	0,23	2,64	100,00	100,00	100,00	100,00	
ESPUMAS	0,17	70,81	3,46	0,57	89,52	5,25	0,10	0,33	4,42	5,25
COLA	129,83	1,67	4,01	0,22	2,64	94,75	99,90	99,67	95,58	

**Nota.** Fuente, elaboración propia, UM Milpo El Porvenir

Las espumas, presenta buena concentración en Pb y Ag, pero bajo % Recuperación, como se propone se realizará el cambio de posición de adición del reactivo colector AR-2418 en la descarga de los molinos primarios y como también se evaluará el grado de liberación en los molinos primarios.



**Figura 11.** Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARIA II antes del cambio realizado.

**Nota:** Fuente, elaboración propia UM El Porvenir - Nexa

#### **4.2.2. Resultados de la recuperación del plomo en las celdas unitarias I y II, dosificando el reactivo AR-3418 en la descarga de los molinos primarios.**

Para la prueba de hipótesis se presenta los resultados de la recuperación del plomo de las celdas unitarias I y II, con el punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la descarga de los molinos primarios:

## CELDA UNITARIA I

**Tabla 10** Análisis de recuperación CELDA UNITARIA I flotación de plomo, leyes de laboratorio químico después del cambio

Leyes – laboratorio químico – celda unitaria I					
No	DESCRIPCIÓN	%Pb	%Zn	%Cu	Oz /TM Ag
1	CABEZA	1,179	4,093	0,137	2,031
2	ESPUMA	67,830	3,419	1,299	88,699
3	RELAVE	0,700	4,107	0,127	1,370

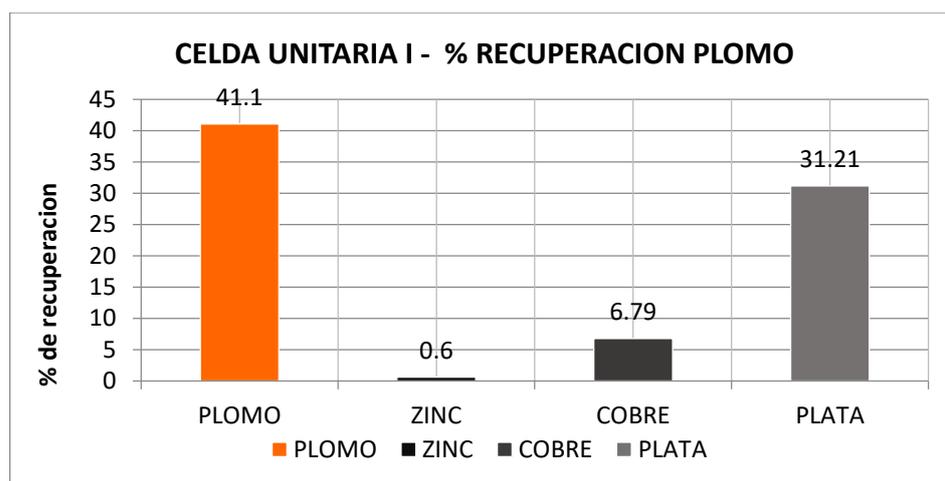
**Nota:** Fuente, laboratorio químico, UM El Porvenir - Nexa

**Tabla 11** Análisis de leyes y porcentaje de recuperación del plomo, CELDA UNITARIA I después del cambio.

COMPON ENTE	LEYES					% RECUPERACION				Recuperación de Pb
	TMS	%Pb	%Zn	%Cu	%Ag	Pb	Zn	Cu	Ag	
CABEZA	130,00	1,18	4,09	0,14	2,03	100,00	100,00	100,00	100,00	
ESPUMAS	0,93	67,83	3,42	1,30	88,70	41,10	0,60	6,79	31,21	<b>41,10</b>
COLA	129,07	0,70	4,11	0,13	1,37	58,90	99,40	93,21	68,79	

**Nota:** Elaboración propia, UM El Porvenir - Nexa

Las espumas, presenta un mejor concentrado de Pb y Ag, y una excelente % Recuperación una gran diferencia antes del cambio de posición de adición del colector AR-3418, en la descarga de los molinos primarios, pero aún se evaluará el grado de liberación de los molinos para un mayor % de recuperación del plomo, y con ello obtener la limpieza del zinc para su recuperación.



**Figura 12.** Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARIA I después del cambio

**Nota:** Fuente, elaboración propia, UM El Porvenir - Nexa

## CELDA UNITARIA II

**Tabla 12** Análisis de recuperación CELDA UNITARIA II flotación de plomo, leyes de laboratorio químico después del cambio realizado

Leyes – laboratorio químico – celda unitaria II					
No	DESCRIPCIÓN	%Pb	%Zn	%Cu	Oz /TM Ag
1	CABEZA	1,327	4,117	0,132	2,002
2	ESPUMA	69,880	4,038	1,359	83,557
3	RELAVE	0,742	4,077	0,119	1,467

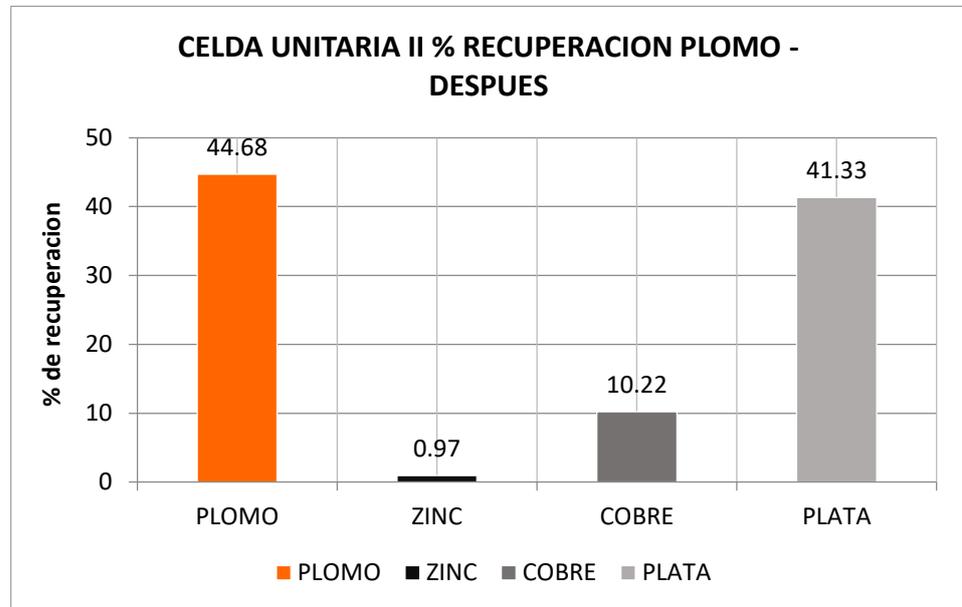
**Nota:** Fuente, laboratorio químico UM El Porvenir - Nexa

**Tabla 13** Análisis de leyes y porcentaje de recuperación del plomo, CELDA UNITARIA II después del cambio realizado.

COMPONENTE	TMS	LEYES				% RECUPERACIÓN				Recuperación de Pb
		%Pb	%Zn	%Cu	%Ag	Pb	Zn	Cu	Ag	
CABEZA	130,00	1,327	4,117	0,132	2,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
ESPUMAS	1,29	69,880	4,038	1,359	83,56	<b>44,68</b>	0,97	10,22	41,33	<b>44,68</b>
COLA	128,71	0,742	4,077	0,119	1,47	55,32	99,03	89,78	58,67	

**Nota:** Fuente, elaboración propia, UM El Porvenir - Nexa

Como se observa la tabla N° 11 las espumas presentan una mejor ley del Pb, y una excelente % Recuperación una gran diferencia antes del cambio de posición de adición del colector AR-3418, en la descarga de los molinos primarios.



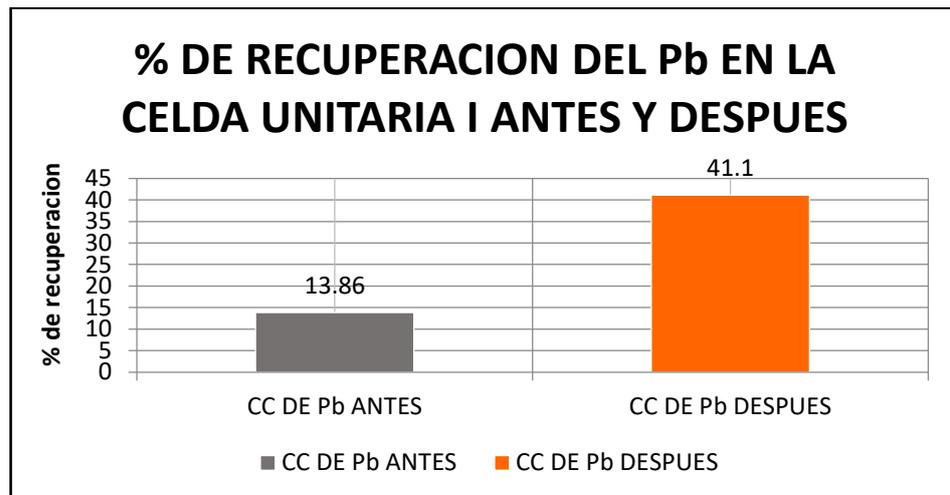
**Figura 13.** Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARIA II después del cambio.

**Nota:** Fuente, elaboración propia UM Milpo El porvenir

#### **4.2.3. Análisis comparativo de la recuperación del concentrado plomo en las celdas unitarias I y II, antes y después del cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418.**

A continuación, se muestra el análisis de la recuperación del plomo en las celdas unitarias I y II, antes y después del punto de dosificación del colector AR-3418, en la UM El Porvenir, Milpo – Nexa Resources S.A.A. objeto del presente trabajo de investigación.

## CELDA UNITARIA I

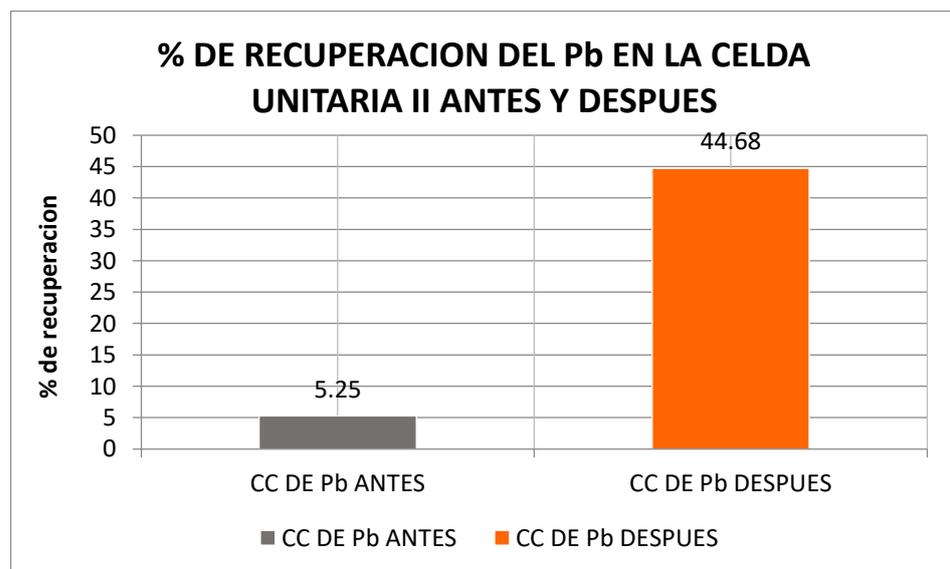


**Figura 14.** Porcentaje de recuperación del concentrado plomo, CELDA UNITARIA I antes y después del cambio de adición del colector AR-3418.

**Nota:** Fuente, elaboración propia UM El Porvenir - Nexa

Como se puede apreciar que antes de la modificación del punto de dosificación del colector AR-3418 a la descarga de los molinos primario la recuperación de Plomo en la CELDA UNITARIA I era de 13,86% Pb. Con la modificación se logró 41,10% Pb.

## CELDA UNITARIA II

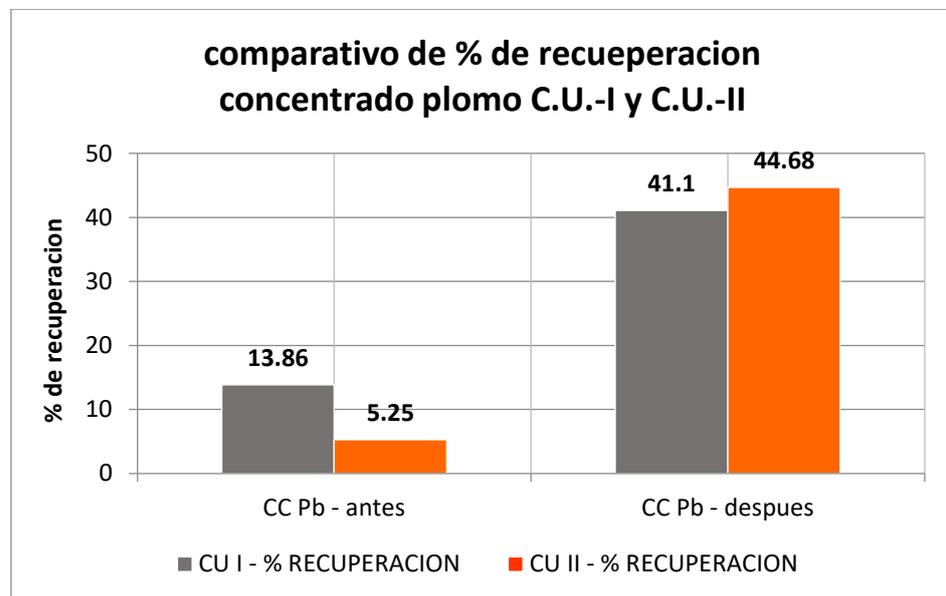


**Figura 15.** Porcentaje de recuperación del concentrado de plomo, CELDA UNITARIA II antes y después del cambio de adición del colector AR-3418.

**Nota:** Fuente, propia UM Milpo El porvenir

Como se muestra la figura N° 15 antes de la modificación del colector AR-3418 a la descarga de los molinos primario la recuperación de Plomo en la CELDA UNITARIA II eran de 5,25% Pb. Con la modificación se logró 44,68% Pb.

**Comparativo de la recuperación del plomo en las celdas unitarias I y II, antes y después de la modificación del punto de dosificación del reactivo AR-3418.**



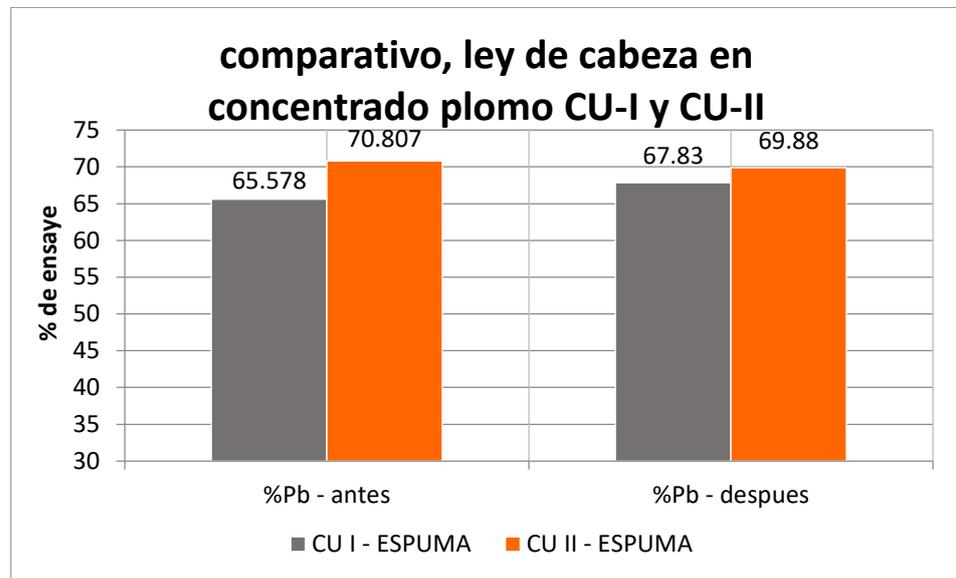
**Figura 16.** Comparativo de porcentaje de recuperación del concentrado plomo, CELDA UNITARIA I y II antes y después del cambio de adición del colector AR-3418

**Nota:** Fuente, elaboración propia UM Milpo El porvenir

**Ley de cabeza en concentrados de las celdas unitarias I y II, antes y después de la modificación del punto de dosificación del reactivo AR-3418.**

De esta misma forma se muestra el ensayé de concentrado plomo de las pruebas metalúrgicas de las celdas unitarias I y II, antes y después de

la modificación de la adición del colector AR-3418 en la descarga de los molinos primarios.



**Figura 17.** Ensaye del concentrado plomo, CELDA UNITARA I y II, antes y después del cambio de adición del colector AR-3418

**Nota:** Fuente, elaboración propia UM El Porvenir - Nexa

#### 4.2.4. resultados de la evaluación del grado de liberación de la molienda primaria I y II.

Los resultados del análisis de los ensayos y balances metalúrgicos realizados productos del cambio de adición del reactivo AR-3418, nos confirma que:

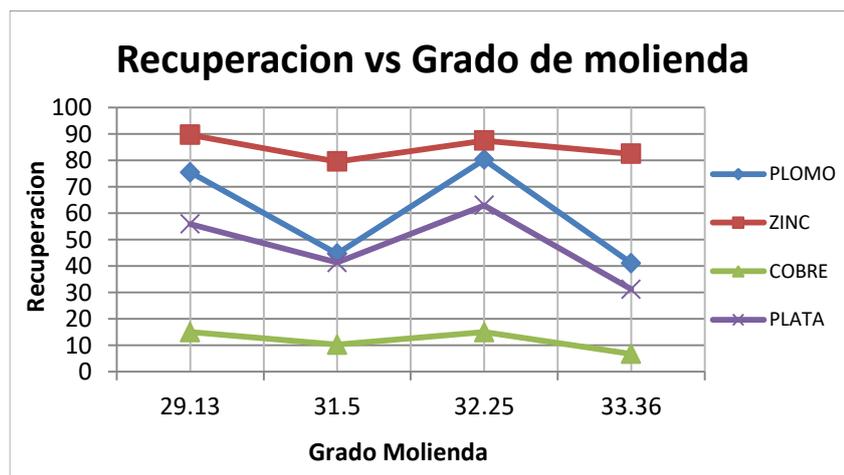
##### 4.2.4.1. Grado de liberación

El grado de molienda es una de las variables muy importante en la recuperación del concentrado plomo.

**Tabla 14** Grado de molienda - %200 mallas y su porcentaje de recuperación.

Grado de molienda 200 mallas	% de recuperación			
	Plomo	Zinc	Cobre	Plata
29.13 %	75.5	89.7	15	55.9
31.5 %	44.68	79.6	10.22	41.33
<b>32.25 %</b>	<b>80.3</b>	<b>87.5</b>	<b>15</b>	<b>63</b>
33.36 %	41.1	82.5	6.79	31.21

**Nota:** Fuente, fuente Propia UM El Porvenir - Nexa



**Figura 18.** Determinación grado óptimo de molienda

**Nota:** Fuente, elaboración Propia UM El Porvenir - Nexa

Se observa que el óptimo grado de molienda a considerar es de 32,25% -200 mallas, por tener una buena recuperación en el plomo, zinc, cobre y plata, puesto que presenta una buena liberación de ellas.

#### 4.2.4.2. porcentaje de solidos

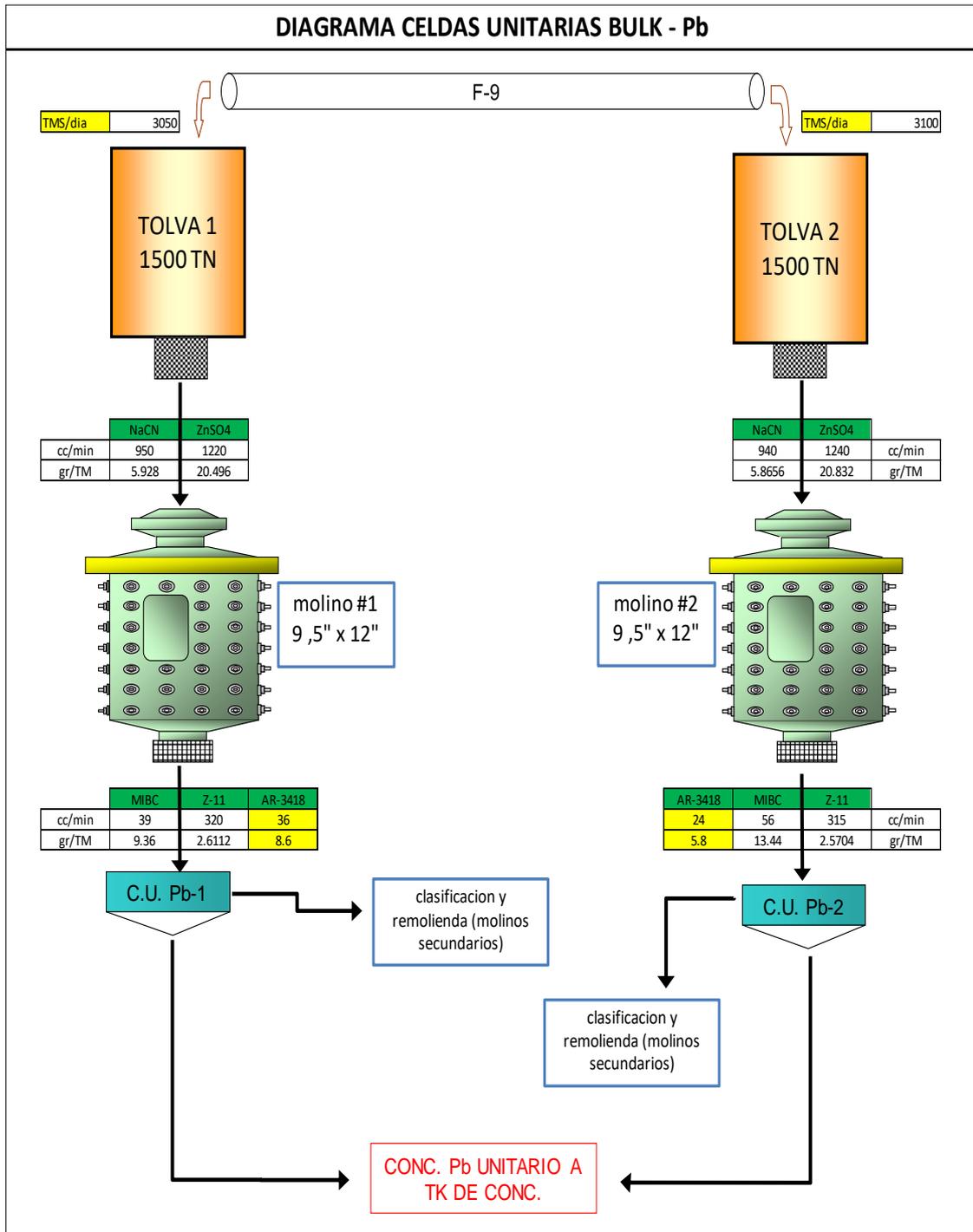
El porcentaje de sólidos en la descarga de los molinos primarios I y II es de 74,47%, es muy importante su control puesto que es un parámetro que se involucra en dos aspectos; en el circuito de molienda y en la performance de los reactivos.

El lugar de adición de colector definitivamente es necesario que sea en la descarga de los circuitos de molienda I y II, porque esto mejora la recuperación del sulfuro de plomo.

#### 4.2.5. Identificación del punto de dosificación del colector AR - 3418 en el circuito de celdas unitarias Bulk I y II.

Después de la modificación propuesta el balance de las celdas unitarias presenta una mejora en el porcentaje de recuperación del plomo, demostrando que analizando algunos detalles del circuito de molienda y celdas de flotación es posible obtener mejores resultados, como sea el

caso la modificación del punto de dosificación del colector AR-3418 en la descarga de los molinos primarios, a continuación se presenta el diagrama con el cambio del punto de dosificación del colector AR-3418, Figura N°19 .



**Figura 19.** Diagrama de punto de dosificación del colector AR-3418 propuesto para el incremento de la recuperación del concentrado de plomo, en las celdas Unitarios I y II

**Nota:** Fuente, elaboración propia UM Milpo El porvenir

#### 4.2.6. Comparación de los resultados de la recuperación del plomo en la celda Bulk

A continuación, realizamos la comparación de las recuperaciones del plomo (calidad), dosificando en la entrada del molino y después en la descarga, como se puede apreciar en la tabla.

**Tabla 15** *Recuperación del plomo en las celdas unitarias*

PRUEBAS	RECUPERACIÓN ANTES	RECUPERACIÓN DESPUES
1	65.57	70.80
2	67.83	69.88
3	65.29	71.03
4	64.06	69.44

**Nota:** Fuente, datos de la recuperación del plomo en las celdas unitarias antes y después del punto de dosificación del reactivo AR-3418 UM El porvenir - Nexa

La dosificación en la descarga del molino tiene mayor efecto en la recuperación del plomo obteniendo plomo de mejor calidad, esto debido a que el mineral requiere menor tiempo de acondicionamiento y el efecto del reactivo es más directo.

#### 4.3. Prueba de Hipótesis

La hipótesis estadística se somete a la prueba para ver si se acepta o se niega la hipótesis nula. A continuación, presentamos la hipótesis estadística.

##### **Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>)**

Con el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 no se recuperará el plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir, Milpo – Nexa Resources S.A.C. - Pasco 2019

### Hipótesis alterna (Ha)

Con el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 se recuperará el plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources S.A.A. -Pasco 2019

### Nivel de significancia

$$\alpha=0.05$$

### Elección del Estadístico de prueba

$$n_1=4$$

$$n_2=4$$

$$\bar{y}_1= 65,68$$

$$\bar{y}_2= 70,28$$

$$S^2_1=2,25$$

$$S^2_2=0,19$$

$$t_c = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \dots \dots \dots (3)$$

$$t_c = -7,26$$

### Regla de decisión

$t_c > \pm t_{0,025, 6}$  (Se rechaza la hipótesis nula)

$$-7,26 > \pm 2,44$$

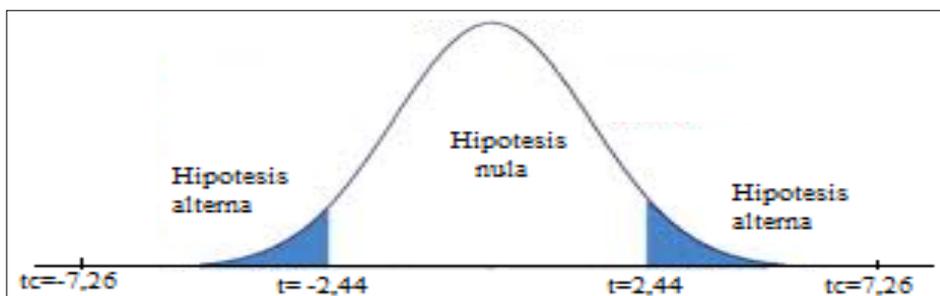


Figura 20. Diagrama de prueba de hipótesis.  
Nota: Fuente, Elaboración Propia UM Milpo El porvenir

### Decisión

Se acepta la hipótesis alterna

## **Conclusión**

Existe evidencia suficiente para afirmar que el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 influye en la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir, Milpo – Nexa Resources S.A.C. -Pasco 2019, con un nivel de significancia del 5%.

## **4.4. Discusión de resultados**

### **4.4.1. Flotación Flash (celdas unitarias)**

#### **Antecedente del estudio**

**Cortez Rosario, M. A. (2009). Afirma que,** La flotación es un proceso fisicoquímico cuya técnica de procesamiento es el más importante de separación de minerales de los valiosos de los no valiosos, se trata de una de las aplicaciones difíciles de la química de superficies. El método descrito como Flotación Flash (Flash-Flotation) debido al corto tiempo de residencia requerida, permite flotar minerales valiosos en el circuito de molienda, evitando la sobre molienda y produciendo concentrados gruesos fáciles de filtrar. **Recuperado de;** [*Estudio de la reducción del desplazamiento de plomo a concentrados de cobre, zinc y al relave final mediante la implementación de celdas unitarias Skim-Air (sk-240 y sk-80) en la descarga de los molinos en C.I.A. Minera Raura.* (Tesis de pre grado). Universidad del Centro del Perú, Huancayo, Perú.]

#### **Punto de vista del tesista**

En el trabajo investigación se toma referencia a **Cortez Rosario, M. A. (2009)**, para el uso de celdas unitarias en la recuperación del plomo en

la unidad minera “El Porvenir”, – Nexa Resources S.A.A., obteniendo beneficios; primero en la recuperación del plomo y segundo evitando lamas y impidiendo la contaminación de plomo en los concentrados de cobre y plata, así mismo se **comenta** al antecedente; el mineral de plomo es de naturaleza variable en algunos casos encapsulados y en otros partículas libres, a ello se recomienda el análisis del comportamiento del mineral para la recuperación del plomo y/o el lugar adecuado de adición de los reactivos.

#### **4.4.2. Uso del reactivo AR-3418 (recuperación del plomo)**

##### **Antecedente del estudio**

**Alvarado, C (2016): afirma que**, el presente trabajo de investigación fue elaborado en la EMPRESA MINERA OCCIDENTAL 2 DE CAJAMARCA S.R.L.

Se estudió la influencia de la dosificación de los colectores AR-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico, del nivel 2 de la veta murciélagos de la empresa Minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L **Recuperado de** *[Influencia de la dosificación de los colectores ap-3418 y ar-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L. (tesis de pregrado). Universidad privada del norte, Cajamarca, Perú].*

### **Punto de vista del tesista**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se toma referencia a **Alvarado, C (2016)**, para el desarrollo del presente trabajo de investigación se menciona el buen performance del reactivo colector AR-3418, demostrando buenos resultados de concentrado plomo en las celdas unitarias, se **comparte** el criterio del antecedente en posibles cambios del reactivo AR-3418 a F-8060 como alternativa para la recuperación del plomo.

### **Comentario del tesista**

El metalurgista siempre está propenso a cambios rápidos, esto por la misma naturaleza y comportamiento de los minerales al momento de su recuperación; una de ellas es la adición de los reactivos de flotación dentro de los procesos de flotación, así como también la manipulación de parámetros con el objeto de mejorar el concentrado.

Con el cambio del punto de la dosificación del colector AR-3418 se incrementó un 27,24% de recuperación del concentrado plomo en la celda Unitaria I, de la misma manera en la celda unitaria II la recuperación del concentrado Plomo incremento un 39,43%.

Esto induce que los resultados de la flotación de las celdas unitarias Bulk confirmaron que las variables son significativas.

## CONCLUSIONES

- Se prueba que punto de dosificación del reactivo AR-3418 en el alimento de los molinos primarios para la recuperación del concentrado plomo en las celdas unitarias Bulk, presentan una ley (68,195%) promedio favorable para su comercialización, pero muy bajo en el porcentaje de recuperación (9,55%) promedio entre las celdas unitarias I y II.
- La variación del cambio de punto de dosificación del reactivo AR-3418, en la descarga de molinos primarios, con respecto a la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk se incrementó el porcentaje de recuperación a (42,89%), presentado una ley de (70,28%) promedio favorable para su comercialización. De la misma que la calidad del concentrado presenta una pequeña mejora, como también el porcentaje de recuperación (cantidad del concentrado) mejoro significativamente incrementándose un (33,335%) promedio entre las celdas unitarias Bulk I y II.
- La influencia del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la descarga de los molinos primarios para la recuperación del concentrado plomo en las celdas unitarias Bulk, tiene mayor efecto (33,335%) más a la recuperación del concentrado plomo cuando la dosificación del reactivo AR-3418 es en el alimento de los molinos primarios.

## **RECOMENDACIONES**

- Con el cambio del punto de dosificación del colector AR-3418, se evidencia el buen performance del colector para la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk por ello se demuestra la hipótesis para su aplicación de manera continua.
- El mineral de sulfuro de plomo por naturaleza se fragiliza después de los choques que se generan en la superficie del mineral produciéndose partículas finas y libres, por ello la continuidad del uso del colector AR - 3418.
- Las condiciones del proceso de flotación deben mantenerse en los parámetros definidos para la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, C. M., & Plasencia, O. E. (2016). *Influencia de la dosificación de los colectores ap-3418 y ar-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera Occidental 2 de Cajamarca S.R.L.* (tesis de pregrado). Universidad privada del norte, Cajamarca, Perú.
- Azañero, A., Aramburu, V., Quiñones, J., Puente, L., Cabrera, M., Rengifo, W., Falconi, V., & Quispe, J. de D. (2012). “flotación de minerales polimetálicos sulfurados de Pb”, Cu y Zn. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica*, 13(26), 51-58. Recuperado a partir de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/429>
- Abarca. R. J (2011). *Flotación de Minerales*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.
- Arbiter (1962). *Flotación Machines*. New Yord, Estados Unidos.
- Bravo, A. (2004). “Manual de flotación” - Empresa Minera los QUENUALES S.A. Unidad Minera Yauliyacu. Perú, Lima.
- Cortez, M. A. (2009). *Estudio de la reducción del desplazamiento de plomo a concentrados de cobre, zinc y al relave final mediante la implementación de celdas unitarias Skim-Air (sk-240 y sk-80) en la descarga de los molinos en C.I.A. Minera Raura*. (Tesis de pre grado). Universidad del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Editorial San Marcos. Lima -Perú

- Choquecahuana, K. (2012). *Recuperación óptima de cobre y plomo aplicando el uso de una celda de flotación flash en la planta concentradora Animón de la unidad de producción empresa administradora Chungar S.A.C. de la empresa volcán compañía minera S.A.A.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional "José Faustino Sánchez Carrión", Huacho Perú.
- Fernández R., Suárez P., Díaz A., Rivas T., Cañete P., Carlos C., Romero S., Teuteló N., Miller P., La Maza P., 2015, Revista CENIC. Ciencias Químicas [en línea], “Obtención de parámetros óptimos en la operación de flotación por aire disuelto”, disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434006>>
- Guerreros J. (2015), “optimización de la recuperación del sulfuro de plomo fino y su impacto económico en volcán compañía minera concentradora victoria”, tesis de post grado, Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Mantilla C., Pedraza J., LAVERDE D., (2008), “Utilización de estudios de potencial zeta en el desarrollo de un proceso alternativo de flotación de mineral feldespático”, Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49615408>>
- Manzaneda, V. (2010), “Flotación rápida de Galena desde Molienda”, Informe Técnico Compañía Minera Atacocha.
- Sutulov, A. (1963). Flotación De Minerales. Concepción, Chile.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### HOJAS MSDS DEL COLECTOR AEROPHINE 3418 A PROMOTER



#### FICHA TÉCNICA

#### AEROPHINE 3418 A Promoter

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre del producto	<b>AEROPHINE 3418 A Promoter</b>
	Ditiofosfinato Modificado
Composición	Diisobutil-ditiofosfato de sodio 50-52 %

#### 2. DESCRIPCIÓN

EL PROMOTOR AEROPHINE 34184 es altamente selectivo contra el hierro y minerales arsénicos ( tal como pirita y arsenopirita) y minerales no activos en zinc. Una práctica reciente en plantas benéficas mexicanas es usar este promotor para seleccionar minerales flotantes de plomo en la presencia de hierro, arsénico y minerales no activos en zinc. Los circuitos de flotación operan con un PH neutro o ligeramente alcalino . El consumo de cianuro de sodio es bajo a cero dependiendo del contenido de arsénico en el encabezado.

#### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Apariencia	Líquido amarillento
TIBPS %	0.1
Color ( APHA)	100
PH	10

#### 4. PROPIEDADES

<b>Composición</b>	50% - 52%	Diisobutil -ditiofosfinato de Sodio
<b>Color</b>		amarillento
<b>Aspecto</b>		líquido
<b>Olor</b>		inoloro
<b>Solubilidad en agua</b>		completa
<b>Gravedad Especifica</b>	a 24°C	1,14
<b>Punto de ebullición</b>	°C	106
<b>Temperatura de</b>	°C	> 350

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2008/05/1427	I.Q. Doria Ma. Naranjo	I.Q. Ivan Dario Ospina	I.Q. Doria Ma. Naranjo	Junio 12/08 I.Q. Doria Ma. Naranjo

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@une.net.co Medellín - Colombia.

### descomposición

pH		Levemente alcalino
Punto de Inflamación	°C	> 93
Temperatura de Ebullición	°C	106
Presión de Vapor ( a 20°C)	Mm Hg	
Temperatura de Auto ignición	°C	437

## 5. APLICACIONES

- Es un nuevo colector basado en la química de la fosfina
- Combina el fuerte poder colector de los Xantatos para sulfuros de cobre, plomo y Zinc
- Excelente colector de Plata y Oro
- Se prefieren periodos cortos de acondicionamiento
- Su consumo es por lo general 30 a 50% menor que los Xantatos para recuperaciones iguales

EL PROMOTOR AEROPHINE 34184 es un efectivo colector primario en la flotación selectiva de:

- minerales plomo/oro/plata con bajo contenido de cobre
- minerales de plomo complejos con alto nivel de plata
- minerales de plomo donde la mineralización del cobre es secundaria y el grado de plomo no excede el 1.50 por ciento.

Dosis de 0.5 a 1.0 gramos /ton son recomendadas para cada 0.1 % de plomo en el encabezado, alimentación ordenada en la flotación áspera y sucia (80 % y 20 % respectivamente). Cuando AEROPHINE 3418A remplace xantato, usar un gramo de AEROPHINE 3418A en lugar de 3 gramos de xantato

## 6. EFECTOS SOBRE LA SALUD

### Efectos potenciales sobre la salud

**Inhalación:**

**Ingestión:**

**Contacto con la piel:** Irrita la piel

**Contacto con los ojos:** Provoca lesiones oculares graves

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2008/05/1427	I.Q. Doria Ma. Naranjo	I.Q. Ivan Dario Ospina	I.Q. Doria Ma. Naranjo	Junio 12/08 I.Q. Doria Ma. Naranjo

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74

Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@une.net.co Medellín - Colombia.

## 7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**En caso de inhalación:** Retirar a la víctima al aire libre. No es conocido que el provoque lesiones por inhalación.

**En caso de contacto con la piel:** Eliminar toda la ropa y zapatos contaminados inmediatamente. Lavarse inmediatamente con abundante agua. No volver a usar ropa ni calzado de cuero contaminado sin limpiar previamente. Acudir al médico si el dolor o irritación persisten después de lavar o si aparecen síntomas de sobre-exposición.

**En caso de contacto con los ojos:** Enjuagar inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos. Obtener atención médica inmediatamente.

**En caso de Ingestión:** Si hay ingestión accidental llevar a la víctima inmediatamente al médico. Solo inducir vómitos bajo dirección médica. Si la víctima está inconsciente no administrar nada.

## 8. EXPLOSIVIDAD E INCENDIO

**MEDIOS DE EXTINCIÓN:** Utilizar agua rociada, dióxido de carbono o agente químico seco.

**EQUIPO DE PROTECCIÓN:** Las personas expuestas, deben usar equipos respiratorios autónomos. Usar vestimenta protectora contra incendios completa.

**PELIGROS ESPECIALES:** Refrigerar los recipientes que estén expuestos al fuego rociando agua sobre ellos.

## 9. MEDIDAS PARA ATENDER DERRAMES

### PRECAUCIONES INDIVIDUALES:

Donde el nivel de exposición es conocido, se debe usar el respirador apropiado al nivel de exposición. Donde el nivel de exposición es desconocido, usar equipo de aire autónomo. . Adicionalmente a la ropa protectora adecuada, usar botas impermeables.

### MÉTODOS DE LIMPIEZA:

Cubrir los derrames con material absorbente inerte, recoger y limpiar el área. Depositar el material contaminado en los depósitos asignados para tal fin. Enjuagar con agua el área del derrame.

## 10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2008/05/1427	I.Q. Doria Ma. Naranjo	I.Q. Ivan Dario Ospina	I.Q. Doria Ma. Naranjo	Junio 12/08 I.Q. Doria Ma. Naranjo



#### **MANIPULACION:**

No se conocen disposiciones establecidas

#### **ALMACENAMIENTO**

No se conocen disposiciones establecidas.

### **11. CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL**

Límites de Exposición: No se ha establecido valores

#### **Disposiciones de Ingeniería:**

En lo posible utilizar un proceso con sistema cerrado. Cuando este material no se usa en sistema cerrado, se debe proveer buen aislamiento y ventilación local al exterior para controlar la exposición.

#### **Protección Respiratoria:**

Donde las exposiciones son menores al límite establecido, no se requiere protección respiratoria; de lo contrario se debe usar la protección respiratoria recomendada para el material y nivel de exposición.

#### **Protección de los ojos**

Prevenir contacto con los ojos y piel. Proveer una fuente lavaojos y ducha de seguridad muy cerca de los puntos de posible exposición. Usar protección ocular facial gafas para productos químicos y máscara.

#### **Protección de la piel y el cuerpo**

Usar ropa de protección adecuada y guantes impermeables. Evitar la contaminación de la piel o la ropa al quitar el equipo protector.

#### **Recomendaciones adicionales**

No ingerir alimentos o productos de tabaco en el lugar de uso del producto. Después de la manipulación del producto, lavarse las manos y caras minuciosamente con agua y jabón.

### **12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

**Estabilidad** estable  
Condiciones a evitar No conocidas

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2008/05/1427	I.Q. Doria Ma. Naranjo	I.Q. Ivan Dario Ospina	I.Q. Doria Ma. Naranjo	Junio 12/08 I.Q. Doria Ma. Naranjo

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@une.net.co Medellín - Colombia.



Materiales a evitar Acidos minerales fuertes y agente oxidantes fuertes  
**Productos de descomposición** óxidos e carbono  
Peligrosos Óxidos de fósforo  
Óxidos de azufre ( incluye di y tri)

### 13. INFORMACIÓN TOXICOLOGICA

#### Efectos Potenciales sobre la Salud :

Irrita la piel.  
Riesgos de lesiones oculares graves.

#### Toxicidad Aguda

Oral	rata	DL50 Aguda	3350 mg/kg
Piel	conejo	DL50 Aguda	> de 5000 mg/kg
Inhalación	rata	CL50 Aguda 4 hr	menor de 20mg/l

### EFFECTOS LOCALES EN PIEL Y OJOS

**PIEL** Picante  
**OJO** Causa daño severo

### 14. INFORMACIÓN ECOLOGICA

Este material es fácilmente biodegradable.  
No esta clasificado como peligroso para el medio ambiente

### RESULTADO DE PRUEBAS EN PECES

Prueba: Toxicidad aguda en agua dulce  
Especie: Pez sol azulado  
LC50 375 mg/l

### 15. DISPOSICIÓN FINAL (ELIMINACION)

Se recomienda que este material sea destruido por tratamiento térmico o incineración en plantas autorizadas para tal fin, teniendo en cuenta todas las reglamentaciones legales locales y nacionales.

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2008/05/1427	I.Q. Doria Ma. Naranjo	I.Q. Ivan Dario Ospina	I.Q. Doria Ma. Naranjo	Junio 12/08 I.Q. Doria Ma. Naranjo

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 05 03-255 35 00-285 97 34 Fax: 285 64 74  
Apartado Aéreo: 060802 - e-mail: quindus@une.net.co Medellín - Colombia.

## 16. CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD Y TRANSPORTE

**Símbolo** Irritante  
**UN.** No hay información disponibles

**La NFPA** No hay información disponible  
Peligro para la salud  
Peligro de inflamabilidad  
Peligro de reactividad  
Disposiciones especiales de reactividad

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Líquido irritante

#### Nota:

Los reactivos de flotación no deben ser físicamente mezclados uno con otro sin primero asegurarse de que el fabricante o los fabricantes digan que este producto no presenta riesgo para la seguridad.

#### FRESES DE RIESGO:

R38 – Irrita la piel  
R41 – Riesgo de lesiones oculares graves

#### BIBLIOGRAFIA

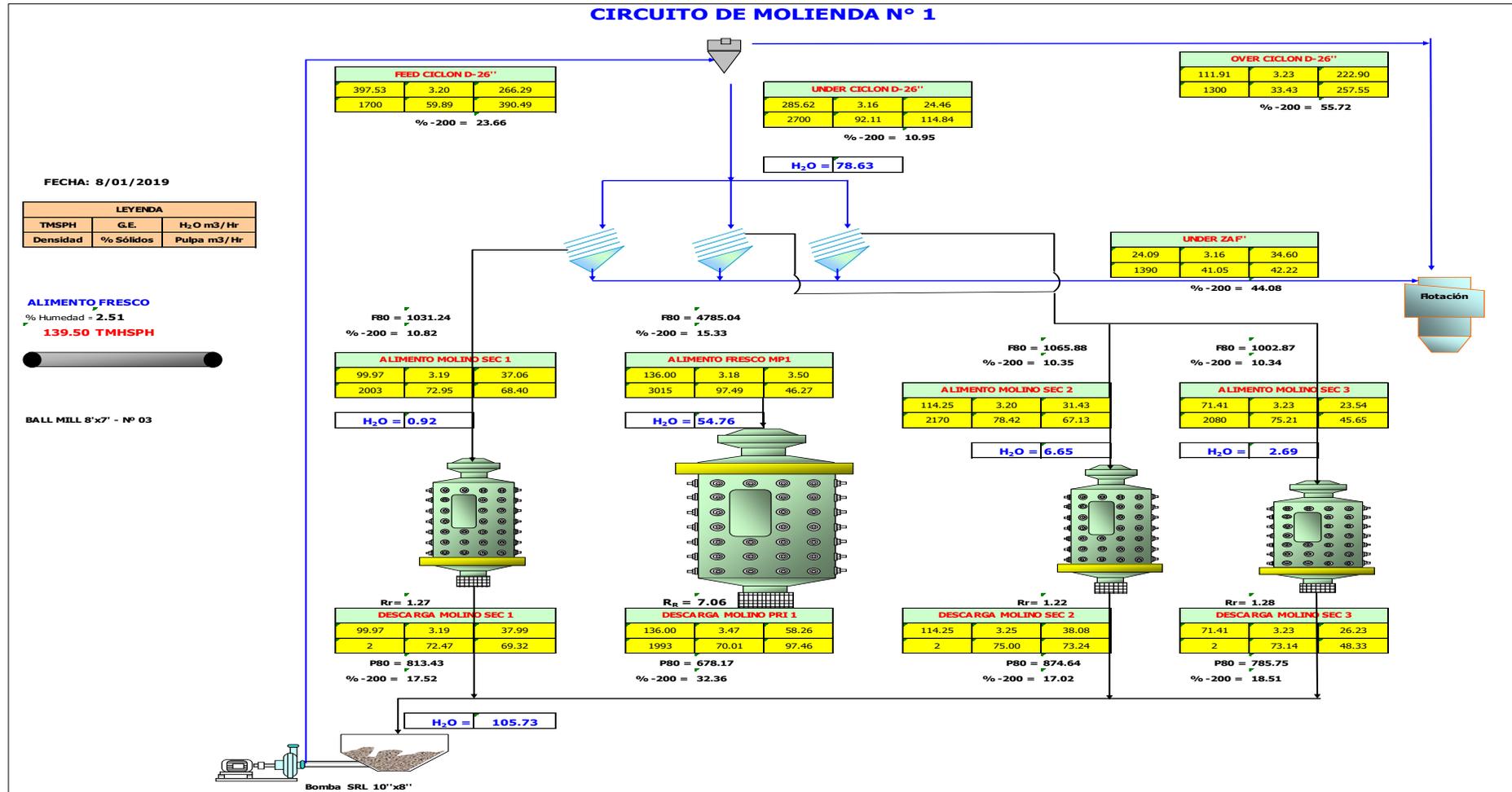
<http://www.bu.edu/es/labsafety/ESMSDSs/MSAcetic.html>  
<http://www.cytex.com>  
Diccionario de Química y de Productos Químicos. Gessner G. Hawley

FECHA	REALIZO	REVISO	ACTUALIZO	FECHA MODIFICACION
2008/05/1427	I.Q. Doria Ma. Naranjo	I.Q. Ivan Dario Ospina	I.Q. Doria Ma. Naranjo	Junio 12/08 I.Q. Doria Ma. Naranjo



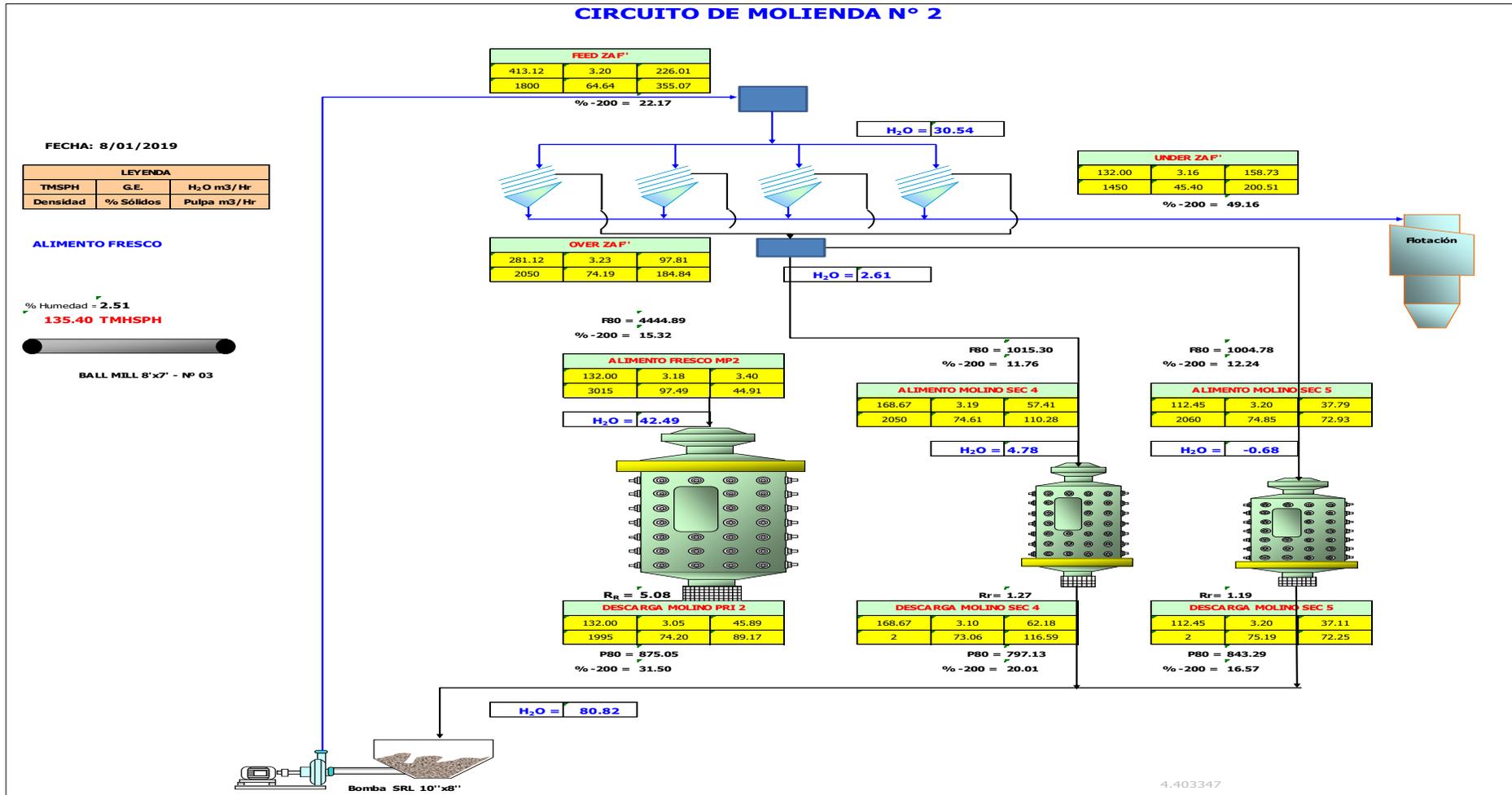
## ANEXO 2.1

Circuito de molienda N° 01, UM "El Porvenir", Milpo – Nexa Resources S.A.C.



## ANEXO 2.2

Circuito de molienda N° 02, UM “El Porvenir”, Milpo – Nexa Resources S.A.C.



**ANEXO 3**  
**FOTOGRAFÍAS**



Dosificación 3418



Dosificación MIBC

Dosificación del reactivo AR-3418, a las celdas unitarias I y II



Espumas de celdas unitarias I y II después del cambio de adición del colector AR-3418



Plateado de espumas celda unitaria I, después del cambio de adición del colector AR-

3418



Plateado de espumas celda unitaria II, después del cambio de adición del colector AR-

3418

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable dependiente</b>
¿Cómo influye el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la recuperación del plomo, en las celdas unitarias Bulk de la Unidad Minera “El Porvenir” – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2019?	Conocer la influencia del cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 en la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. - Pasco 2019	Con el cambio del punto de dosificación del reactivo AR-3418 se determinará la influencia en la recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk, Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.	Recuperación del plomo en las celdas unitarias Bulk
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable independiente</b>
¿Cómo es la recuperación del plomo dosificando el reactivo AR-3418 en la alimentación del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019?	Analizar la recuperación del plomo, dosificando el reactivo AR-3418 en la alimentación del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019	Con la dosificación del reactivo AR-3418 en la alimentación del molino se verá la recuperación del plomo de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.	Influencia del punto de dosificación del reactivo AR-3418
¿Cómo varía la recuperación del plomo, dosificando el reactivo AR-3418 en la descarga del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019?	Analizar la recuperación del plomo, dosificando el reactivo AR-3418 en la descarga del molino de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019	Con la dosificación del reactivo AR-3418 en la descarga del molino se verá la recuperación del plomo de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.	
¿Cuál de los puntos de dosificaciones del reactivo AR-3418 tiene mayor efecto en la recuperación del plomo en las celdas unitaria Bulk de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019?	Realizar un análisis comparativo de las recuperaciones para ver el efecto del reactivo AR-3418 de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.	Con el análisis comparativo de las recuperaciones se verá el efecto del reactivo AR-3418 de la Unidad Minera El Porvenir – Nexa Resources Perú S.A.A. -Pasco 2019.	