



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

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



## EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

# CONSTANCIA

N° 038-DI-FIMM-2025

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **TESIS** cuyo título es:

**“INFLUENCIA DEL COLECTOR Y DEL PH EN LA FLOTACIÓN DE MINERAL DE ORO CON BAJO CONTENIDO DE SULFUROS”**

Presentado por:

**ACASIETE VICENTE ALEXANDRA MILUSKA**

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

**El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 17%.**

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 18 de julio de 2025.

Atentamente,

.....  
**DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN**  
**DIRECTOR DE INVESTIGACION DE LA FIMM**

**“UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia



Tesis:

**Influencia del colector y del pH en la flotación de mineral de oro  
con bajo contenido de sulfuros**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

Línea de investigación: Metalurgia extractiva.

Autora: ACASIETE VICENTE, ALEXANDRA MILUSKA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**NASCA – PERÚ  
2025**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, por ser mi guía en este largo camino, superé los momentos difíciles y me levanté para culminar con éxito.

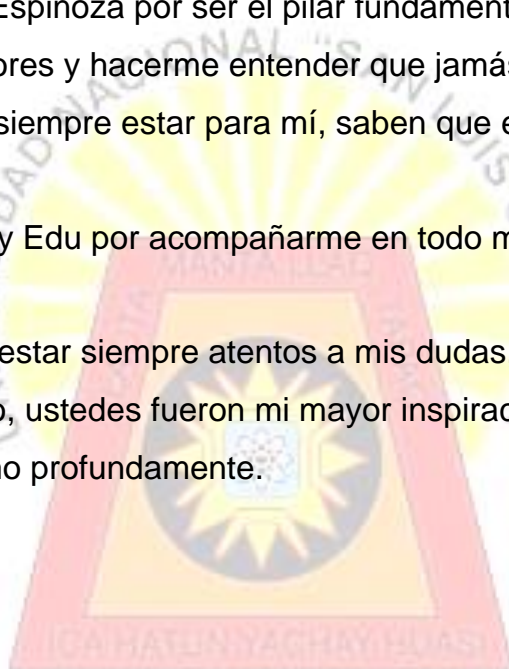
Dedico este trabajo con gran amor a toda mi familia por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

Ah mi hermano Nilton Espinoza por ser el pilar fundamental en mi vida, por inculcarme buenos valores y hacerme entender que jamás debo rendirme.

Ah mis hermanas, por siempre estar para mí, saben que este logro también es de ustedes.

Ah mis hermanos Joel y Edu por acompañarme en todo momento en este largo camino.

Gracias hermanos por estar siempre atentos a mis dudas, por su gran disposición y por apoyo, ustedes fueron mi mayor inspiración por convertirme en una profesional, los amo profundamente.



## **IN MEMORIAN**

**En honor a mi madre Pilar, mi fuente de inspiración y sabiduría,  
aunque ya no estes físicamente conmigo, tu espíritu y  
amor continúan guiándome en cada paso de este camino.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesor, el Ing. Luis Peña, por su orientación experta y paciencia a lo largo de este proyecto, sus consejos y comentarios fueron invaluable para dar forma a esta tesis.

Mi gratitud se extiende a la Universidad San Luis Gonzaga de Ica, bastión de excelencia universidad, a cada uno de los participantes que formaron parte de este estudio. Su disposición a compartir no solo su valioso tiempo, sino también sus profundas y enriquecedoras perspectivas ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo. La generosidad con la que han ofrecido sus experiencias y conocimientos ha permitido que esta investigación no solo fuera posible, sino que alcanzara una profundidad y relevancia que de otro modo no hubiera logrado.

## INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA	01
DEDICATORIA	02
AGRADECIMIENTO	03
ÍNDICE DE CONTENIDOS	04
ÍNDICE DE TABLAS	05
ÍNDICE DE FIGURAS	06
RESUMEN	07
ABSTRACT	08
I. INTRODUCCIÓN	09
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	11
2.1. Antecedentes.	11
2.2. Marco teórico.	12
2.3. Marco conceptual.	23
2.4. Estrategia metodológica.	24
2.3. Desarrollo experimental.	24
III. RESULTADOS.	33
IV. DISCUSIÓN.	49
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES.	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	52
VIII. ANEXOS.	53

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de la muestra.	33
Tabla 2. Análisis mineralógico cualitativo del mineral.	34
Tabla 3. Determinación de la capacidad de molienda del mineral	35
Tabla 4. Parámetros iniciales para la flotación del mineral para establecer la concentración del pH y el colector Z-6.	36
Tabla 5. Selección experimental de la dosis correcta del depresor de cobre.	37
Tabla 6. Selección experimental de la dosis correcta del depresor de plomo.	38
Tabla 7. Selección experimental de la dosis correcta del depresor de zinc.	39
Tabla 8. Selección experimental de la dosis correcta del depresor de hierro.	40
Tabla 9. Recuperación de Au con 30 mg/L de Z-6 a diferente pH.	41
Tabla 10. Recuperación de Au con 40 mg/L de Z-6 a diferente pH.	42
Tabla 11. Recuperación de Au con 50 mg/L de Z-6 a diferente pH.	43
Tabla 12. Recuperación de Au con 60 mg/L de Z-6 a diferente pH.	44
Tabla 13. Recuperación de Au con 70 mg/L de Z-6 a diferente pH.	45
Tabla 14. Recuperación de Au con 60 mg/L MIBC y 70 mg/L de Z-6 a diferente pH	46
Tabla 15. Recuperación de Au con diversas concentraciones del Z-6	47
Tabla 16. Parámetros iniciales para la flotación del mineral para establecer la concentración del pH y el colector Z-6	49

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Presentación esquemática de la flotación de minerales.	12
Figura 2. Flotación por espuma de minerales.	13
Figura 3. Espuma que se forma en la celda de flotación.	14
Figura 4. Actividad de los reactivos en la flotación de minerales.	15
Figura 5. Estructura molecular del xantato.	18
Figura 6. Formación de micelas durante la flotación.	18
Figura 7. Aglomeración del xantato en la pulpa.	19
Figura 8. Moedor artesanal.	25
Figura 9. Crisol de arcilla para análisis de oro por fusión.	27
Figura 10. Colocación del crisol con la muestra en el horno de mufla.	27
Figura 11. Vaciado del material fundido a la lingotera.	28
Figura 12. Aleación plomo-oro-plata obtenido de la fusión.	28
Figura 13. Doré obtenido al final de la copelación.	29
Figura 14. Oro obtenido después de la partición.	29
Figura 15. Celda de flotación Denver para laboratorio.	31

## RESUMEN

La presente tesis cuyo título es “**Influencia del colector y del pH en la flotación de mineral de oro con bajo contenido de sulfuros**”, es una investigación teórico experimental de tipo aplicado y de nivel explicativo, de diseño experimental en la cual se ha abordado el estudio de la aplicación de un xantato como el Z-6 en la recuperación del oro a partir de un mineral con baja concentración de sulfuros pero que contiene otros metales como cobre, hierro, plomo y zinc, los cuales han sido previamente deprimidos para recuperar el oro, a un pH 10,6 y en una concentración de 70 mg/L. Las pruebas experimentales que se han realizado durante el desarrollo de la investigación incluyen la selección de las dosificaciones de los reactivos empleados como depresores que fueron el sulfidrato de sodio para deprimir el cobre, el sulfato de zinc mezclado con cianuro de sodio para deprimir el plomo y el sulfato de zinc para deprimir el zinc, así mismo se empleó el óxido de calcio para deprimir la pirita y regular el pH. Los resultados obtenidos permiten concluir que el xantato Z-6 es un colector muy eficiente y selectivo que permitió recuperar el oro en un 100% a partir de la muestra tratada.

**PALABRAS CLAVES:** Xantato, colector, flotación selectiva, sulfuros.



## ABSTRACT

The present thesis, whose title is "Influence of the collector and the pH on the flotation of gold ore with low sulfide content", is an experimental theoretical investigation of an applied type and explanatory level, of experimental design in which the study of the application of a xanthate such as Z-6 in the recovery of gold from a mineral with a low concentration of sulfides but that contains other metals such as copper, iron, lead and zinc, which have been previously depressed to recover the gold, at a pH 10.6 and in a concentration of 70 mg/L. The experimental tests that have been carried out during the development of the research include the selection of the dosages of the reagents used as depressants, which were sodium sulfide to depress copper, zinc sulfate mixed with sodium cyanide to depress lead and zinc sulfate to depress zinc, likewise calcium oxide was used to depress pyrite and regulate pH. The results obtained allow us to conclude that Z-6 xanthate is a very efficient and selective collector that allowed 100% gold recovery from the treated sample.

KEYWORDS: Xanthate, collector, selective flotation, sulfides.



## I. INTRODUCCIÓN

La flotación de minerales se considera un proceso fisicoquímico donde participan tres fases (trifásico) una fase sólida (el mineral), una fase líquida (el agua) y una fase gaseosa (el aire) que permite la separación de minerales complejos, en función a las propiedades superficiales de cada uno. La flotación se considera el método más eficiente en la recuperación de minerales y a la vez el más complejo.

Hay tres tipos de flotación: con aceite, por película y con espuma, este último tipo se emplea con mucha frecuencia y es la que más se ha desarrollado desde el punto de vista tecnológico. Se basa en la adsorción selectiva de las partículas minerales en la superficie líquida de las burbujas que se generan en la celda de flotación; las partículas minerales que se adsorben a la burbuja se elevan hacia la superficie formando la espuma mineralizada, que constituye el concentrado, el resto de mineral que no flota se queda en la pulpa y se descarga por la parte inferior de la celda como relave.

La eficiencia de la flotación se logra gracias a un grupo de reactivos que se agregan a la pulpa mineral para que cumplan funciones específicas, que permitan flotar los sulfuros, estos reactivos son:

- Colectores. Se consideran los reactivos más importantes del proceso le dan características hidrofóbicas (de rechazar al agua) a las partículas minerales.
- Modificadores. Regulan las características del medio para un buen desempeño de los colectores.
- Espumantes. Ejercen acción para lograr burbujas fuertes y una espuma estable.

Los reactivos colectores son sustancias orgánicas cuya estructura esta conformada de una parte polar y una apolar, su función es favorecer la característica hidrofóbica selectiva de los minerales con el fin de favorecer su adherencia a la burbuja y poder flotar. En esta tesis se hace un estudio experimental para demostrar la importancia de ellos en la flotación y el papel que cumple el pH en el desempeño correcto de los colectores en el proceso.

### **Planteamiento del problema.**

Dos de los factores que influyen poderosamente en la flotación de minerales, específicamente del oro, son el colector y el pH de la pulpa, el primero de ellos debe de ser muy selectivo con el fin de que el oro pueda ser separado eficientemente y el pH permite el funcionamiento adecuado de los colectores, ya que la mayoría de ellos funcionan mejor a pH por encima de 9 y se vuelve más eficiente el funcionamiento de los colectores en un medio francamente alcalino. Debido a esto, en la presente investigación se plantea el estudio analítico de estos dos factores durante la flotación del oro con colector Z-6 y el modificador de pH óxido de calcio.

### **Problema general:**

### **Problema general.**

¿El colector y de pH son factores que influyen en la flotación de mineral de oro con bajo contenido de sulfuros?

### **Objetivo General.**

Determinar la influencia de los factores colector y pH en la flotación de oro con bajo contenido de sulfuros.

### **Objetivos específicos.**

- Determinar la influencia del colector en la flotación de oro con bajo contenido de sulfuros.
- Determinar la influencia del pH en la flotación de oro con bajo contenido de sulfuros.

### **Hipótesis y variables de la investigación.**

#### **Hipótesis.**

##### **Hipótesis general.**

El colector y el pH son factores que influyen directamente en la flotación de oro con bajo contenido de sulfuros.

#### **Variables:**

##### **Variable independiente:**

Colector y pH

##### **Variable dependiente.**

Flotación de oro con bajo contenido de sulfuros.

#### **Justificación e importancia de la investigación.**

##### **Justificación teórica:**

Desde el punto de vista teórico la investigación planteada se justifica porque estudia la naturaleza del xantato y el pH al cual se va a flotar el mineral como factores principales que rigen el proceso de flotación de minerales de oro.

##### **Justificación metodológica:**

Metodológicamente la presente investigación es de tipo aplicada de nivel explicativo y de diseño experimental. Para probar la hipótesis planteada será necesario realizar diversos ensayos para establecer datos óptimos y poder llevar a cabo una flotación eficiente.

##### **Justificación social:**

Toda investigación que se desarrolla en metalurgia busca que reducir costos, disminuir el impacto negativo de las operaciones mineras sobre la naturaleza y la salud, algo que también busca esta investigación y que la justifica socialmente.

##### **Justificación práctica ó ambiental:**

Desde el punto de vista práctico, la investigación propone el empleo de xantatos y la regulación del pH para poder flotar con mayor eficiencia los minerales auríferos. Estos dos factores deben de corresponderse y deben tener compatibilidad para lograr una máxima recuperación del metal.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. Antecedentes.

#### A nivel internacional.

C. Correa [1], presentó su tesis cuyo objetivo fue el estudio de la regulación del pH, en el proceso de flotación colectiva de cobre, y sus efectos metalúrgicos, en la ley y recuperación de los minerales de interés, principalmente cobre, además del contaminante hierro. Además, se estudiaron los efectos del pH regulando reactivos colectores, específicamente MX8522 y Xantato, en muestras mineralógicas representativas de la mina. Como resultado se observó que, de los proveedores disponibles INACAL y SIBELCO, y de los dos tipos de agua, ya mencionados, el menor consumo de cal es para la utilización de cal SIBELCO y agua de proceso, lo cual se debe principalmente a la granulometría de la cal. Como conclusión respecto a la planta de cal, se consiguió evaluar los factores relevantes, tipo de cal o granulometría y el tipo de agua de apagado a utilizar, recomendando trabajar con agua fresca y cal SIBELCO. Además, se logró una disminución en el consumo de cal significativa, de hasta un 31%.

F. Urra [2] presentó su tesis cuyo objetivo fue estudiar la adición de un nuevo reactivo en avance en la flotación Rougher en las plantas Laguna Seca y Los Colorados, con el objetivo de aumentar la recuperación de cobre. Se realizaron experimentos de laboratorio y en planta con el objetivo de encontrar una diferencia estadísticamente significativa de aumento en recuperaciones y disminución en leyes de cola respecto a la condición estándar, sin que ocurra un ensuciamiento de concentrado; además de analizar las distribuciones cinéticas. Los análisis de las pruebas de laboratorio no muestran aumentos significativos en las constantes cinéticas de la condición de la adición en avance de alguno de los dos colectores nuevos a utilizar respecto a la condición estándar, ni tampoco se muestran disminuciones de cola ni aumento de recuperaciones significativos.

#### A nivel Nacional.

H. Cruz [3] presentó su tesis cuyo objetivo fue realizar los cálculos metalúrgicos de planta y obtener parámetros de operación reales, para luego evaluar la flotación, y así poder obtener: Operatividad óptima de equipos con una adecuada carga de mineral. Obtención de una máxima recuperación de Au. Obtención de relaves con leyes mínimas de Au. La evaluación realizada en flotación, permite poder llegar a recuperaciones de oro encima de 94%; mediante el uso de los parámetros determinadas en las pruebas de flotación a nivel laboratorio, como son dentro de otros trabajar con granulometría de liberación 80% malla -200 y con el colector xantato Z-6 preparado en solución al 5% y los demás reactivos en su dosificación de planta normal. 5. Se

garantiza un control adecuado de las emisiones líquidas y sólidas, para lo cual se contará con los mecanismos y reactivos necesarios para evitar efectos nocivos en el medio ambiente.

V. López [4] presentó su investigación de tipo aplicada, el diseño de la investigación es experimental. Se recolectaron los datos mediante la técnica estadística de acopio de información aplicando fichas de verificación. Seguidamente se realizaron las pruebas experimentales a nivel de laboratorio cuyos resultados obtenidos fueron procesados con el software estadístico. Las conclusiones a la que se arribó fueron las siguientes: Las variables operativas de flotación de los minerales sulfurados de cobre - oro si influye significativamente en la mejora de la recuperación del oro y zinc en la planta de beneficio “cazaderos” de la provincia del Oro-Ecuador. La granulometría del mineral en la flotación de los minerales sulfurados de cobre –oro influye significativamente en la mejora de las recuperaciones del oro y zinc en la planta de beneficio “cazaderos” de la provincia del Oro Ecuador

#### **A nivel local.**

No existe registro alguno sobre investigaciones relacionadas con el tema que se desarrolla en el presente proyecto en las Universidades locales.

## **2.2. Marco teórico.**

### **2.2.1. Flotación de minerales.**

La flotación es un método hidrometalúrgico que separa partículas de mineral pulverizado de la ganga o relave, que no tiene valor económico. Se utilizan reactivos que se mezclan con la pulpa de mineral para fortalecer las burbujas formadas al inyectar aire a presión en la celda de flotación. Esto hace que los sulfuros sean más hidrofóbicos y se adhieran fácilmente a las burbujas. También acondicionan la pulpa a un pH adecuado para mejorar la eficiencia y rendimiento del proceso.

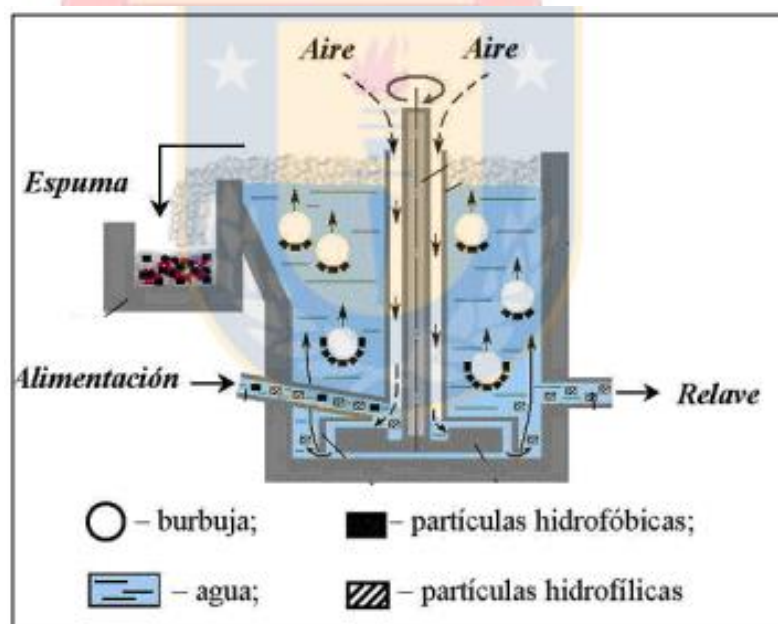


Figura 1. Presentación esquemática de la flotación de minerales

Debido a la forma como se lleva a cabo el proceso de flotación por espuma, esta recibe sus nombres:

1. Flotación colectiva o flotación Bulk, cuando la separación de los componentes en dos grupos;
2. Flotación selectiva o diferencial que está diseñada para recuperar un solo componente a partir de minerales complejos.

La flotación de minerales se basa en las propiedades fisicoquímicas de sus superficies, que pueden ser hidrofílicas o hidrofóbicas. Las partículas hidrofílicas se mojan y permanecen suspendidas en la pulpa antes de decantar al fondo de la celda de flotación.

El carácter hidrofóbico de la partícula mineral la mantiene seca, permitiendo que se adhiera a la burbuja y flote hacia la parte superior de la celda de flotación. Allí se almacena como una espuma amarillenta cargada de sulfuro, que luego se retira como concentrado. Esta característica es natural de los sulfuros y metales nativos, facilitando su flotación, especialmente con reactivos espumantes y colectores como xantatos y ditiofosfatos, agregados en pequeñas dosis a la pulpa.

#### **Flotación por espuma.**

La flotación por espuma utiliza reactivos específicos para mejorar las propiedades físicas de las burbujas, haciéndolas más estables, resistentes y adecuadas en tamaño. Estas burbujas recolectan los sulfuros del metal a extraer, mejorando la recuperación y evitando pérdidas.

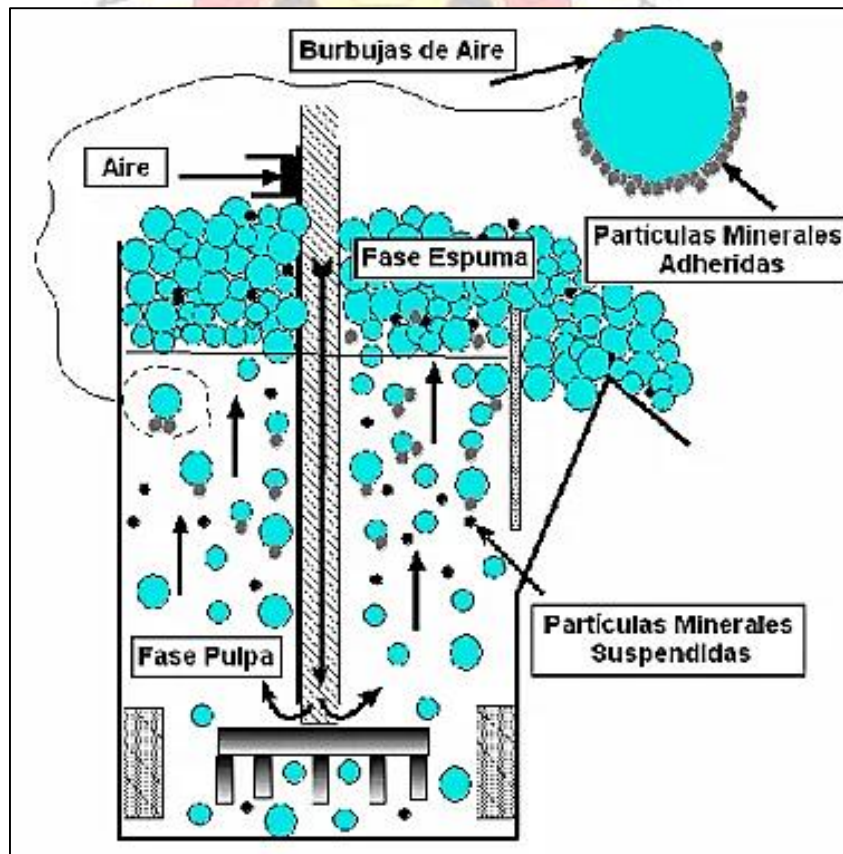


Figura 2. Flotación por espuma de minerales

**Mecanismo de flotación.**

Para estudiar la flotación, es crucial entender cómo interactúan una partícula de mineral y una burbuja de aire al unirse. Pocas partículas de mineral tienen propiedades hidrofóbicas lo suficientemente fuertes para flotar sin ayuda. Por lo general, es necesario romper enlaces químicos (covalentes e iónicos) para liberar el mineral.

La hidratación de las superficies minerales ocurre al hidratarse. Es importante distinguir entre una red cristalina teórica y una con imperfecciones, ya que las fracturas y los desórdenes iónicos aumentan la hidratación superficial. Para hacer flotables las partículas minerales, es necesario hidrofobizarlas usando colectores, que son compuestos orgánicos heteropolares con una parte apolar (hidrocarburo) y un grupo polar con propiedades iónicas.



Figura 3. Espuma que se forma en la celda de flotación.

Para facilitar la adsorción de reactivos en las partículas minerales se usan modificadores que ajustan la capa doble de cargas eléctricas, creando así condiciones favorables. Estos pueden reducir o cambiar el potencial, favoreciendo la adsorción de colectores en la red cristalina del mineral por su parte polar, otorgándole propiedades hidrofóbicas con la parte apolar. El mecanismo puede ser físico o químico, dependiendo del caso.

El otro componente del futuro agregado partícula-burbuja es la burbuja de aire. Esta es necesaria para

- 1) recoger las partículas en la pulpa,
- 2) transportarlas hacia la superficie.

El transporte se realiza mediante la fuerza de empuje (ley de Arquímedes). Sin un espumante, la inyección directa de aire en la pulpa suele fallar porque el aire no se distribuye uniformemente y las burbujas son inestables. Al añadir el espumante, se estabilizan, alcanzan el tamaño deseado y el aire se dispersa de manera uniforme. Cada burbuja representa el contacto entre dos fases, líquido y gas, como un líquido en equilibrio con la atmósfera.

Por las razones mencionadas y según la segunda ley de la termodinámica, los espumantes, como reactivos tensoactivos, se adsorben en la interfase gas-líquido. Las partes polares se orientan hacia el agua y las apolares hacia la burbuja. Las partículas y burbujas están en constante agitación debido a los rotores de las máquinas de flotación, por lo que necesitan encontrarse y tener condiciones favorables para unirse. El encuentro ocurre por el acondicionamiento y la agitación dentro de la máquina.

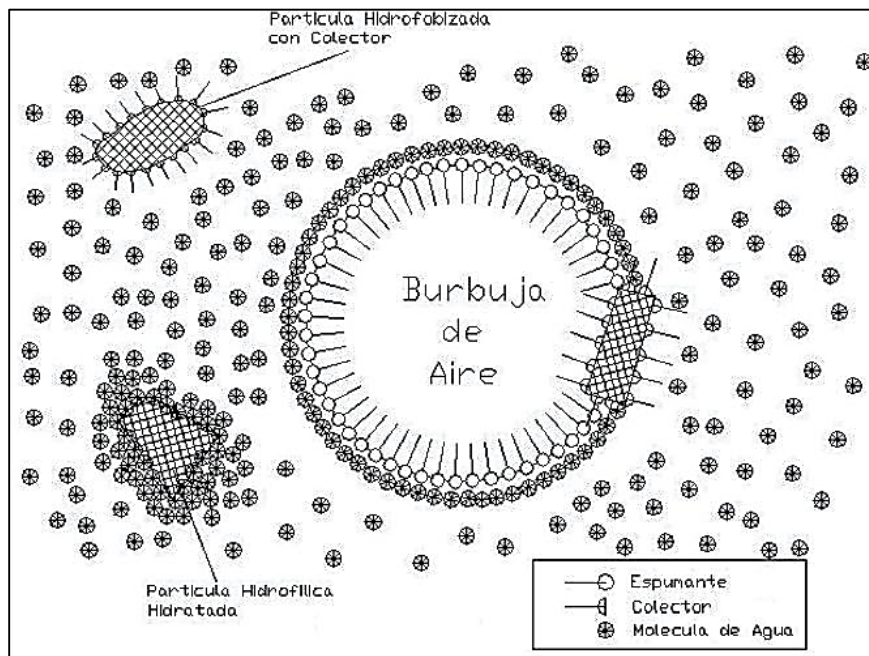


Figura 4. Actividad de los reactivos en la flotación de minerales

El contacto permanente entre la partícula y la burbuja de gas es el punto más débil de la teoría de la flotación. Los conceptos de las condiciones que determinan la unión estable entre la partícula y la burbuja son los siguientes: no hay problemas en explicar el acercamiento de la burbuja y la partícula hasta el punto en que la película de agua que las separa queda muy fina. En este momento, la partícula para acercarse más a la burbuja tiene que superar lo que se considera una barrera energética.

Las partículas hidrofílicas nunca flotan debido a su firme asociación con las moléculas de agua. En cambio, las partículas hidrofóbicas superan abruptamente esta barrera por fuerzas aún no bien comprendidas, permitiendo un contacto trifásico.

El mecanismo es complejo. La película de agua nunca se rompe por completo, dejando a la partícula cubierta por una capa de moléculas de agua, de unas 10 moléculas de grosor. Esta capa tiene propiedades diferentes al agua en masa: es más firme y dura, tiene mayor viscosidad y se comporta como un sólido.

El contacto entre la partícula y la burbuja es trifásico, solo si consideramos la delgada película de agua como un sólido. Esta película es inevitable, ya que el vapor de agua dentro de la burbuja se condensa sobre el sólido, impidiendo el contacto directo con el aire.

La dinámica moderna del contacto entre burbujas y partículas considera su encuentro como una colisión entre cuerpos elásticos, donde ambos chocan y rebotan. Se observa cómo la burbuja se hunde al ser golpeada por la partícula, que luego rebota. La partícula sigue colisionando hasta encontrar una burbuja con las condiciones adecuadas para unirse. Factores importantes incluyen el tamaño de la partícula y su mojabilidad.

### **2.2.2. Colectores de flotación.**

Los colectores son reactivos orgánicos que hidrofobizan selectivamente la superficie de ciertos minerales, facilitando la adhesión mineral-burbuja. Reducen la humectación del mineral y aumentan su adherencia a las burbujas.

Los reactivos colectores se dividen en dos grupos con base en su capacidad de disociación: Ionizables o ionógenos que se disocian en iones.

- No ionizables o no ionógenos: Son hidrocarburos y aceites hidrocarbonados que actúan de forma molecular y pueden ser aniónicos o catiónicos. Los reactivos ionizables aniónicos se dividen en oxidrilo (ácidos grasos, alquilsulfatos) y sulfhidrilo (xantatos, ditiofosfatos). Por su parte, los catiónicos son aminas y derivados amínicos.
- Catiónicos. Son componentes polares que se unen selectivamente a las superficies minerales y tienen un componente no polar que convierte a la superficie en hidrófoba.

Tipos de reactivos colectores para flotación

- Xantatos. Estos reactivos son sales sódicas o potásicas del ácido xántico que se utilizan para la flotación convencional de minerales sulfurados, polimetálicos PAX, SIPX, SIBX. Se componen por alcohol, sodio y potasio. Son reactivos de alta selectividad apropiados para la recuperación de sulfuros, minerales nativos y minerales oxidados previamente sulfurados. Se emplean en circuitos neutros o alcalinos ya que sufren hidrólisis en medios ácidos.
- Tionocarbamatos. Son reactivos colectores oleosos derivados del etilo propilo tionocarbamato que se utilizan en circuitos de flotación en un rango de pH de 4 a 12 para la recuperación de cobre, plata, oro minerales y níquel en la presencia de minerales oxidados o arcillas limosas.
- Ditiofosfatos. Son ésteres secundarios del ácido ditiofosfórico que se obtienen por la reacción de pentasulfuro de fósforo con alcoholes. Son colectores altamente selectivos,

por lo que se usan como secundarios para la recuperación de oro y plata cuando se relacionan con minerales sulfurados. Si bien son más solubles en agua que los xantatos, son menos susceptibles a la hidrólisis, por lo que pueden actuar en medios ligeramente ácido.

- Ditiocarbamatos. Son colectores secundarios que se utilizan en minerales asociados a sulfatos (de cobre y plata) para obtener mayor velocidad de flotación y alta velocidad.
- Tioles: Se utilizan para la flotación de sulfuros de cobre y zinc, así como para minerales oxidados.
- Carboxílicos: Son ácidos grasos y sus sales que se utilizan por sus propiedades colectoras para la recuperación de minerales oxidados y no metálicos.
- Sulfatos y sulfonatos: Se obtienen por la sulfonación o sulfatación de alcoholes y se utilizan para la flotación selectiva de óxidos y sales, y tienen propiedades espumantes.
- Catiónicos: Son reactivos formados por aminas y derivados amínicos que se caracterizan por ser de fácil adsorción y desorción como consecuencia de una actuación por un mecanismo de atracción electrostático. Son menos selectivos que los aniónicos, pero su efectividad es mayor en la flotación de cuarzo, silicatos y minerales oxidados.
- No ionizables: Se utilizan en la flotación de minerales hidrofóbicos como el azufre, grafito, molibdenita y carbón. Son colectores no ionizables como el keroseno, hidrocarburos o aceites hidrocarbonados que no tengan grupos polares. Son reactivos hidrofóbicos, sin medios propios para adsorberse sobre superficies minerales, por lo que suelen ser utilizados en combinación con otros compuestos orgánicos de carácter heteropolar.

La elección del reactivo colector es muy importante para una separación eficiente de los minerales a través de la flotación.

En dependencia de si la parte de flotación activa de la particular de la molécula es anión o catión, los colectores ionógenos, se subdividen en aniónicos y catiónicos.

En dependencia de la estructura química los colectores aniónicos se dividen en sulfhídricos para los cuales es característica la existencia en la parte polar del grupo  $-SX$ , ácidos grasos y sus sales (jabones) alquilsulfatos y alquilsulfonatos.

Los compuestos catiónicos son compuestos orgánicos en los que el radical hidrocarburo actúa como catión. Entre estos reactivos se encuentran las aminas, sus sales, bases amónicas cuaternarias y otras bases nitrogenadas, como los derivados de guanidina.

Los colectores no iónicos se clasifican en reactivos que contienen azufre bivalente, aceites hidrocarbonados apolares y ésteres polialquilenglicólicos de ácidos grasos, alcoholes, alquifenoles, entre otros.

Los colectores polares tienen una parte polar con carga que reacciona con la superficie de los minerales y permite que se disuelvan en agua, como el xantato, y una parte no polar u orgánica que evita el agua y se orienta hacia el aire en una celda.

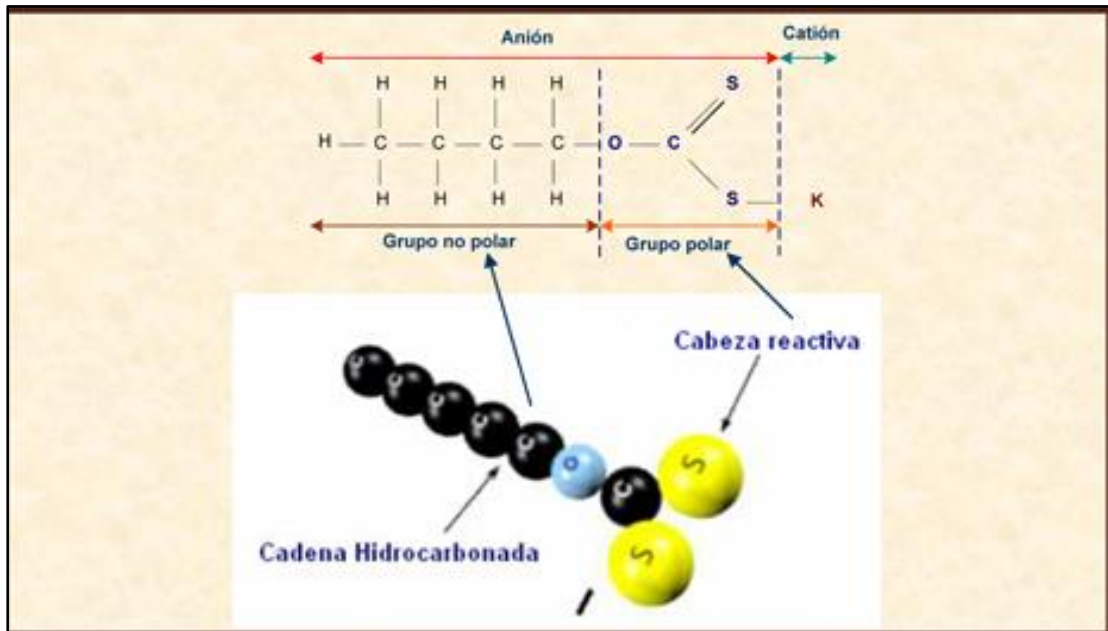


Figura 5. Estructura molecular del xantato

Cuando se alimenta el colector en la celda se deberá tener cuidado de que la dosificación no sea excesiva para evitar formar micelas como se observa en la siguiente figura.



Figura 6. Formación de micelas durante la flotación

Las moléculas de xantato que se agrupan de tal forma que la parte a la que no le cuelga evita estar en contacto con el líquido, aglomerándose incluso en la superficie.

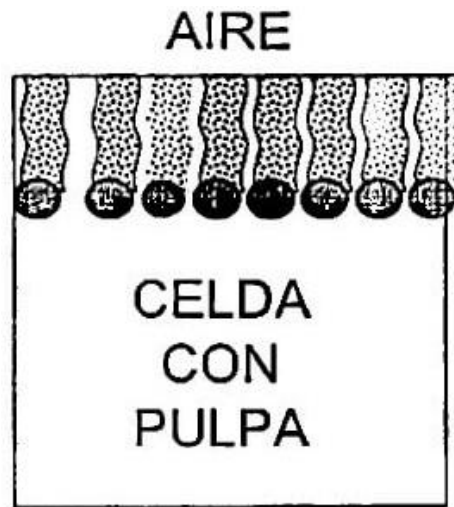


Figura 7. Aglomeración del xantato en la pulpa

Los colectores son esenciales para la flotación. En la recuperación de sulfuros, se utilizan xantatos por su economía y buena selectividad. Dos variables afectan significativamente su capacidad de recuperación.

Dosificación de colector. Aumentar la dosificación del colector mejora la recuperación de sulfuros, pero reduce la selectividad.

La dosificación del colector y el pH son cruciales para la flotación de impurezas como la pirita en la flotación de sulfuros de cobre, plomo y zinc. Para evitar flotar pirita, se deben usar bajas concentraciones de xantato y mantener un pH entre 6 y 10,5. A pH por encima de 11, se deprime la pirita, aunque también disminuye la recuperación de otros sulfuros. Por tanto, la estrategia recomendada es reducir la dosificación del colector.

#### TIPOS DE COLECTORES

##### Colectores oxhidrilo

Los colectores oxhidrilo son el grupo más grande de colectores aniónicos, aunque pocos se usan en la industria. Se han desarrollado muchos nuevos compuestos, algunos cruciales para la flotación de minerales como tantalita, niobio y titanio. Estos incluyen éter sulfatos de alcoholes grasos y ésteres de ácido fosfórico. Basados en su composición y el grupo solidofílico, los colectores oxhidrilo se dividen en ocho subgrupos.

##### Grupo 1. Carboxilatos

Los colectores oxhidrilos se utilizan en la industria a pesar de su baja selectividad hacia los minerales de ganga. Los ácidos grasos y aceites de resina son comunes en la flotación de fosfatos, espodumena, silicatos y tierras raras como bastnasita y monacita, especialmente cuando la separación por gravedad no es viable debido al pequeño tamaño de los minerales.

Estos colectores funcionan bien en minerales con compuestos de ganga simples, sin arcilla ni lodos.

#### Grupo 2. Sulfatos de alquilo

Los compuestos sulfatos de alquilo son derivados del ácido sulfúrico en los cuales un átomo de hidrógeno ha sido reemplazado por un radical hidrocarbonado. La variante más reciente dentro de este grupo de colectores es el alcano sulfonato. Los sulfatos de alquilo se utilizan para la flotación de barita ( $\text{BaSO}_4$ ) y otros minerales que contienen azufre, incluyendo celestita ( $\text{SrSO}_4$ ), kainita ( $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ).

#### Grupo 3. Sulfonatos

Los sulfonatos son colectores con un grupo solidofílico, similar a los alquilsulfatos pero sin puente de oxígeno entre el hidrocarburo y el azufre. Los reactivos más usados de este tipo son los promotores de la serie Cytec 800.

#### Grupo 4. Hidroxamatos

Estos colectores químicos contienen carbono y nitrógeno. Aunque se ha investigado mucho sobre el uso de hidroxamatos como colectores de flotación para malaquita, bastnasita, titanatos y pirocloro, solo hay una aplicación comercial: el Hidroxamato Ruso IM50 y compuestos similares de China.

#### Grupo 5. Sulfosuccinatos y sulfosuccimatos

Los sulfosuccinatos, derivados de carboxilatos y ácidos succínicos, son comúnmente sales de sodio. Se usan ampliamente para la flotación de casiterita y también en la flotación de arena de minerales pesados y monacita cuando se mezclan con ácidos grasos.

#### Grupo 6. Fosfonatos o ácidos fosfónicos

Estas sustancias colectoras fueron desarrolladas recientemente y se utilizaron principalmente como colector específico para casiterita de minerales con composición compleja de ganga.

#### Grupo 7. Esteres de ácido fosfórico

Estos colectores son fuertes y se usan en medio alcalino para flotar apatita y scheelita, o en medio ácido para minerales de titanio como ilmenita, rutilo y perovskita. Un grupo similar, llamado "fosfoteno," contiene 25% de fósforo pentavalente y 75% de ácido nafténico. Resulta en un polvo con un peso específico de 0,9 g/cm<sup>3</sup>, soluble en alcohol, pero no en agua. Se utiliza para flotar circón, casiterita y pirocloro a un pH de 4-10.5.

#### Grupo 8. Colectores sulfhídricos o sulfhidrilo

Los colectores sulfhídricos, conocidos como tioles, contienen el grupo -SH unido a un radical orgánico. Si el sulfhidruro está conectado a un átomo de carbono de una cadena de hidrocarburos, se llama mercaptano. Estos colectores se utilizan ampliamente en la industria metalúrgica para la flotación de minerales metálicos.

#### **Colectores sulfhídricos**

Son aquellos que están basados químicamente en azufre bivalente entre ellos destacan:

## XANTATOS

Los reactivos de flotación, específicamente los colectores, son sólidos usados en la flotación de minerales sulfurados y metálicos. Se componen de bisulfuro de carbono, soda o potasa cáustica, y un alcohol que les proporciona propiedades colectoras. Los xantatos, solubles en agua, se usan en soluciones del 5 al 20% en peso. No generan espuma excesiva, lo que permite su uso en cualquier cantidad sin riesgos de espumación.

Usar agentes espumantes no colectores con xantatos permite un control flexible y separado de sus acciones, favoreciendo la flotación durante cambios de mineral. Estos reactivos se usan para minerales sulfurados y tienden a flotar sulfuros de hierro, excepto si se aplican depresores. No se emplean en circuitos ácidos debido a su descomposición.

En metalurgia los xantatos son de uso muy generalizado en la flotación de sulfuros. Los más conocidos son los siguientes:

### XANTATO ETILICO DE POTASIO

Es el Reactivo de mayor selectividad por su corta cadena carbonada. Usado generalmente en menas complejas de Ag/PB o Zinc.

### XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO (Z 11)

Este xantato es el reactivo más utilizado en Perú para la flotación de minerales de sulfuro y metales como cobre, plata, oro, zinc, y minerales oxidados de plomo y cobre. Se emplea debido a su alto poder colector, especialmente con minerales complejos de plomo-zinc y cobre-hierro, incluyendo calcopirita, calcocita, energita, galena, escalerita, marmatita, pirita y pirrotita. También se usa para concentrar cobre nativo, plata, oro y sulfuros de hierro con cobalto o níquel, y para recuperar pirritas de hierro. Se obtiene mediante la reacción del alcohol isopropílico con bisulfuro de carbono e hidróxido de sodio. Es el más empleado debido a su bajo costo y alto poder colector.

### XANTATO ISOBUTILICO DE SODIO

Colector ampliamente usado para flotar sulfuros de plomo, plata y zinc, también es usado en los circuitos de flotación de cobre con buenos resultados metalúrgicos. Puede sustituir en algunos casos al Xantato Amílico de potasio)

### XANTATO SEC-BUTILICO DE SODIO

Colector de acción similar al Xantato Isobutílico de Sodio, usado en circuitos de Pb o Zinc.

### XANTATO AMILICO DE POTASIO (Z-6)

Este es el más potente de los xantatos Cyanamid. Es útil en las operaciones que requieren un promotor potente y no selectivo para los minerales sulfurados. Con frecuencia se usa como promotor en la flotación agotativa que sigue a una celda bulk, donde se utiliza un promotor más selectivo. Usado generalmente en circuitos de acción rápida y sobre todo en el tratamiento de

minerales de Zinc marmatíticos. Es usado también en circuitos de flotación con una acidez moderada.

### **Ditiofosfatos**

Estos colectores están disponibles en forma líquida y se venden en solución, diferenciándose entre sí por la presencia de ácido cresílico en un grupo y un determinado alcohol en los otros. Estos reactivos se emplean principalmente para la flotación de minerales sulfurados que contienen plata, así como para otros tipos de minerales en circuitos alcalinos. Todos los ditiofosfatos se usan en soluciones cuya concentración es determinada en el laboratorio, excepto los Ditiofosfatos AR-125 y AR-131, que son insolubles en agua.

### **Dosificación de colector.**

El incremento en la dosificación de colector aumenta la recuperación de sulfuros o del metal nativo, pero a su vez se obtienen una menor selectividad.

La dosificación de colector en conjunto con el pH juega un papel crucial sobre la flotación de impurezas como la pirita en la flotación de sulfuros de cobre, plomo y zinc.

Si se desea no flotar pirita existe poca flotabilidad a bajas concentraciones de xantato y pH de 6 a 10.5 arriba de 11 también existe una alta depresión de pirita, desafortunadamente casi todos los sulfuros no son recuperados a pH arriba de 11, por lo que la mejor estrategia para no flotar exceso de pirita radicara en la menor dosificación de colector.

### **Peso molecular del colector.**

Cuanto mayor es el peso molecular del xantato mayor es la capacidad de colección, es decir que se requiere una menor cantidad para obtener la misma recuperación, pero conforme mayor es el peso molecular menor es la selectividad.

### **Variables del proceso de flotación**

Las variables que más afectan la flotación de los minerales son las siguientes:

- Granulometría de la mena
- Tipo y dosificación de reactivos de flotación.
- Densidad de la pulpa o porcentaje de sólidos.
- Tiempo de residencia.
- pH.
- Aireación y acondicionamiento de la pulpa.
- Temperatura de la pulpa.
- Calidad del agua utilizada.

### **Granulometría de la Mena.**

Existe un tamaño de partícula que mejora la recuperación metalúrgica. En general, las partículas muy gruesas o finas disminuyen esta recuperación. Las partículas pequeñas tienen dificultades

para adherirse a las burbujas porque no adquieren suficiente energía cinética para formar agregados estables. Sin embargo, las partículas pequeñas también son arrastradas más fácilmente a la espuma, ya que el drenaje hacia la pulpa aumenta con la velocidad de sedimentación.

En la etapa de flotación primaria (rougher), no es necesaria la liberación de partículas. Sin embargo, en la etapa de limpieza, es esencial remoler el concentrado del rougher para liberar las especies útiles de la mena y lograr una mayor selectividad.

El tamaño de partícula es crucial para controlar, ya que afecta la recuperación metalúrgica, la selectividad del concentrado final y los costos operativos del proceso de concentración.

### **2.3. Marco conceptual.**

#### **Celdas de flotación:**

Recipientes donde se concentra el sulfuro metálico mediante el burbujeo de aire en una solución. Las partículas de sulfuro que son hidrofóbicas se adhieren a las burbujas de aire y suben a la superficie formando la espuma rica en sulfuro metálico.

#### **Colectores:**

Son reactivos orgánicos que poseen una parte polar y una apolar, la polar se adsorbe la partícula mineral impidiendo que se moje y la parte apolar se fija en la burbuja, permitiendo así la flotación del mineral.

#### **Depresores:**

Son reactivos que actúan en forma selectiva impidiendo que ciertos minerales sulfurados que no se consideran útiles puedan flotar (impiden su flotación)

#### **Efecto hidrófobo:**

El efecto hidrófobo es la característica que impide que la partícula mineral se moje ya que le proporciona la propiedad de rechazo al agua.

#### **Espumante:**

Es un reactivo orgánico que proporciona a la pulpa la propiedad de formar en ella pequeñas burbujas de aire fuertes y con poca agua que son las que permitirán la flotación de las partículas de mineral sulfurado.

#### **Flotación:**

Método hidrometalúrgico que sirve para concentrar sulfuros metálicos, empleando aire que genera burbujas y empleando reactivos como los colectores, espumantes y modificadores.

#### **Ganga:**

Es el material térreo que ha sido despojado de los componentes que poseen valor económico e industrial.

#### **Mineral:**

Un mineral es un compuesto químico inorgánico que se ha formado naturalmente en la corteza terrestre y que tiene valor económico.

**Sulfuros:**

Son compuestos formados por un elemento químico y el azufre. En minería los sulfuros metálicos son los más importantes para tratarlos por flotación. Los minerales sulfurados de cobre más comunes son calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), covelina ( $\text{CuS}$ ) y enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ).

**Xantato potásico de amilo:**

Reactivo (colector) estándar para flotación en laboratorio de metalurgia.

**2.4. Estrategia metodológica.**

La presente investigación por su tipo se clasifica dentro de las aplicadas, ya que técnicamente busca que determinar que reactivos deben usarse en la flotación para evitar interferencias y lograr una máxima recuperación del oro, en este caso se estudiará la influencia del colector y del pH de la pulpa para ello se emplearan reactivos compatibles. Por su nivel la investigación es explicativa puesto que se relacionan las variables de estudio y por su diseño esta investigación es experimental ya que se manipula la variable independiente: colector y pH. La población para esta investigación estará representada por mineral aurífero sulfurado almacenado en las canchas de minerales de las plantas de flotación; mientras que la muestra estará representada por 20 Kg de mineral aurífero sulfuroso que será sometido a chancado, molienda y tamizado en el laboratorio, Luego se seleccionara el mineral molido hasta malla #150 y se llevará a cabo la flotación en la que se seleccionará primero el colector y luego se ensayará para ver la compatibilidad del pH con el colector seleccionado, este será el que permita que se recupere una mayor cantidad del oro presente en la muestra tratada. El estudio incluye el análisis del mineral para cuantificar el oro presente en la muestra, el análisis del resultado de la flotación para verificar en que ensayo se recupera una mayor cantidad de oro presente en la muestra.

Las técnicas empleadas son las analíticas y los instrumentos los ensayos de laboratorio. Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante selección, clasificación de datos, su interpretación y discusión.

**2.5. Procedimiento experimental.****Toma de muestras del mineral.**

Las muestras del mineral se tomaron en las canchas de minerales de las plantas hidrometalúrgicas de la zona de Nasca, el mineral escogido fue un mineral que contiene oro, cuarzo, pirita, calcopirita, minerales oxidados de cobre y de hierro, entre ellos magnetita, minerales que generalmente se encuentran asociados al oro en los yacimientos, las muestras se seleccionaron por su color y apariencia. La presencia de óxidos de cobre y la calcopirita, así como la pirita, le dan a la muestra un color variado que va desde azul a amarillo metálico. Se recolectó un total de 50 kg de muestra, en trozos de mineral de pequeño tamaño y algunos trozos

grandes que fueron rotos a golpe de comba para poder colocarlos en costales de rafia de 10 kilogramos cada uno y llevarlos al laboratorio metalúrgico.

### **Conminución de la muestra tomada.**

#### **Chancado**

La muestra traída al laboratorio contenía trozos grandes que no pueden ingresarse a la tolva de la chancadora por lo que se sometió primero a un chancado en una especie de quimbalete, que consta de un cabezal semi elíptico de concreto en cuyo centro se asegura un tubo que permite moverlo en forma concéntrica sobre una superficie cóncava. Con este dispositivo se muele la muestra hasta una granulometría adecuada que permita cargar la chancadora de quijadas.



Figura 8. Moedor artesanal.

Previo al chancado el mineral obtenido del quimbalete se somete a un cribado con el fin de eliminar el mineral que tiene una granulometría menor o igual a  $\frac{1}{2}$ " de diámetro. El material de mayor diámetro se somete a chancado en la chancadora de quijadas hasta que todo el mineral traído al laboratorio haya adquirido el diámetro correspondiente que es de  $\frac{1}{2}$ ".

#### **Muestreo del mineral.**

Del mineral chancado mezclado hasta obtener un material homogéneo, se toma una muestra de 3 kilogramos, al cual se somete a muestreo, por el método del cuarteo, para ello primeramente se apila el mineral con las espátulas hasta darle la forma de un cono, luego se achata para formar una torta de 5 cm de espesor aproximadamente, la cual se divide en cuatro con una regla, para eliminar dos de las partes que están frente a frente, después de esto se vuelve a formar el cono y se achata para formar la torta, se divide y se continua con este procedimiento hasta obtener una muestra representativa de 300 ó 400 gramos, necesarios para el análisis del mineral.

### **Molienda del mineral.**

Concluido el chancado se procede a molerlo en el molino de bolas. Para ello el molino previamente se limpia, tanto el molino como las bolas eso se hace con una brocha de cerdas, con el fin de eliminar todo el material anterior que puede contaminar la muestra. Seguidamente se carga el mineral y se muele hasta obtener la granulometría adecuada que puede ser malla # 150 a malla # -200.

### **Análisis del mineral.**

De la muestra representativa obtenida se tomaron las cantidades convenientes de mineral para hacer el análisis químico, haciéndose las siguientes determinaciones:

- Determinación de oro, mediante el método por vía seca en mufla eléctrica.
- Determinación de plata, mediante el mismo método empleado para el oro.
- Determinación de cobre total, por el método del permanganato de potasio.
- Determinación de hierro, por complexometría
- Determinación de plomo, por complexometría
- Determinación de cuarzo, por gravimetría
- Determinación de zinc. Por gravimetría.

### **Ensayo de oro por vía seca.**

El análisis de oro por vía seca se lleva a cabo por fusión y copelación sucesivas a altas temperaturas que van desde 1000°C hasta 1100°C en presencia de reactivos sólidos denominados fundentes, las mismas que se agregan a la muestra mineral en determinadas proporciones para disminuir el punto de fusión de los metales y óxidos de metales, y que además ayudan en la separación de la ganga de los componentes metálicos. El reactivo más importante que se adiciona a la mezcla fundente es el litargirio cuyo nombre químico es óxido de plomo (PbO), polvo amarillo que durante la fusión se reduce a plomo metálico que tiene la propiedad de colectar los metales preciosos oro y plata formando una aleación Pb-Au-Ag, que se separe de la ganga la cual retiene los metales ferrosos y no ferrosos, formando compuestos conocidos químicamente como boratos y silicatos.

Durante el proceso de fusión en el crisol de arcilla una vez alcanzada la temperatura de 900°C el plomo fundido inicia la recolección de los metales preciosos la cual termina entre los 1020°C y 1040°C formándose a estas temperaturas la aleación plomo-oro-plata con una alta densidad que permite que se deposite en el fondo del crisol y en la parte superior el material fundido de menor densidad constituyendo la ganga.

Cuando se vierte el contenido del crisol en la lingotera, el oro, la plata y el plomo ocupan la parte inferior mientras que la escoria se queda arriba. La escoria se separa con golpes suaves de martillo. Luego, la parte metálica se moldea en un cubo llamado regulo, que se coloca en la copela y se calienta a 900°C por 30 minutos. Durante este tiempo, el plomo se absorbe completamente, dejando un botón brillante de oro y plata conocido como doré.



Figura 9. Crisol de arcilla para análisis de oro por fusión.



Figura 10. Colocación del crisol con la muestra en el horno de mufla.

Terminada la fusión se retira el crisol de la mufla con la ayuda de una tenaza larga y se vierte su contenido en la lingotera, se deja enfriar por un rato y luego con el martillo se rompe y elimina la escoria y se reúne la parte metálica que posee plomo, oro y plata en un régulo que se le da a golpe de martillo la forma de un cubo.



Figura 11. Vaciado del material fundido a la lingotera.



Figura 12. Aleación plomo-oro-plata obtenido de la fusión.

Este régulo se coloca en una copela y se lleva a la mufla a  $900^{\circ}\text{C}$ . La copela, hecha de magnesita y harina de huesos, adsorbe el plomo como óxido de plomo. Se deja la puerta de la mufla parcialmente abierta para permitir el flujo de aire que proporciona oxígeno necesario para esta transformación. Después de 30 o 40 minutos, se forma un botón brillante de oro y plata llamado doré, indicando la conclusión del proceso. Se retira la copela, se enfría y comienza la fase de

partición. Finalmente, el doré se trata con ácido nítrico para disolver la plata y dejar libre el oro, que luego se calienta brevemente para eliminar impurezas y se pesa.



Figura 13. Doré obtenido al final de la copelación.

La partición separa la plata usando una solución diluida de ácido nítrico (1:1), que disuelve la plata y deja el oro libre. El proceso se realiza en un crisol de porcelana y se acelera con una plancha. Una vez eliminada toda la plata, el oro se calienta en la mufla durante 5 minutos y luego se pesa en una balanza micro analítica.

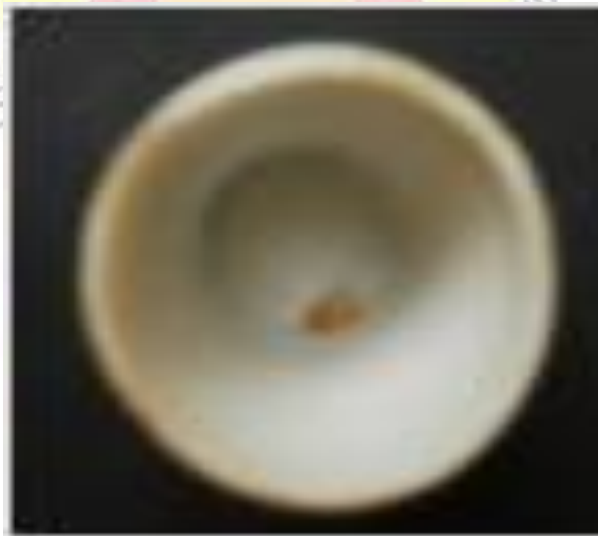


Fig. 14. Oro obtenido después de la partición.

## FLOTACIÓN DE ORO

### 1. Objetivo:

Realizar pruebas experimentales para establecer la eficiencia del reactivo colector que en este caso es el Z-6 en la concentración de oro presente en minerales que contienen también oro y poca concentración de sulfuros.

### 2. Equipo y material que se utiliza:

- Balanza tecnoquímica
  - Balanza analítica
  - Molino de bolas de laboratorio con las siguientes dimensiones: tamaño 8 pulgadas de diámetro y 7,5 pulgadas de longitud
  - Celda de flotación de laboratorio marca Denver tipo sub-A modelo D-12
  - Plato de tentaduras
  - Filtro de vacío y estufa de secado
  - Potenciómetro o papel medidor de pH.
  - Agitador magnético
  - Otros materiales: charolas, cubetas, probetas, alimentadores de reactivos.
3. Reactivos de flotación:
- Cal (Modificador de pH y depresor de pirita)
  - Z-6 (colector)
  - Cianuro de sodio NaCN y sulfato de zinc 20 mg (Depresor)
  - MIBC (Espumante)
  - Mineral pulverizado a malla -150.
4. Procedimiento:
- 4.1. Preparación de reactivos.
- Se prepara soluciones del colector en la cantidad adecuada:  
20 mg/L; 30 mg/L; 40 mg/L; 50 mg/L; 60mg/L
- El reactivo espumante MIBC se preparan soluciones de concentraciones:  
30 mg/L, 35mg/L y 40 mg/L.
- 4.2. Molienda del mineral
- Se pesa 1 kilo de mineral chancado hasta una granulometría malla – 8 y echarlo al molino de bolas de laboratorio.
- Agregar 600 mL de agua que equivale aproximadamente a 62 – 65% de sólidos en la pulpa
- Agregar 2 g de cal (o de soda caustica) para que se vaya mezclando con el mineral y modifique el pH de la pulpa y para que luego durante el proceso de flotación actúe como depresor de las piritas
- Poner en funcionamiento el molino y mantener la molienda por 10 minutos para conseguir una molienda de mineral a 60% - 150 mallas.
- 5.1. Flotación
- Terminada la molienda, descargar la pulpa del mineral molido directamente a la celda de flotación con un volumen útil de 4,3 L (con lo que se consigue un porcentaje de sólidos del 20% en la flotación)
- Montar la celda en la máquina de flotación

Graduar la velocidad del impulsor a 1300 rpm que equivale a 1275 pies por minuto de velocidad periférica

Accionar la máquina con la válvula del aire cerrada y agitar por un minuto y luego medir el pH, el cual debe estar entre 10 y 10.5 si es necesario ajustar agregando cal o soda caustica según sea necesario.



Figura 15. Celda de flotación Denver para laboratorio.

Adicionar a la celda la cantidad seleccionada del colector y agitar por lo menos durante 2 minutos

Luego agregar 1 gota de espumante MIBC del frasco – gotero y agitar por 2 minutos más, manteniendo la válvula de aire sin abrir.

Seguidamente abrir la válvula del aire para iniciar el proceso de flotación, generándose en el interior de la pulpa la formación de burbujas de aire que se elevan hacia la superficie formando una capa de espuma que contiene las partículas de oro, constituyendo lo que se denomina concentrado.

Este concentrado se recibe en una charola, del cual se toma una pequeña muestra en un plato para verificar la calidad del producto obtenido (del concentrado).

Durante la flotación se debe de controlar el tiempo desde el inicio hasta el final del proceso.

## 5.2. Filtrado y secado de productos

De la flotación se obtienen tres fracciones de concentrado: concentrado, medios y colas, los cuales deben de ser decantados, y luego filtrados en un filtro de vacío. Si los

productos no se decantan con facilidad entonces es necesario emplear un floculante para ayudar a su precipitación más rápida.

Cuando las colas o sea el producto más pesado no se asiente con rapidez, se puede tomar una muestra de 50 ó 100 g de sólido para hacer las pruebas químicas correspondientes.

El peso de las colas se obtiene por diferencia con el peso del concentrado.

5.3 Secado, pesado y preparación para el análisis.

Después de la filtración las fracciones se colocan en charolas y se llevan a secado en una estufa a una temperatura de 90 – 100°C, para luego disgregarlos y pesarlos y colocarlos en bolsas de papel debidamente rotuladas y cerradas herméticamente.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados obtenidos.

Tabla 1

Composición química de la muestra

Componente	Concentración, %
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	5,61
Plomo (Pb)	0,32
Cobre (Cu)	7,85
Hierro (Fe)	5,06
Zinc (Zn)	0,22
Azufre (S)	5,37
Oro (Au)	265 g/t
Plata (Ag)	42 g/t

Fuente: Datos experimentales.

En la tabla 1 se dan a conocer los resultados del análisis para determinar la composición química de la muestra de mineral de oro con poca concentración de sulfuros, en podemos ver que hay Cuarzo 5,61%, Cobre 7,85%, hierro 5,06%, oro 265g/t y plata 42 g/t entre otros componentes que se encuentran en bajas concentraciones.

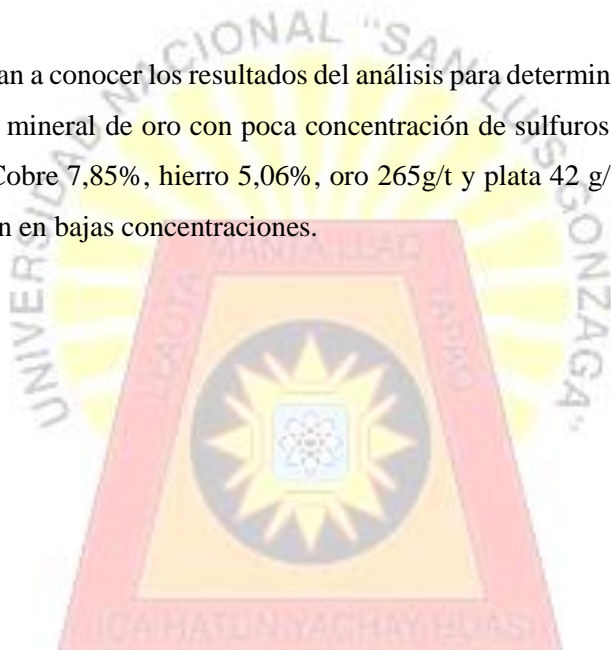


Tabla 2

Análisis mineralógico cualitativo del mineral

Especie mineralógica	Observación
Calcopirita	++
Cuarzo	+
Magnetita	++
Pirita	+++
Blenda	+
Azurita	++
Hematita	+
Malaquita	+
Oro nativo	++
Plata nativa	+

Fuente: Datos experimentales.

En la tabla 2 se dan a conocer los datos reportados del análisis mineralógico cualitativo del mineral empleado en los ensayos para estudiar el colector Z-6 y el pH en la flotación del oro, en ella se ve que hay calcopirita, cuarzo, magnetita, hematita, azurita y oro entre otras especies mineralógicas.



Tabla 3

Determinación de la capacidad de molienda del mineral

Tiempo, min	% pasante malla #150
4	35,52
6	42,17
8	54,28
10	59,64
12	65,43
14	86,52

Fuente: Datos experimentales.

Condiciones de molienda:

Peso del mineral: 1000 gramos

Agua: 500 mL

Malla Tyler: # 200

Llenado del molino 40%

Velocidad Crítica: 70%.

Porcentaje de Poros en el Lecho de Bolas: 40%

Tamaño de Bolas: 1", 1 ¼", 1 ½".

En la tabla 3 da a conocer los resultados de la moliendabilidad del mineral empleado en los ensayos, en ella podemos ver que se requieren 11 minutos para recuperar el 60% de pasante por la malla # 200.

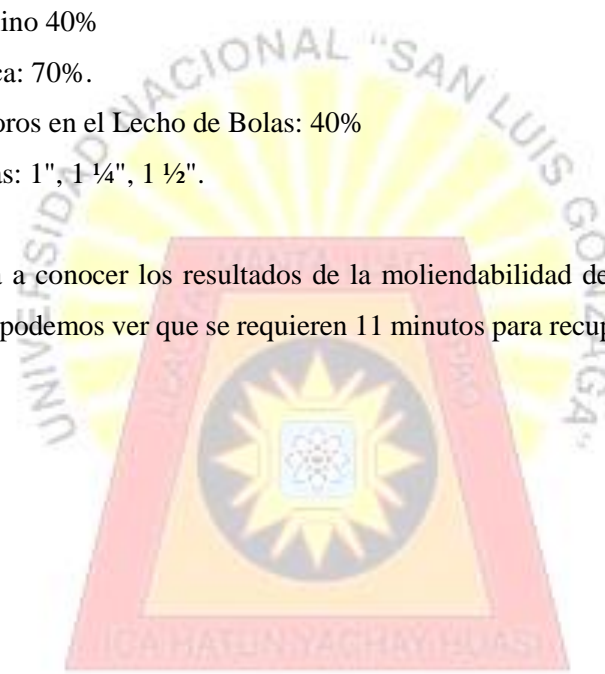


Tabla 4

Parámetros iniciales para la flotación del mineral  
para establecer la concentración del pH y el colector Z-6

PARÁMETROS Y MATERIALES	CANTIDADES
Peso del mineral, g	1000
Densidad de la pulpa, g/mL	1 354
Granulometría del mineral, $\mu\text{m}$	150
Agua, L	1,800
Velocidad de agitación en el acondicionamiento, rpm	1 500
Velocidad de agitación en la flotación, rpm	1300
Porcentaje de sólidos, %	30,5
pH	10,0
Cal (CaO), g	7, 8, 9
Depresor del plomo, NaCN y sulfato de zinc, mg /L	20
Depresor del Cu NaSH, mg/L	30
Depresor del Zinc, Sulfato de Zn, mg/L	30
Espumante MIBC, mg/L	30, 35, 40
Colector Z-6, mg/L	20, 30, 40, 50, 60,
Tiempo de flotación, min.	10
Tiempo de acondicionamiento, min.	4

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 se dan a conocer los parámetros y las dosificaciones de reactivos que se van a emplearen las diversas experiencias para demostrar la eficiencia del colector Z-6 en un pH adecuado. Como se observa los únicos parámetros que se variarán será el pH, el colector y el espumante, los otros parámetros son los que comúnmente se emplean en la flotación experimental y por tanto los tomaremos en cuenta en esta tesis.

Tabla 5

Selección experimental de la dosis correcta del depresor de cobre

N° de ensayo	NaSH, mg/L	Cu residual, g
01	20	70,41
02	30	55,18
03	40	32,13
04	50	10,07
05	60	1,14
06	70	0,00
07	80	0,00

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Cu en la muestra: 78,5 g

Concentración de colector: 50 mg/L

pH de la pulpa: 10,5

La tabla 5 da a conocer los resultados de las pruebas experimentales que se hicieron para seleccionar la dosis adecuada del depresor de cobre, según los datos obtenidos se requiere una concentración de 70 mg/L de sulfidrato de sodio para deprimir todo el cobre presente en la muestra tratada, trabajando con una concentración del colector de 50 mg/L y a un pH 10,5.

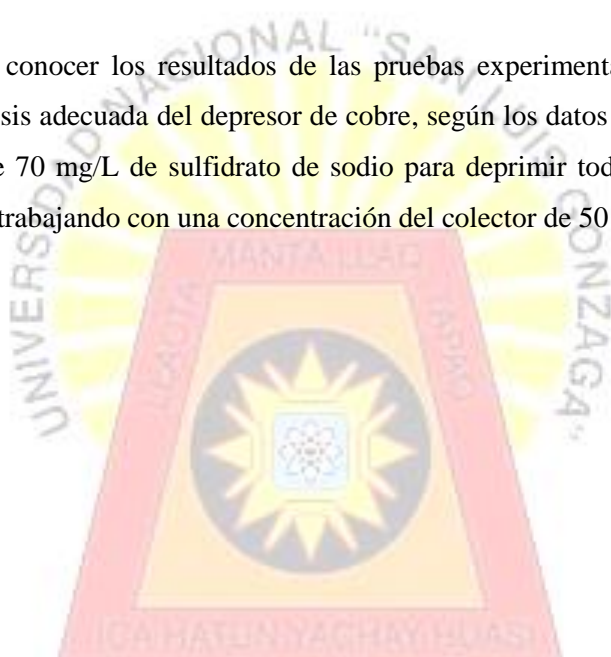


Tabla 6

Selección experimental de la dosis correcta del depresor de plomo

N° de ensayo	ZnSO <sub>4</sub> -NaCN, mg/L	Pb residual, g
01	20	2,45
02	30	0,12
03	40	0,00
04	50	0,00
05	60	0,00

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Pb en la muestra: 3,2 g

Concentración de colector: 50 mg/L

pH de la pulpa: 10,5

La tabla 6 da a conocer los resultados de las pruebas experimentales que se hicieron para seleccionar la dosis adecuada del depresor de plomo, según los datos obtenidos se requiere una concentración de 40 mg/L de la mezcla depresora sulfato de zinc-cianuro de sodio para deprimir todo el plomo presente en la muestra tratada, trabajando con una concentración del colector de 50 mg/L y a un pH 10,5.



Tabla 7

Selección experimental de la dosis correcta del depresor de zinc

N° de ensayo	ZnSO <sub>4</sub> , mg/L	Zn residual, g
01	20	1,75
02	30	0,00
03	40	0,00
04	50	0,00
05	60	0,00

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Zn en la muestra: 2,2 g

Concentración de colector: 50 mg/L

pH de la pulpa: 10,5

La tabla 7 da a conocer los resultados de las pruebas experimentales que se hicieron para seleccionar la dosis adecuada del depresor de zinc, según los datos obtenidos se requiere una concentración de 30 mg/L del depresor sulfato de zinc para deprimir todo el zinc presente en la muestra tratada, trabajando con una concentración del colector de 50 mg/L y a un pH 10,5.



Tabla 8

Selección experimental de la dosis correcta del depresor de hierro

N° de ensayo	CaO, g/L	Fe residual, g
01	4	41,56
02	5	29,63
03	6	17,36
04	7	4,19
05	8	0,00

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Fe en la muestra: 50,6 g

Concentración de colector: 50 mg/L

pH de la pulpa: 10,5

La tabla 8 da a conocer los resultados de las pruebas experimentales que se hicieron para seleccionar la dosis adecuada del depresor de hierro, según los datos obtenidos se requiere una concentración de 8 g/L del depresor óxido de calcio para deprimir todo el hierro presente en la muestra tratada, trabajando con una concentración del colector de 50 mg/L y a un pH 10,5.



Tabla 9

Recuperación de Au con 30 mg/L de Z-6 a diferente pH

pH	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
7,3	30	69
7,8	30	82
8,5	30	97
9,4	30	118
10,6	30	134
11,4	30	147

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

Concentración de espumante: 50 mg/L

La tabla 9 muestra los resultados de las pruebas hechas con el colector Z-6 a diferente pH para recuperar el oro de una muestra con poca concentración de sulfuros, como se observa con una dosis de 30 mg/L del colector incluso a un pH francamente alcalino de 11,4 la recuperación de oro es de solo 147 mg, habiendo en la muestra un total de 265 mg.



Tabla 10

Recuperación de Au con 40 mg/L de Z-6 a diferente pH

pH	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
7,3	40	77
7,8	40	89
8,5	40	112
9,4	40	125
10,6	40	141
11,4	40	156

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

Concentración de espumante: 50 mg/L

La tabla 10 muestra los resultados de las pruebas hechas con el colector Z-6 a diferente pH para recuperar el oro de una muestra con poca concentración de sulfuros, como se observa con una dosis de 40 mg/L del colector incluso a un pH francamente alcalino de 11,4 la recuperación de oro es de solo 156 mg, habiendo en la muestra un total de 265 mg.



Tabla 11

Recuperación de Au con 50 mg/L de Z-6 a diferente pH

pH	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
7,3	50	85
7,8	50	99
8,5	50	121
9,4	50	146
10,6	50	163
11,4	50	182

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

Concentración de espumante: 50 mg/L

La tabla 11 muestra los resultados de las pruebas hechas con el colector Z-6 a diferente pH para recuperar el oro de una muestra con poca concentración de sulfuros, como se observa con una dosis de 50 mg/L del colector incluso a un pH francamente alcalino de 11,4 la recuperación de oro es de solo 182 mg, habiendo en la muestra un total de 265 mg.



Tabla 12

Recuperación de Au con 60 mg/L de Z-6 a diferente pH

pH	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
7,3	60	96
7,8	60	123
8,5	60	145
9,4	60	167
10,6	60	191
11,4	60	235

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

Concentración de espumante: 50 mg/L

La tabla 12 muestra los resultados de las pruebas hechas con el colector Z-6 a diferente pH para recuperar el oro de una muestra con poca concentración de sulfuros, como se observa con una dosis de 60 mg/L del colector incluso a un pH francamente alcalino de 11,4 la recuperación de oro es de solo 235 mg, habiendo en la muestra un total de 265 mg.



Tabla 13

Recuperación de Au con 70 mg/L de Z-6 a diferente pH

pH	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
7,3	70	120
7,8	70	147
8,5	70	183
9,4	70	205
10,6	70	241
11,4	70	265

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

Concentración de espumante: 50 mg/L

La tabla 13 muestra los resultados de las pruebas hechas con el colector Z-6 a diferente pH para recuperar el oro de una muestra con poca concentración de sulfuros, como se observa con una dosis de 70 mg/L del colector incluso a un pH francamente alcalino de 11,4 la recuperación de oro es total, es decir, se recupera todo el oro presente en la muestra.



Tabla 14

Recuperación de Au con 60 mg/L MIBC y 70 mg/L de Z-6 a diferente pH

pH	MIBC, mg/L	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
7,3	60	70	138
7,8	60	70	159
8,5	60	70	195
9,4	60	70	226
10,6	60	70	265
11,4	60	70	265

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

La tabla 14 muestra los resultados de las pruebas hechas con el colector Z-6 a diferente pH para recuperar el oro de una muestra con poca concentración de sulfuros, como se observa con una dosis de 70 mg/L del colector, empleando una concentración de 60 mg/L de MIBC, la recuperación del oro se logra a un pH 10,6 con 70 mg/L de colector Z-6.



Tabla 15

Recuperación de Au con diversas concentraciones del Z-6

pH	MIBC, mg/L	Z-6, mg/L	Au recuperado, g
11,4	50	30	138
11,4	50	40	159
11,4	50	50	195
11,4	50	60	226
11,4	50	70	265
10,6	60	70	265

Fuente: Datos experimentales.

Concentración inicial del Au en la muestra: 265 mg

La tabla 15 muestra los resultados de la recuperación del oro con diferente concentración del colector Z-6 a pH 11,4, como se observa conforme se aumenta la dosis del colector es mayor la recuperación del oro. La prueba adicional agregando 60 mg/L del espumante MIBC, la recuperación total del oro se da a un pH 10,6.



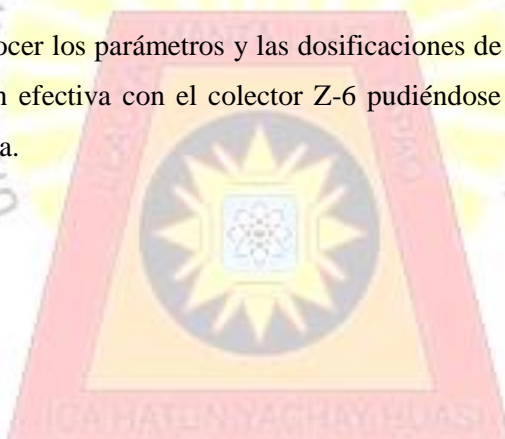
Tabla 16

Parámetros iniciales para la flotación del mineral  
para establecer la concentración del pH y el colector Z-6

PARÁMETROS Y MATERIALES	CANTIDADES
Peso del mineral, g	1000
Densidad de la pulpa, g/mL	1 354
Granulometría del mineral, $\mu\text{m}$	150
Agua, L	1,800
Velocidad de agitación en el acondicionamiento, rpm	1 500
Velocidad de agitación en la flotación, rpm	1300
Porcentaje de sólidos, %	30,5
pH	10,6
Cal (CaO), g	8
Depresor del plomo, NaCN y sulfato de zinc, mg /L	40
Depresor del Cu NaSH, mg/L	70
Depresor del Zinc, Sulfato de Zn, mg/L	30
Espumante MIBC, mg/L	60
Colector Z-6, mg/L	70
Tiempo de flotación, min.	10
Tiempo de acondicionamiento, min.	4

Fuente: Elaboración propia.

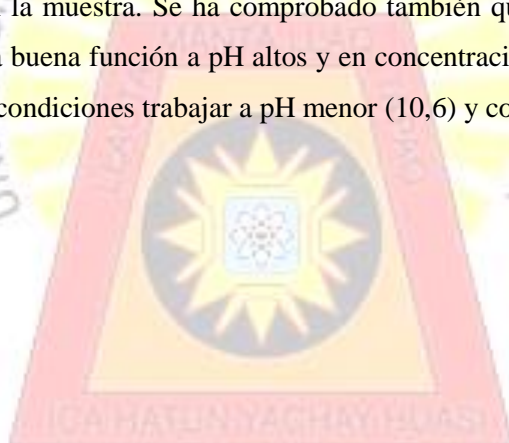
La tabla 16 da a conocer los parámetros y las dosificaciones de reactivos que se emplean para realizar una flotación efectiva con el colector Z-6 pudiéndose recuperar la totalidad del oro presente en la muestra.



#### IV. DISCUSIÓN

El oro al igual que otros metales nativos y los sulfuros, tienen la característica superficial de ser hidrófobos, es decir, que pueden ser flotados, pero esa propiedad hidrofóbica es débil por lo que se requiere de un reactivo colector específico que sea selectivo y en ese caso se ha seleccionado al Z-6. Una de las características del mineral es que contiene pocos sulfuros en comparación con los minerales oxidados, sin embargo, los sulfuros presentes aportan otros metales que durante la flotación del oro interfieren por lo que se han empleado reactivos depresores para el cobre (NaSH) y para la pirita (CaO) fundamentalmente ya que ellos se encuentran en mayor concentración; así mismo se deprimió el zinc y el plomo.

El mineral conteniendo minerales sulfurosos y oxidados se sometió a molienda hasta malla # 200, para liberar el oro y poder llevar a cabo la flotación con éxito. El empleo del xantato Z-6 se ha comprobado que trabaja muy bien en un medio alcalino que supera el pH 8,5, como regulador de pH se ha empleado el óxido de calcio que en estos ensayos ha cumplido doble función, como modificador de pH y como depresor de la pirita. El pH máximo al cual se ha trabajado fue de 11,6 con el cual se logró extraer la totalidad del oro presente en la muestra. Se ha comprobado también que el espumante metil isobutil carbinol (MIBC) cumple una buena función a pH altos y en concentraciones relativamente altas de 60 mg/L, lográndose bajo estas condiciones trabajar a pH menor (10,6) y con el mismo rendimiento.



## V. CONCLUSIONES

1. Experimentalmente se ha demostrado que el colector xantato Z-6 se comporta eficientemente en la recuperación del oro mediante flotación por espuma en un medio básico que alcanzo el pH 10,6, lo que acentúa su eficiencia como reactivo colector del metal nativo, contenido en mineral con baja concentración de sulfuros.
2. Las características de flotabilidad del xantato Z-6 son las siguientes: se requiere de bajas concentraciones del reactivo, el pH adecuado es francamente alcalino, se ingresa a la pulpa en la celda de flotación.
3. Experimentalmente se ha establecido que la eficiencia del xantato Z-6 en la recuperación del oro por flotación, es alta (100%) ya que en los ensayos empleando este colector se ha recuperado la totalidad del oro presente en la muestra, seleccionando las condiciones y la dosis de los reactivos a las concentraciones adecuadas.



## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda probar con más muestras de minerales similares y los mismos reactivos para verificar su viabilidad industrial del uso del xantato Z-6, empleando los mismos criterios que se han tomado en cuenta en esta tesis.
2. También se aconseja estudiar el comportamiento del xantato Z-6 bajo diferentes niveles de pH, tanto alcalinos como ácidos, para evaluar su eficiencia en ambos casos y poder emplearlo en minerales del tipo que se ha trabajado en esta tesis, pero a nivel industrial.



## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.

- [1] P.Sandoval, “Propuesta técnica para el procesamiento de mineral polimetálico proveniente de la región de Coquimbo”, Tesis, Chile, Universidad Andrés Bello, 2018.
- [2] E. Mora et al, “Remoción de plomo de un efluente sintético vía flotación iónica utilizando xantato”, Tesis, España, Universidad de Oviedo, 2018.
- [3] A. Tito, “Optimización del proceso de flotación de concentrados de zinc y plata en el ingenio minero del Sur-sección “Rosicler” mediante diseño experimentales”, Tesis, Bolivia, Universidad de San Andrés, 2017.
- [4] J. Colqui, “Evaluación del colector pq-6293 en la flotación de minerales sulfurados de plomo – plata en la empresa Buenaventura Unidad Mallay 2017”, Tesis, Perú, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2017.
- [5] C. Benites, “Tratamiento de minerales mediante el blending para mejorar la calidad de concentrado de plomo zinc de la minera Toropunto a nivel experimental-2019”, Tesis, Perú, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2019.
- [6] A. Azañero, “Flotación de minerales oxidados de plomo”, Tesis, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018.
- [7] C. Correa, “Evaluación del efecto del pH y de los reactivos en la recuperación de cobre en circuito de flotación colectiva Cu-Mo en minera los pelambres”, Tesis, Chile, Universidad de Bio-Bio, Facultad de Ingeniería, 2019.
- [8] R. García, “Estudio electroquímico de los mecanismos de flotación selectiva de sulfosales de cobre en medio alcalino”, Tesis, Bolivia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2022.
- [9] J. Torres, “Estudio metalúrgico de recuperación de cobre en planta concentradora Huanzala, Tesis, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa 2018.
- [10] C. Alvarado y O. Plasencia, “Influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera occidental 2 de Cajamarca S.R.L.”, Tesis, Perú, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2019.

## VIII. ANEXOS

Nombre del producto: SIPX  
SDS Preparación Fecha: 2018-07-18



Revisión: 03  
Reemplaza: 2015-12-31

### FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

#### 1. IDENTIFICACIÓN

Identificador del producto utilizado en la etiqueta

: Flottec SIPX Colector.

El uso recomendado del producto químico y restricciones de uso

: Colector utilizado en la industria minera

Familia química

: Xantato

Nombre, dirección y número de teléfono del fabricante, importador, u otro responsable:

**Flottec, LLC**

338 West Main Street

Boonton, NJ 07005 U.S.A.





www.flottec.com

información telefónica # : (973) 588 4717

24 Hr. Emergencia Tel # : Chemtrec 1-800-424-9300 (Dentro del País E.U.); Chemtrec 703-527-3887 ( Fuera de E.U.)

#### 2. IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación del producto químico

			
H251: Se calienta espontáneamente; puede inflamarse H29x: Puede formar concentraciones de polvo inflamable en aire	H311: Tóxico en contacto con la piel	H318: Provoca lesiones oculares graves	H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

#### Clasificación del producto químico

Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo (categoría 1)

Polvo inflamable

Toxicidad aguda, oral (Categoría 4)

Toxicidad aguda por vía cutánea (Categoría 3)

Piel corrosión / irritación (Categoría 2)

Lesiones oculares graves / irritación ocular (Categoría 1)

Sensibilizador de la piel (Categoría 1)

Toxicidad específica en determinados órganos, exposición única (Categoría 3)

#### Elementos de la etiqueta

Palabra clave

Peligro

#### Declaraciones de peligro

H251: Se calienta espontáneamente; puede inflamarse

H29x: Puede formar concentraciones de polvo inflamable en aire

H311: Tóxico en contacto con la piel

H318: Provoca lesiones oculares graves

H302: Nocivo en caso de ingestión

H315: Provoca irritación cutánea

H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel

H336: Puede provocar somnolencia o mareos  
H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos

#### Medidas de precaución

P260: No respirar el polvo, vapores, humos y gases.  
P262: Evite el contacto con ojos, la piel o la ropa.  
P264: Lavarse la cara, las manos y la piel expuesta completamente después de manejar.  
P270: No comer, beber ni fumar durante su utilización.  
P271: Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.  
P272: Prendas de trabajo contaminadas no podrán sacarse del lugar de trabajo.  
P273: Evite la liberación al medio ambiente.  
P280: Utilizar guantes de protección, ropa protectora y protección para los ojos.  
P301 + P330 + P312: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. Llame a un centro de información toxicológica o a un médico si se siente mal.  
P302 + 352: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón.  
P333 + 313: En caso de irritación de la piel o una erupción cutánea: Consultar a un médico.  
P304 + 340 + P312: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. Llame a un centro de información toxicológica o al médico si se encuentra mal.  
P305 + 351 + 338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuague continuamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.  
P310: Llamar inmediatamente a un médico / médico.  
P361 + P364: Eliminar / Quitar la ropa inmediatamente toda contaminada y lavarla antes de usarla nuevamente.  
P391: Recoger el vertido.  
P403 + P235 + P233: Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantenga el recipiente herméticamente cerrado. Mantener frío.  
P405: Almacénalo bajo llave.  
P407: Mantener espacio de aire entre recipientes estibados.  
P413: Almacenar producto a granel a temperatura no superior a 32 ° C / 90 ° F.  
P420: Almacenar alejado de otros materiales.  
P501: Eliminar el contenido y el contenedor a una agencia de eliminación de productos químicos autorizado de conformidad con las normativas locales, regionales y nacionales.

#### Otros peligros

Grave peligro hacia el medio ambiente acuático (Categoría 2)  
Peligro a largo plazo para el medio ambiente acuático (Categoría 2)

### 3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Mezcla

Nombre común	CAS #	Concentración / wt %
Xantato Isopropílico de Sodio	140-93-2	>85
Hidróxido de sodio	1310-73-2	0-1
Carbonato de sodio	497-19-8	0-3
Sulfuro de sodio	1313-82-2	0-1
Alcohol Isopropílico	67-63-0	0-10

Las concentraciones exactas de los productos químicos enumerados anteriormente se mantienen en reserva como un secreto comercial.

### 4. Medidas de primeros auxilios

#### Descripción de primeros auxilios

*Ingestión* : NO provocar el vómito, a menos que sea recomendado por el personal médico. Si la víctima está consciente lavar la boca con agua y darle 1-2 vasos de agua para tomar. Nunca de nada por la boca si la víctima está inconsciente o convulsionando. Si espontáneamente el vómito ocurre, mantenga la cabeza debajo del nivel de las caderas para evitar la aspiración hacia los pulmones. Busque atención médica o póngase en contacto con un centro de toxicología de inmediato.

*Inhalación* : Mueva a la persona al aire fresco. Si no respira, aplicar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno por una personal capacitado. Si el problema persiste o se complica, busque atención médica.

<b>Contacto con la piel</b>	: Enjuague con agua durante al menos 15 minutos. Qútese la ropa contaminada y lávela antes de reutilizarla. Evitar tocarse los ojos con las partes del cuerpo contaminadas. Si el problema persiste o se complica, busque atención médica.
<b>Contacto con los ojos</b>	: Lavar inmediatamente con abundante agua, quitar los lentes de contacto, enjuague con agua durante al menos 15 minutos manteniendo los párpados abiertos para enjuagar correctamente. Si el problema persiste o se complica, busque atención médica.
<b>Síntomas</b>	: Puede causar irritación ocular grave, o daños en los ojos. Puede causar irritación de la piel. Puede provocar una reacción alérgica de la piel. Las concentraciones altas pueden causar depresión del sistema nervioso central que se caracteriza por dolor de cabeza, mareos, vértigo, náuseas, somnolencia y fatiga.
<b>Notas para el médico</b>	: Tratar de acuerdo a condiciones específicas de exposición de la persona. Si se realiza el lavado, sugieren endo traqueal y / o esofágico. El peligro de aspiración pulmonar se valorará con relación a la toxicidad, considere un lavado estomacal. El tratamiento a la exposición se dirigirá al control de los síntomas y la condición clínica del paciente.

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

### Medios de extinción

#### Medios de extinción adecuados

: Extintor, rociador de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), espuma química.

#### Medios inadecuados

: No utilizar chorros de agua.

### Peligros específicos derivados de la sustancia o de la mezcla

: La Química del Xantato alquillo de sodio en contacto con el agua emite bisulfuro de carbono, que es inflamable. La forma de polvo o gránulo seco también puede ser inflamables debido a la presencia de humedad en el producto. Puede desprender gases irritantes, tóxicos y / o corrosivos durante un incendio o cuando se calienta hasta la descomposición. Puede formar concentraciones de polvo combustible en el aire.

### Equipo de protección especial y precauciones para bomberos

#### Equipo de protección para bomberos

: Los bomberos deben llevar equipo de respiración autónoma con máscara completa. El traje de bombero puede no ser eficaz contra los productos químicos.

#### Procedimientos especiales contra incendios

: El rocío de agua puede ser usada para enfriar los equipos expuestos al calor y las llamas. Prevenir que escape de control el incendio o de que el agua utilizada en el combate del incendio entre el alcantarillados o al suministro de agua potable.

## 6. MEDIDAS DE ESCAPE ACCIDENTAL

### Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

: No toque el material derramado. Asegúrese de usar el equipo de protección personal mencionado en esta hoja de seguridad.

### Precauciones ambientales

: No permita que el material contamine el agua subterránea. Para un derrame grande, consultar el Departamento de Medio Ambiente o las autoridades pertinentes.

### Métodos y material de contención y de limpieza

: Ventilar bien la zona. Evitar la generación de condiciones de mucho polvo. Aspirar o barrer y colocar en un contenedor de recuperación apropiado. Terminar la limpieza enjuagando la superficie del agua contaminada. Desechar a través de un contratista autorizado para su eliminación.

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### Precauciones para una manipulación segura

: Evitar el calor excesivo y la humedad. Usar sólo en áreas bien ventiladas. Evitar respirar el polvo y el humo. Evitar la generación de mucho polvo. Evite el contacto con la piel, ojos y ropa. Use protección ocular, guantes y otras prendas de protección que se adapta a la tarea a ejecutar y los riesgos involucrados. Utilice herramientas estáticas no espumosas. No comer, no beber y no fumar durante su utilización. Mantener el recipiente herméticamente cerrado cuando no se utiliza. Puede formar concentraciones de polvo combustible en el aire. Mantener alejado del calor y las llamas. Después de su uso, lavarse las manos con agua y jabón. Lavar la ropa contaminada antes de usarla nuevamente.

**Condiciones de almacenamiento seguro**

: El calor y la sobreexposición a la humedad del Xantato sólido, y el calentamiento o el envejecimiento de la soluciones de Xantato, provoca la descomposición del bisulfuro de carbono el cual es tóxico e inflamable. El tanque de almacenamiento deberá tener ciertas características de diseño para una máxima seguridad, y la parte superior en donde se concentra el vapor, deberá estar libre de fuentes de ignición. Almacenar y cerrar herméticamente en un recipiente debidamente etiquetado. Los envases que han sido abiertos deben cerrarse cuidadosamente y mantenerse en posición vertical para evitar fugas. Almacenar lejos de materiales oxidantes y materiales incompatibles (ver sección 10). Mantener alejado de la humedad. Mantener alejado de la luz solar directa y el calor.

Temperatura de almacenamiento : 10 a 32°C (50 a 89.6 °F)

**8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL**

**Inmediatamente peligroso para la vida o la salud**

Sulfuro de hidrógeno : 100 ppm.  
Bisulfuro de carbono : 500 ppm.  
Hidróxido de sodio : 10 mg/m<sup>3</sup>.  
Alcohol Isopropílico : 2000 ppm

**Límites de exposición**

Alcohol Isopropílico	: STEL	400 ppm	ACGIH, BC, ON
		500 ppm	1230 mg/m <sup>3</sup> RSST
	TWA (8h)	200 ppm	ACGIH, BC, ON
		400 ppm	980 mg/m <sup>3</sup> OSHA
Hidróxido de sodio	: Techo	400 ppm	983 mg/m <sup>3</sup> RSST
		2 mg/m <sup>3</sup>	ACGIH, BC, ON, RSST
	TWA (8h)	2 mg/m <sup>3</sup>	OSHA
Sulfuro de hidrógeno	: Techo	10 ppm	BC
		5 ppm	ACGIH
		15 ppm	ON
	STEL	15 ppm	21 mg/m <sup>3</sup> RSST
			3 mg/m <sup>3</sup> OSHA
Bisulfuro de carbono	: STEL	1 ppm	ACGIH
		10 ppm	ON
		10 ppm	14 mg/m <sup>3</sup> RSST
	TWA (8h)	12 ppm	36 mg/m <sup>3</sup> RSST
		30 ppm	OSHA
		20 mg/m <sup>3</sup>	OSHA
	1 ppm	ACGIH, ON	
	4 ppm	BC	
	4 ppm	12 mg/m <sup>3</sup> RSST	

**Controles de la exposición**

**Controles técnicos apropiados** : Proveer suficiente ventilación mecánica (escape general y / o local) para mantener las concentraciones de vapores, nieblas, aerosoles o polvo por debajo del límite de exposición ocupacional. Asegúrese de que las estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad estén cerca de la estación de trabajo.

**Protección respiratoria**

: El uso de respirador no es necesaria en un área bien ventilada. Equipos de protección respiratoria (PPE) debe ser seleccionado y ajustado, el mantenimiento e inspección de conformidad con la normativa y la norma CSA Z 94.4 y aprobado por NIOSH / MSHA. En caso de ventilación insuficiente, en espacio confinado o encerrado, asignar un factor de protección (APF) de hasta 10 veces el límite de exposición, utilizar un respirador de media máscara con cartuchos apropiados equipados con filtros P100. Para un APF hasta un máximo de 100 veces de límite de exposición, use un respirador de mascarilla completa con cartuchos adecuados y filtros P100. Para concentraciones más altas que el valor umbral límite, usar cualquier aparato de respiración autónomo que contenga una máscara facial completa y operado a presión-demanda u otra modalidad de presión positiva

**Protección de la piel**

: Equipo de protección personal para el cuerpo debe ser seleccionada basándose en los riesgos involucrados y en la tarea a ejecutar. Usé un delantal o traje prenda de protección de manga larga.

- Ojos / Protección facial** : Utilizar lentes contra salpicaduras químicas. Si existe riesgo de contacto con ojos o caras utilizar careta.
- Manos** : Use guantes de nitrilo o neopreno. también se pueden utilizar guantes de nitrilo desechables, pero desechar después de un solo uso. Los guantes solo deben ser usados con las manos limpias. Lave los guantes con agua antes de quitarlos. Después de usar los guantes, las manos deben lavarse y secarse bien. Antes de utilizarlo, el usuario debe confirmar la impermeabilidad. Deseche los guantes que muestran salpicaduras químicas, agujeros de alfiler, o signos de desgaste.
- Otros equipos de protección** : Utilizar calzado de seguridad.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Estado físico</b>	: Sólido en gránulos, hojuelas o en polvo	<b>Límites de inflamabilidad (% por vol.)</b>	: N/Ap
<b>Color</b>	: Amarillo verde	<b>Punto de Inflamación</b>	: N/Ap
<b>Olor</b>	: Desagradable	<b>Temp. de ignición espontánea</b>	: > 120°C (248°F)
<b>Umbral de olor</b>	: N/Av	<b>Sens. a la carga electrostática</b>	: No
<b>pH</b>	: N/Av	<b>Sensibilidad a chispas / fricción</b>	: No
<b>Fusión / Punto de congelación</b>	: N/Av	<b>Densidad del vapor (Alre = 1)</b>	: N/Av
<b>Punto de ebullición / campo</b>	: N/Ap	<b>Densidad relativa (Agua = 1)</b>	: 1.35 kg/L @ 20°C (68°F)
<b>Solubilidad en agua</b>	: Soluble 37 g/100 g @ 20°C (68 °F)	<b>Coefficiente de reparto (n-octanol / agua)</b>	: -1.82
<b>Tasa de evaporación (BuAc = 1)</b>	: N/Av	<b>Temperatura de descomposición</b>	: > 119 °C (246.2°F)
<b>Presión de vapor</b>	: N/Av	<b>Viscosidad</b>	: N/Av
<b>Volátiles (% por peso)</b>	: N/Av	<b>Masa molecular</b>	: N/Ap
<b>Inflamabilidad (sólidos, gas)</b>	: Auto combustible.		

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

- Reactividad** : Este producto no se debe mezclar con ácidos ya que la evolución de gas de sulfuro de hidrógeno tóxico y la inflamabilidad del gas de sulfuro de hidrógeno podría resultar. Químico de Xantato de alquilo de sodio en contacto con el agua emite bisulfuro de carbono, que es inflamable. La forma de polvo o gránulo seco también puede ser inflamables debido a la presencia de humedad en el producto.
- Estabilidad química** : Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
- Posibilidad de reacciones peligrosas (incluyendo polimerizaciones)** : La polimerización peligrosa no ocurrirá en condiciones de almacenamiento recomendadas.
- Condiciones para evitar** : Evite el contacto con materiales incompatibles. Evitar la generación de condiciones de mucho polvo. Evitar la exposición de Xantato sólido al calor o la humedad y el calor o el envejecimiento de soluciones de Xantato. Evitar el calor excesivo y la humedad.
- Materiales incompatibles** : Agentes oxidantes fuertes (tales como ácido nítrico, ácido perclórico, peróxidos, cloratos y percloratos), ácidos fuertes, bases fuertes, líquidos inflamables.
- Productos de descomposición peligrosos** : El sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), bisulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>).

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

### Datos toxicológicos

Nombre químico	LC <sub>50</sub> (Inhalación, rata)	LD <sub>50</sub> / mg/kg	
		(Oral, rata)	(Dérmico, Conejo)
Xantato Isopropílico de Sodio	N/Av	1250	<1000
Alcohol Isopropílico	66.1 mg/l/4h	5045	12870
Carbonato de sodio	1.15 mg/l/4h	2800	>2000
Hidróxido de sodio	N/Av	>140	1350
Sulfuro de sodio	N/Av	208	<340
Bisulfuro de carbono	10.35 mg/l/4h	>2000	N/Av
Sulfuro de hidrógeno	444 mg/l/4h	N/Av	N/Av

#### Posibles vías de exposición

Piel	: Si
Ojo	: Si
Inhalación	: Si
Ingestión	: Si

#### Efectos potenciales de salud:

##### Los signos y síntomas de efectos retardados, inmediatos y crónicos

Piel	: Puede causar enrojecimiento e irritación de la piel. Los compuestos químicos de este grupo, de sodio de alquilo Xantato, son muy irritantes para la piel en conejos (OCDE 404).
Ojos	: Puede causar irritación ocular graves o daños en los ojos. Los compuestos químicos de este grupo, sodio Alquilo Xantato, son muy irritantes para los ojos en conejos (OECD 405).
Inhalación	: Puede causar irritación de nariz, garganta y tracto respiratorio. Las concentraciones altas pueden causar depresión del sistema nervioso central que se caracteriza por dolor de cabeza, mareos, vértigo, náuseas, somnolencia y fatiga.
Ingestión	: Nocivo en caso de ingestión. La ingestión provoca trastornos del tracto digestivo que resulta en náuseas, vómitos, calambres y diarrea.
Sensibilidad a materiales	: Los compuestos químicos de este grupo, de sodio de alquilo Xantato, se informaron como sensibilizadores potenciales (OCDE TG 409). No hay sensibilizadores respiratorios.
La clasificación IRAC / NTP	: No existen ingredientes presentes
Carcinogenicidad	: Ingredientes presentes en niveles superiores o iguales al 0,1% de este producto no están listados como cancerígeno por IARC, ACGIH, NIOSH, NTP o OSHA.
Mutagenicidad	: Los ingredientes de este producto, que presente niveles mayores que o iguales a 0,1% no son conocidos por causar efectos mutagénicos.
Efectos reproductivos	: Los ingredientes de este producto, que presente niveles mayores que o iguales a 0,1% no son conocidos por causar efectos en la reproducción.
Efectos sobre los órganos diana específicos - exposición única	: Sistema nervioso central.
Efectos sobre los órganos diana específicos - La exposición repetida	: Sin órgano diana está en la lista.
Otra información	: La estimación de la toxicidad oral aguda (ATE) de la mezcla se calculó que era mayor que 300 mg / kg, pero inferior a 2000 mg / kg. Este valor se clasifica de acuerdo a GHS: Toxicidad aguda, oral (categoría 4). Las estimaciones de la toxicidad de la piel aguda (ETA) de la mezcla se calculó a ser mayor que 200 mg / kg, pero inferior a 1000 mg / Kg. Este valor se clasifica de acuerdo a GHS: Toxicidad aguda por vía cutánea (categoría 3).

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Eco toxicidad	:	Pescado - Oncorhynchus mykiss - Trucha arco iris	LC <sub>50</sub>	10 mg/L; 96 h (Xantato Isopropilico de sodio) OECD 203
		Invertebrados Acuáticos - Daphnia magna (estática)	EC <sub>50</sub>	3.7 mg/L; 24 h (Xantato Isopropilico de sodio) OECD 202
		Pescado - Puntius gonionotus - Agua Fresca	LC <sub>50</sub>	0.0027 mg/L; 96 h (sulfuro de sodio) OECD 203
		Invertebrados Acuáticos - langostino indio - Penaeus indicus	EC <sub>50</sub>	0.063 mg/L; 96 h (sulfuro de sodio)
Persistencia	:	: Contiene un ingrediente que puede ser persistente en el medio ambiente acuático.		
Degradabilidad	:	: El xantato etílico de sodio se descompone fácilmente a Alcohol Isopropilico y Bisulfuro de carbono, especialmente en presencia de agua/ humedad. Este compuesto es fácilmente biodegradable, >60% degradado en 8 días (Pauta de la OCDE 301A).		
El potencial de bio acumulación	:	: El xantato alquílico de sodio tiene factores de partición Log Kow de <0, lo que indica que no debe acumularse en la cadena alimentaria.		
Movilidad en el suelo	:	: El valor Koc estimado de 6 a 24 sugiere que se espera que el Xantato alquílico de sodio tenga muy alta movilidad en el suelo.		
Otros efectos ambientales adversos	:			

: Este producto químico no afecta la capa de ozono.

### 13. CONSIDERACIONES DE DESECHO

**Manipulación para la eliminación :** ¡Importante! Prevenir la generación de residuos. Utilizar en su totalidad. No perforar, cortar, calentar o quemar contenedores, incluso después de su uso. NO arroje residuales al alcantarillado, ríos, alcantarillas o abastecimiento de agua potable. Devolver el envase vacío debidamente etiquetados para el proveedor o en todas partes hay un programa de recuperación. Desechar el medio de un contratista autorizado para su eliminación. Observe todas las regulaciones federales, estatales / provinciales y municipales. Si es necesario, consulte el Departamento de Medio Ambiente o las autoridades pertinentes.

### 14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Información reguladora	Un numero	Nombre correspondiente conforme a la UN	Nivel de riesgo para el transporte (es)	Grupo de embalaje	Etiqueta
DOT	UN 3342	XANTATOS (XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO)	4.2	II	Combustión espontánea
<b>Información Adicional</b>		Este material no está listado como un contaminante marino. Hace falta un permiso para el transporte con los carteles adecuados que se muestren en el vehículo.			
TDG	UN 3342	XANTATOS (XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO)	4.2	II	Combustión espontánea
<b>Información Adicional</b>		Guía de Respuesta en Emergencias 2012 - 135			
IMO/IMDG	UN 3342	XANTATOS (XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO)	4.2	II	Combustión espontánea
<b>Información Adicional</b>		Planes de emergencia (EmS-No) F-A, S-J			
IATA	UN 3342	XANTATOS (XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO)	4.2	II	Combustión espontánea
<b>Información Adicional</b>		Este material está prohibido en aviones de carga y de pasajeros. Transpórtese solamente en aviones de carga.			

### 15 - Información reglamentaria

#### Información Federal de Estados Unidos:

- Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA)  
Este material está listado en el inventario de TSCA, de otra forma cumple con los requisitos de la TSCA.
- EPCRA Sección 313 Sustancias químicas tóxicas:  
El hidróxido de sodio (CAS No 1310-73-2).  
El alcohol Isopropílico (CAS No 67-63-0).
- CERCLA (Integral de Respuesta, Compensación y Responsabilidad):  
El hidróxido de sodio (CAS No 1310-73-2).
- Ley de Agua Limpia (CWA) Contaminantes prioritarios:  
Ningún material está en la lista.
- Ley de Agua Limpia (CWA) 311: Sustancias Peligrosas  
El hidróxido de sodio (CAS No 1310-73-2).
- Ley de Aire Limpio (CAA) 111:  
El alcohol Isopropílico (CAS No 67-63-0).
- Proposición 65 de California:  
Ningún material está en la lista.

#### Información Canadiense:

- Canadá DSL y NDSL:  
Este producto está en la Lista de sustancias domésticas (DSL) bajo dietilditiocarbamato de sodio (CAS No 148-18-5).
- Sustancias canadienses Nacional de Emisiones de Contaminantes (NPRI) Inventario:  
El alcohol Isopropílico (CAS No 67-63-0).

#### WHMIS 1988:

Nombre del producto: SIPX  
SDS Preparación Fecha: 2018-07-18



Revisión: 03  
Reemplaza: 2015-12-31

Clase B4: Sólido inflamable  
D2B Clase: Material tóxico que causa otros efectos tóxicos  
Clase E: Material corrosivo

## 16. OTRA INFORMACIÓN

Otras consideraciones especiales para el trato : Proporcionar información adecuada, instrucciones y entrenamiento a operadores.

---

Preparado por: Flottec, LLC

Revisado por:

---

Razón de la revisión:

---

### RENUNCIA

La información anterior se considera que es exacta y representa la mejor información actualmente disponible para nosotros. Sin embargo, no se ofrece ninguna garantía de comercialización o cualquier otra garantía expresa o implícita, con respecto a dicha información, y no asumimos ninguna responsabilidad derivada de su uso. Los usuarios deberán realizar sus propias investigaciones para determinar la idoneidad de la información para sus usos particulares.

FIN DEL DOCUMENTO