

**AUTOR:**

**German COILLO COTRADO**

**I. TITULO**

**EVALUACION METALURGICA PARA OPTIMIZAR LA RECUPERACION DEL Sn FINO EN EL CIRCUITO FLOTACION**

**II. RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se propone mejorar la recuperación del estaño fino que se encuentra en la carga fina no clasificada que conforma el relave del método gravimétrico. En nuestro país la única empresa minera que trata minerales de estaño es MINSUR y es la tercera a nivel mundial como productora de estaño, actualmente uno de los retos de esta empresa es la recuperación de estaño a partir de los relaves generados del procesamiento y recuperación de la casiterita con 7.7 millones de toneladas para ser procesadas.

El objetivo es realizar pruebas metalúrgicas en el circuito de flotación para determinar los rangos óptimos de las variables más influyentes en el proceso de flotación de estaño.

La investigación es experimental, porque se realizarán diferentes pruebas metalúrgicas en el circuito de flotación a nivel de laboratorio con la utilización de los diferentes reactivos usados en la recuperación del estaño. Con los resultados obtenidos se mejorará la recuperación del estaño fino y el posible cambio de los reactivos usados anteriormente por nuevos reactivos. Además, permite minimizar la presencia de pasivos ambientales que puedan traer problemas más adelante debido a los impactos generados.

**III. PALABRAS CLAVES:**

Reactivos de flotación de casiterita, pruebas de flotación, pruebas metalúrgicas, mineral de estaño.

#### **IV. JUSTIFICACION**

Toda empresa minero- metalúrgicos que tratan diferentes minerales buscan aumentar su producción y mejorar la recuperación del mineral, debido a globalización de estándares, esfuerzos por mejorar costos de operación y la valoración de la identidad humana y el medio ambiente. La Empresa Minera San Rafael trata minerales de Casiterita, por medio de los procesos de concentración gravimétrica y flotación se viene recuperando estaño del mineral de casiterita con eficiencia de 94%, generándose a la vez, el relave como subproducto en la actividad metalúrgica extractiva, el cual con el transcurso de los años viene desencadenado incomodidades económicas.

Es importante considerar que para mejora y optimizar los circuitos de tratamiento de minerales se tiene que realizar diferentes evaluaciones metalúrgicas con la finalidad de determinar la viabilidad de nuevos circuitos, en la implementación de nuevos equipos de flotación, nuevos reactivos que pudieran reemplazar a los actualmente utilizados.

El presente trabajo de investigación mediante pruebas metalúrgicas tiene por objeto recuperar el Sn fino que escapa de la etapa de flotación usando equipos centrífugos, para obtener un concentrado final, y para ello se propone la realizar las evaluaciones metalúrgicas a nivel de laboratorio de la sección flotación para optimizar la recuperación del metal valioso.

#### **V. ANTECEDENTES**

La producción que realiza la empresa minera MINSUR es tratada en una compleja planta con procesos gravimétricos y flotación de la casiterita y que, con el transcurrir de los años las relaveras han acumulado grandes toneladas de relaves y en consecuencia se requiere el tratamiento y se busca el procesamiento y recuperación de la casiterita, es por ello que se han implementado la realización de pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio y de esta manera se minimizara la presencia de pasivos ambientales que

puedan traer problemas más adelante debido a los impactos generados. Para la realización de esta investigación se recurre a la revisión bibliográfica, que detallamos a continuación:

“Las pruebas metalúrgicas sirven para saber con qué clase de mineral se enfrentan los inversores y mineros, de esta manera se minimiza el riesgo técnico en un proyecto metalúrgico. Además, las pruebas metalúrgicas son indispensables durante el proceso minero industrial, así como la recuperación de los minerales, para diseñar, controlar u optimizar las operaciones de extracción o concentración, para finalmente obtener productos de mayor valor comercial. Las pruebas metalúrgicas son realizadas con la finalidad de poder conocer la respuesta metalúrgica del mineral, de tal forma que podamos evaluar la cinética de reacción, eficiencia y eficacia. Gracias a las pruebas metalúrgicas, es posible conocer información técnica que nos ayudará a diseñar, controlar y optimizar las operaciones metalúrgicas nivel industrial. Sin esta etapa de investigación, la confiabilidad de un proyecto resulta más errática, provocando en los inversores dudas en saber si un proyecto es viable o no”. ( Ing. M.Ortega Ruben,HLC).

“Caracterización y evaluación de pruebas metalúrgicas de flotación de un mineral complejo polimetálico del distrito de palca-Huancavelica” .Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalúrgico presentado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, tiene como objetivo general evaluar mediante pruebas metalúrgicas de flotación los minerales complejos polimetálicos previa caracterización, para obtener concentrados de cobre, plomo y zinc con buenas recuperaciones y calidad de acuerdo a las exigencias de las fundiciones. Las conclusiones a que llego es. la flotación es un proceso de concentración ampliamente usado para la recuperación de las especies mineralógicas valiosas a partir de minerales sulfurados complejos y de baja ley. Cuando la ley es demasiada baja, como consecuencia del agotamiento de las reservas minerales en los yacimientos, los ingenieros de procesamiento de minerales se ven enfrentados con diversos tipos de problemas técnico – económicos tales como incremento de impurezas en el proceso y disminución de leyes de sustancias valiosas, que

demanda operaciones con mayor tonelaje para que el proceso sea rentable. (J.C.Ramos&A. Orihuela).

“Estudio para mejorar la recuperación de estaño mediante flotación inversa de sulfuros en la planta piloto BOFESAL II de la Unidad San Rafael MINSUR S.A.” Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Metalurgista presentado en la Universidad Nacional “San Agustín” de Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, la presente investigación tiene por objeto: Hacer las pruebas de flotación inversa de sulfuros, para limpiar el concentrado final de estaño. Las conclusiones fueron: Se logró mejorar la calidad del concentrado final (52.34 % Sn como promedio) y se mejoró la recuperación de estaño desde los relaves aplicando flotación inversa (95.55 - 99.45%). Se logró evaluar la flotación a un pH adecuado, con mayor tendencia a neutro (6.19), y esto permitió lograr mejores en la flotación inversa de sulfuros. La granulometría cuando tiende a ser más fina ayuda en la flotación inversa de sulfuros conjuntamente con la influencia del % de sólidos (30.41%So.) .B.Salcedo, 2015.

“Implementación de celdas columna en la flotación de minerales de estaño”. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalurgista en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, el objetivo del presente trabajo es: Implementación de celdas columna en la flotación de minerales de estaño, para mejorar la recuperación de este metal de partículas finas. Las conclusiones fueron: La flotabilidad y solubilidad de la Casiterita, en presencia de diferentes impurezas presentes en la red del cristal, se puede concluir que algunas de estas que mejoran su solubilidad, como es el caso de la presencia simultánea de Ta y Fe ó W y Fe, suprimen su flotabilidad. Contrariamente, impurezas que suprimen su flotabilidad, como Nb, W, Ta, tienen un efecto favorable en su flotabilidad. En consecuencia las propiedades de flotación de la Casiterita serán determinadas por la cantidad de hierro, tantalio y wolframio presentes.

Los minerales con punto de carga cero ( $Z_{pc}$ ) más alto son favorablemente flotados con colectores aniónicos (negativamente cargados), que tienen como estructura general R-A, particularmente en condiciones ácidas (1, 2, 3 pH).

Esta mayor afinidad de los reactivos en la Casiterita o valores de pH ácido, resulta en con secuencia de una menor insolubilidad de éste, permitiendo crear del ambiente favorable para los procesos de interacción entre el colector y el mineral, los cuales forman compuestos absorbidos fuertes con átomos de la red cristalina del mineral. J.Torres; 2016,

“Evaluación de la flotación en la planta concentradora San Rafael-MINSUR” . Trabajo de investigación para optar el Título profesional de Ingeniero Metalurgista en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, el objetivo del presente trabajo es: Evaluar el proceso de flotación de mineral estaño, en la planta concentradora de san Rafael- Minsur. Las conclusiones fueron: El proceso de flotación del mineral de estaño en la planta concentradora San Rafael – MINSUR S.A., sus recuperaciones sin cambio de reactivos llegan a 49.57%, con una malla de 75% - 200, manteniendo los reactivos en su mayor dosificación de Z-11 a 39.9 g/t, AP-845 a 96 g/t y el MIBC puro a 24.2 g/t.

La flotación de estaño mejora sus recuperaciones por encima del 60%, si el cambio de reactivos se da por Silicato de Sodio y Fluorsilicato de Sodio, con una dosificación de 93 y 96 g/t respectivamente. Y el Colector AP-845 con una dosificación de 96 g/t.

La variable del colector AP-845, en ambos casos con y sin cambio de reactivos tiene una alta significancia. N. Canahuire, 2017.

“Evaluación del circuito de conminución y flotación de la planta concentradora de la Empresa Minera MINSUR S.A.” Trabajo de investigación presentado en la Escuela Profesional de Ingeniería metalúrgica de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalurgista. El objetivo del trabajo es: Evaluar los circuitos de conminución y flotación de la planta concentradora de Minsur S.A, para mejorar la eficiencia productiva del tratamiento de sus minerales. Las conclusiones que se lograron en el presente trabajo fueron: La flotabilidad y solubilidad de la Casiterita, en presencia de diferentes impurezas presentes en la red del cristal, se puede concluir que algunas de estas que mejoran su solubilidad, como es el caso de la presencia simultánea de Ta y Fe ó W y Fe, suprimen su flotabilidad.

Contrariamente, impurezas que suprimen su flotabilidad, como Nb, W, Ta, tienen un efecto favorable en su flotabilidad. En consecuencia, las propiedades de flotación de la Casiterita serán determinadas por la cantidad de hierro, tantalio y wolframio presentes.

Los minerales con punto de carga cero ( $Z_{pc}$ ) más alto son favorablemente flotados con colectores aniónicos (negativamente cargados), que tienen como estructura general R-A, particularmente en condiciones ácidas (1, 2, 3 pH). Esta mayor afinidad de los reactivos en la Casiterita o valores de pH ácido, resulta en consecuencia de una menor insolubilidad de éste, permitiendo crear del ambiente favorable para los procesos de interacción entre el colector y el mineral, los cuales forman compuestos absorbidos fuertes con átomos de la red cristalina del mineral. Y. Apaza, 2018

## **VI. HIPÓTESIS GENERAL**

La evaluación metalúrgica en el circuito de flotación determinará la viabilidad de nuevos circuitos, el uso de nuevos reactivos y con ello se optimizará la recuperación del estaño fino.

## **VII. OBJETIVO PRINCIPAL**

Evaluar mediante pruebas metalúrgicas el circuito de flotación para optimizar la recuperación del estaño fino.

## **VIII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las variables que afectan el proceso de flotación
- Determinar los rangos óptimos de las variables más influyentes en el proceso de flotación de estaño fino y el posible cambio de reactivos.

## **IX. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

La metodología aplicada en el presente trabajo de investigación es el método experimental, se realizarán diferentes pruebas metalúrgicas a nivel

laboratorio, para ello se tomarán muestras representativas en el circuito de flotación para evaluar las variables que afectan el proceso de flotación de estaño y de esta manera determinar los rangos óptimos de las variables mas influyentes en el circuito de flotación del estaño fino. Mediante ello se determinara la viabilidad de implementar nuevos equipos en el circuito de flotación y el cambio de reactivos en la recuperación de estaño fino.

## X. REFERENCIAS

Aldo Casili, Procesos de Concentración de minerales, Minera San Rafael-Minsur.

Mario Arenas Figueroa. (1980). Estudio Geológico del distrito Minero San Rafael; Puno, Perú .

Dr. Ing. Osvaldo Perez, Apuntes de concentración de minerales II. Universidad de Atacama

Ing. José Vidalón Gálvez, (1980). Metalurgia del Estaño, Trabajos Técnicos XV Convención de Ingenieros de Minas, Perú.

CIMM. Optimización de Plantas Concentradoras Mediante Técnicas de modelación Matemática.

Wills, B. (1992). Tecnología de Procesamiento de Minerales, Editorial Limusa, 1era Ed. Crozier, R, Flotation, Pergamon Press, Great Britain

Gutiérrez, L. Sepulveda, J.E. Simulación de Matemática de Circuitos de Flotación a Escala de Laboratorio. Anales del 50° Congreso del Instituto de Ingenieros de Minas sobre Minerías de Cobres de Pórfidos

Ing. M.Ortega Ruben. Pruebas metalúrgicas. HLC.

J.C.Ramos&A. Orihuela. Caracterización y evaluación de pruebas metalúrgicas de flotación de un mineral complejo polimetálico del distrito de palca-Huancavelica.

B. Salcedo. (2015). Estudio para mejorar la recuperación de estaño mediante flotación inversa de sulfuros en la planta piloto BOFESAL II de la Unidad San Rafael MINSUR S.A.

j. Torres.(2016). Implementación de celdas columna en la flotación de minerales de estaño. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica. UNSA Arequipa.

N. Canahui. (2017). Evaluación de la flotación en la planta concentradora San Rafael-MINSUR. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica. UNSA - Arequipa.

Y. Apaza. (2018). Evaluación del circuito de conminucion y flotacion de la planta concentradora de la Empresa Minera MINSUR S.A. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica. UNSA-Arequipa.

## **XI. USO DE RESULTADOS Y CONTRIBUCIONES DEL PROYECTO**

Con los resultados obtenidos se permitirá contribuir con la metalurgia peruana en la mejorar de los procesos de extracción para los diferentes minerales en nuestro caso la recuperación de estaño.

La Empresa MINSUR S.A. aplicando esta tecnología de tratamiento de minerales de estaño fino en el circuito de flotacion incrementara la producción y además minimizara la contaminación ambiental.

## **XII. IMPACTOS ESPERADOS**

Se demuestra que la aplicación de las pruebas metalúrgicas en cualquier planta concentradora y/o de beneficiamiento son realizadas con la finalidad de poder conocer la respuesta metalúrgica del mineral, de tal forma que podamos evaluar la cinética de reacción, eficiencia y eficacia. Gracias a las pruebas metalúrgicas, es posible conocer información técnica que nos ayudará a diseñar, controlar y optimizar las operaciones metalúrgicas a nivel industrial. Sin esta etapa de investigación, la confiabilidad de un proyecto resulta más errática, provocando en los inversores dudas en saber si un proyecto es viable o no.

## **XIII. RECURSOS NECESARIOS**

Para la realización del siguiente de proyecto de investigación, se requiere:

- Laboratorios metalúrgicos y químicos
- Mineral de estaño en estudio
- Equipos de muestreo





## XVI. PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO (S/.)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (S/.)
<b>RECURSOS HUMANOS</b>				
➤ Asesoría	Und	4000	1	4000
➤ Asistente	Und	2000	1	2000
<b>BIENES</b>				
➤ Computadora Personal	Und	1500	1	1500
➤ Material de escritorio	Und	100	3	300
➤ Cámara fotográfica	Und	300	1	300
<b>SERVICIOS</b>				
➤ Viáticos	Día	50	30	1500
➤ Movilidad	Día	20	30	600
➤ Digital	Millar	200	1	200
➤ Impresión	Millar	200	2	400
➤ Copia	millar	100	3	300
➤ Empastados	Und	30	6	180
➤ Internet	Hora/Día	5	360	1800
➤ Análisis de datos	Und	200	4	800
<b>OTROS GASTOS</b>	imprevistos			1388
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>15268.00</b>