

Universidad Nacional
"José Faustino Sánchez Carrión"



“Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica”

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

**“ESTIMACIÓN DE LA FLOTACIÓN DE MINERALES SULFURADOS
PARA LA CONCENTRACIÓN DE ANTIMONIO PROVENIENTE DEL
DISTRITO DE GORGOR A NIVEL LABORATORIO, 2019”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALÚRGICO**

Autor:

CHAVARRÍA ROSALES, ROBER

Asesor:

Dr. BERARDO BEDER, RUIZ SÁNCHEZ.

C.I.P. N° 26627

Huacho - Perú

2019

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por su ilimitada e inseparable apoyo para lograr mis estudios a ello repetición una de las estrías de este trabajo se las brindo.

AGRADECIMIENTO

Al Dios por darme la vida y los seres que más amo, mis queridos padres, quienes con su apoyo y esfuerzo han hecho posible el logro de mi vocación profesional.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la U.N.J.F.S.C. por sus orientaciones y consejos.

PENSAMIENTO

“No es lo que te pasa lo que determina lo lejos
que llegarás en la vida; es la forma de manejar
lo que te pasa”

(Zig Ziglar)

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE	v
ÍNDICE DE TABLA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURA	ix
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.	1
1.2 Formulación del problema.....	1
1.2.1 Problema general	1
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la Investigación.	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivo específico.	2
1.4 Justificación de la investigación	2
1.5 Delimitación del estudio	3
1.5.1 Delimitación Territorial.	3

1.5.2	Coordenadas.....	3
1.5.3	Delimitación Tiempo y Espacio.....	3
1.5.4	Delimitación de Recursos.....	4
1.6	Viabilidad del estudio.....	4
CAPITULO II.....		5
MARCO TEORICO		5
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3.	Atrás investigaciones.....	14
2.2.	Bases Teóricas	17
2.2.1.	Mineralogía del antimonio.....	17
2.2.2.	Molienda de minerales.....	17
2.2.3.	Flotación de minerales.....	19
2.2.1.	Flotación de minerales de antimonio.....	29
2.3.	Definiciones conceptuales.....	30
2.4.	Formulación de la Hipótesis.....	32
2.4.1.	Hipótesis General	32
2.4.2.	Hipótesis Específicos	32
CAPITULO III.....		33
METODOLOGIA		33
3.1.	Diseño Metodológico	33

3.2. Población y Muestra	34
3.3. Operacionalización de Variables e indicadores	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.5. Técnicas para el procesamiento de la información.....	36
CAPITULO IV	37
RESULTADOS.....	37
4.1. Análisis químico del mineral.....	37
4.2. Molienda.....	37
4.3. Flotación.....	37
4.4. Resultados.....	38
4.4.1. Molienda del mineral.....	38
4.4.2. Flotación de antimonio nivel experimental.....	39
4.4.3. Flotación de antimonio simulado.....	43
CAPITULO V.....	45
DISCUSIÓN CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....	45
5.1. Discusión.....	45
5.2. Conclusiones.....	46
5.3. Recomendaciones.....	47
CAPÍTULO V.....	48
FUENTES DE INFORMACION	48
5.1. Fuentes Bibliográficas	48

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Operaciones de las variables de estudio.....	34
Tabla 2 Moliendabilidad del mineral	38
Tabla 3 Balance metalúrgico de antimonio sin depresor bach.....	39
Tabla 4 Balance metalúrgico de antimonio sin depresor continuo	40
Tabla 5 Balance metalúrgico de antimonio con depresor bach.....	41
Tabla 6 Balance metalúrgico de antimonio con depresor continuo	41
Tabla 7 Balance metalúrgico de antimonio sin depresor simulado.....	43
Tabla 8 Balance metalúrgico de antimonio con depresor simulado.....	44
Tabla 9 Resumen de la recuperación del antimonio	45

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Clasificación de los reactivos de flotación	22
Figura 2 Flotación de minerales de cobre según el tamaño de grano.	29
Figura 3 Curva de molidabilidad del mineral.....	38
Figura 4 Circuito de prueba bach de la flotación de Sb sin depresor.....	40
Figura 5 Circuito de prueba bach de la flotación de Sb con depresor.....	42
Figura 6 Circuito de simulado de la flotación de Sb sin depresor.....	43
Figura 7 Circuito de simulado de la flotación de Sb con depresor	44

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

#200	:	Malla 200
%	:	Porcentaje
&	:	i
“	:	Pulgadas
µm	:	Micras
-200m	:	Pasante malla 200
g/t	:	Gramos por toneladas métrica
h	:	hora
kg/t	:	Kilogramos por toneladas métricas
oz/t	:	Onzas por toneladas métricas
p	:	Página
pH	:	Potencial de hidrogeno
s/f	:	Sin fecha
USGS	:	Servicios geológicos de los estados unidos

RESUMEN

Respecto a la “Estimación de la flotación de minerales sulfurados para la concentración de antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019”, el objetivo es estimar la flotación y su grado y calidad de la concentración del antimonio. La tesis es una investigación práctica, de carácter experimental, de tipo cuantitativo para obtener resultados. Fue realizada en los ambientes del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales de la facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la UNJFSC, en el lapso del año 2019. El presente trabajo tiene los siguientes pasos, primero la preparación del mineral, moliendabilidad y flotación. Como resultado se obtuvo que la flotación sin depresor tiene mejor calidad y recuperación que con depresor de bisulfito de sodio en la parte experimental. Del igual modo, pruebas realizadas con una simulación con el Split factor se tiene mejor calidad usando el depresor, mientras que la recuperación es inversa a la que no tiene depresor y existe una recuperación más adecuada frente al que tiene el depresor.

Palabra clave: Flotación de estibina, concentración por flotación de antimonio.

ABSTRACT

Regarding the “Estimation of the flotation of sulphide minerals for the concentration of antimony from the Gorgor district at the laboratory level - 2019”, the objective is to estimate the flotation and its degree and quality of the concentration of the antimony. The thesis is a practical, experimental, quantitative research to obtain results. It was carried out in the environments of the Center for Research and Technological Development of Materials of the Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering of the UNJFSC, in the span of the year 2019. This work has the following, first the preparation of the mineral, grinding, flotation. As a result, it was obtained that flotation without depressant has better quality and recovery against sodium bisulfite depressant in the experimental part. From the same tests performed with a simulation with the Split factor, better quality is used using the depressant, while the recovery is inverse, the one that does not have a depressant, there is a more adequate recovery compared to the one with the depressor.

Key Word: Stibin flotation, Antimony flotation concentration.

INTRODUCCIÓN

Se realizó una estimación de la flotación de un mineral sulfurado para la concentración de antimonio, provenientes del distrito de Gorgor a nivel laboratorio en el año 2019. Nuestro objetivo en el estudio es la estimación de la flotación y su grado y calidad de la concentración del antimonio, por lo que se debe tener en consideración, en que medida tiene una flotabilidad sin el depresor y con depresor de la pirita.

Existe una demanda por el antimonio en el mercado internacional y existen pocas minas que se dedican a la extracción de este metal, la mayor recuperación se realiza como subproductos de otros metales como el plomo, zinc y que se pueden encontrar en ellos. Respecto a la concentración de este mineral se realiza en Bolivia y en el Perú y solo se ve en los concentrados polimetálicos como mineral castigable en la comercialización.

En esta investigación trataremos de ver desde otro ángulo que los minerales de antimonio también son comercializables y por ello es necesario su extracción como producto principal y no dejarlo como desechos en las relaveras como se hace hasta el momento, es necesario realizar una investigación por flotación los minerales que existe en esta zona especialmente la estibina como mena principal del antimonio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En la provincia de Cajatambo y en el distrito de Gorgor se realizaba la explotación de minerales y su posterior concentración; principalmente de los minerales de plomo y cobre, etc., por la empresa **AMADOR ALVA S.A.C.** Luego se dio su posterior cierre de las operaciones por el motivo del agotamiento de las reservas de minerales de plomo, zinc y cobre. Pero en la actualidad existe minerales que tiene un potencial que está constituido por minerales de antimonio, por lo que es necesario realizar un estudio para su aprovechamiento.

Estos minerales tienen precio comercial y para su tratamiento es necesario establecer los parámetros de operación y su caracterización, por ello hemos visto por conveniente realizar un estudio para la recuperación de menas de antimonio, planteándose el problema con la finalidad de realizar un objetivo y su contrastación de hipótesis, con la finalidad de realizar una recuperación de las menas en estudio.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo se podría estimar la flotación de minerales sulfurados, para la concentración de mineral que contiene antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo el tratamiento en el circuito de flotación de minerales sulfurados sin la influencia de los depresores, nos permitirá obtener un concentrado de una óptima calidad para recuperar antimonio?

¿En qué medida el uso del bisulfito de sodio como depresor de minerales que contienen hierro en el proceso de flotación de menas sulfuradas, nos permitirá conseguir un concentrado de excelente calidad para la recuperación de antimonio?

1.3 Objetivos de la Investigación.

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar la estimación de la flotación de minerales sulfurados, para concentrar un mineral de antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019.

1.3.2 Objetivo específico.

Evaluar el tratamiento en el circuito de flotación de minerales sulfurados sin la influencia de los depresores, para conseguir una óptima calidad en el concentrado para la recuperación de antimonio.

Evaluar el uso del bisulfito de sodio como agente depresor en minerales de hierro en el circuito de flotación de menas sulfuradas, para conseguir una óptima calidad en la recuperación del concentrado de antimonio.

1.4 Justificación de la investigación

En la presente investigación se realizó una estimación de la flotación de minerales sulfurados para la concentración de antimonio provenientes del distrito de gorgor a nivel

laboratorio - 2019, se podrá encontrar los parámetros sobre la flotación y su recuperación de minerales de antimonio ya sea con depresores de sulfuros y sin depresor en la presente investigación, con ello llevar a nivel industrial.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Delimitación Territorial.

Departamento	: Lima
Provincia	: Huaura
Distrito	: Huacho
Lugar	: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales

1.5.2 Coordenadas.

Coordenada Este	: 11.126066
Coordenada Norte	: 77.609325
Cota (msnm)	: 38
Sistema de coordenadas	WGS 1984 UTM Zona 18S
Proyección	: Transverse Mercator
Datum	: WGS 84

1.5.3 Delimitación Tiempo y Espacio.

Respecto al espacio y tiempo, la investigación se realizó en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, durante el periodo del 2019.

1.5.4 Delimitación de Recursos.

La principal limitante fue de carácter financiero, lo que redujo la posibilidad de realizar análisis químicos adicionales, ya que no se cuenta con los reactivos necesarios para realizar los análisis, mucho menos con equipos con tecnología para las cuantificaciones de los elementos presentes, por lo que se realizarán en laboratorios de terceros y asumidos por auspiciadores externos.

1.6 Viabilidad del estudio

La investigación es viable por las siguientes motivos: para la obtención de conocimientos teóricos, técnicas, métodos y los recursos económicos necesarios. Por otra parte, se cuenta con la disponibilidad a la bibliografía especializada; y la autorización correspondiente del jefe del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales, para poder realizar el presente trabajo de investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

En la investigación, “*Flotación selectiva de enargita desde un concentrado final de sulfuros de cobre de Collahuasi*”, Mendez (2009) concluye que,

Como respuesta al objetivo de este trabajo se puede concluir que es posible generar un procedimiento que permite limpiar de As un concentrado de Cu, entregando un concentrado de Cu de bajo contenido de As vendible y un concentrado con alto Cu y As. Este último concentrado podría ser tratado por otros métodos, posiblemente hidrometalúrgicos, tema que está fuera del alcance de este estudio.

La mayor eficiencia relativa de separación (definida en la Ecuación 19 del Capítulo 5, considerando lo posible de separar) obtenida es de 99%, en la prueba A30, en la cual se modifica el tipo de reactivo de flotación. La recuperación de As es igual a 71,8 %, la recuperación de Cu es 26,3 % y la recuperación en peso es 21,3 %. Esta prueba se realiza a una velocidad superficial de gas (Jg) igual a 0,45 cm/s, la velocidad de agitación (Ns) es de 3,0 m/s, el porcentaje de sólidos en peso (Cp) es de 17,4% y el pH es 8. Se utilizan 15 g/t del colector AP 3418, 7,5 g/t del colector MX 7016 y 15 g/t del espumante F 501. De las mediciones realizadas, el d₃₂ que se alcanza en las mismas condiciones de flujo de aire y velocidad de agitación que las utilizadas en la prueba A30 es igual a 0,76 mm. El potencial de la pulpa en estas condiciones está en torno a 400 mV vs SHE.

Al analizar los resultados metalúrgicos de la Etapa II, en la cual se revisaron alternativas para separar la enargita del resto de los sulfuros de Cu presentes en

la muestra, se obtiene que los niveles de recuperación de As no sufren mejoras con respecto a los resultados obtenidos en la Campaña Exploratoria. Al utilizar depresantes de sulfuros de cobre, si bien las recuperaciones disminuyen, no se observa que exista una depresión selectiva de las especies portadoras de As o Cu, ya que las recuperaciones alcanzadas por ambos elementos siguen la misma tendencia. Cuando se analiza la influencia de la variación del potencial, se observa que el punto máximo de recuperación, independiente del pH de la pulpa, se alcanza cuando no se modifica el Eh de la pulpa. Tal como se presenta en la Figura 50, el Eh natural de la pulpa disminuye al crecer el pH: a pH 5, el Eh está en torno a 500 mV vs SHE; para pH 8, alrededor de 400 mV vs SHE y a pH 5 cercano a 300 mV vs SHE. Ya sea trabajando en un rango de Eh reductor u oxidante, las recuperaciones de Cu y As disminuyen. Esto se debe a que la condición base definida para la Etapa II es la que maximiza la recuperación de As. Si el potencial aumenta, la exposición a un exceso de oxígeno causaría que el dixantógeno se oxide, disminuyendo por tanto las recuperaciones. En tanto, al disminuir el potencial, se inhibe la adsorción de los reactivos de flotación, disminuyendo la recuperación.

Se analizan circuitos de flotación a través de una primera aproximación. Modificando los tiempos de flotación, a partir de los parámetros cinéticos obtenidos para cada etapa, y la combinación de las etapas de flotación, permiten obtener el posible escenario en caso de que la ley de As en la alimentación aumentara. Como primera aproximación, se obtiene que al utilizar la condición N° 2 y el circuito N° 2 se alcanza la mayor eficiencia de separación. La condición N° 2 corresponde a la definida por la prueba A25 (ver Tabla 55). En estas condiciones se obtiene la mayor recuperación de As. En el circuito N°2, el

concentrado rougher a limenta a la etapa cleaner. El relave de la etapa cleaner retorna, alimentando a la etapa rougher. El concentrado de Cu rico en As es el concentrado de la etapa de limpieza, y el concentrado de Cu bajo en As es el relave rougher. (pp. 179-180)

En “*La flotación selectiva de sulfuros complejos usando reactivos de baja toxicidad*” Edgardo (2012) concluye que,

Los extractos del árbol conocido como quebracho se usan como depresores de los minerales de pirita. La eficiencia como depresores depende de la cantidad consumida y con el pH. Es así que a pH alcalino (pH 9), el agente depresor acentúa la concentración de los iones oxhidrilo e intensifica la acción del óxido de calcio, disminuyendo la eficiencia de la flotación de la pirita en un 60%. Con un pH ácido igualmente se incrementa la depresión del mineral de pirita al tratarse con el extracto del árbol de quebracho.

Por esta razón, la depresión de la pirita por efecto de los taninos, se puede relacionar al estado de oxidación en la superficie del sulfuro. Se sabe que la reacción se produce con los cationes superficiales que forman hidróxidos; sobre todo los que contiene el propio mineral. Además, es posible sugerir una interacción entre el punto isoeléctrico a la que el pH de la pirita tiene una carga neta cero y su interacción con los polisacáridos. Al mínimo rango de carga superficial, se da la mayor adsorción.

Así mismo, el extracto de quebracho también tiene un efecto depresor sobre la calcopirita, aunque menor en comparación que con la pirita. Lo cual se traduce en pérdidas del 1 al 2 % en la flotabilidad.

Los extractos del árbol de quebracho actúan también selectivamente sobre sobre la pirita en el tipo de minerales de Cu y Mo. Se debe tener en cuenta además que

la actividad selectiva sobre los sulfuros aumenta a pH básico. A un pH mayor que 9,5, los concentrados, debido a la ausencia de pirita, presentan incremento en la cantidad de Cu presente en el producto.

Al tratar minerales con contenido de cobre a pH ácido y neutro, se nota una pequeña variación en la acción depresora que actúa en los sulfuros de cobre. Lo que se observa con una reducción en el porcentaje de recuperación que va desde el 1 al 5%; acción que propende a disminuir conforme el pH aumenta hasta hacerse alcalino.

El fenómeno de la adsorción de los minerales de Cu por los extractos de quebracho, además de las probables pérdidas en la recuperación de este metal, se puede considerar relacionados con la composición del mineral. Además, en el caso del mineral de calcopirita no se observa ningún efecto en su superficie, por lo que no se observa ninguna acción depresora por efecto del extracto de quebracho. Esta circunstancia cambia ligeramente cuando se presenta alguna alteración superficial en las partículas de los sulfuros de Cu. La disminución en la recuperación para esta situación, varían de 1 a un 5%, principalmente a pH ácido o neutro.

Diferentes investigaciones en este campo en pruebas con de minerales de cobre en yacimientos en los países de Argentina, Chile y Perú, tienen como resultado una acción depresora en cuanto a la selectividad de los extractos de quebracho en los minerales de pirita, específicamente con los sulfuros de Cu, que se traduce en un incremento en la selectividad entre la relación entre el cobre y el hierro. Esta relación puede mejorar de un 8 a 40 % dependiendo de las condiciones de operación y de los tipos de mineral.

En situaciones en donde se utilicen consumos bajos del extracto de quebracho, que por lo general están por debajo de 100g/t, se observa un incremento en la recuperación de un concentrado de Cu y Au. Lo cual se da a un pH básico y está relacionado con el fenómeno de difusión del reactivo, que genera mejores condiciones en la selectividad del proceso de flotación.

La calidad del agua utilizada afecta la eficiencia del proceso, ya que la existencia de iones de Cu liberados de los otros minerales presentes de Cu y Fe en el proceso de molienda, reducen la acción depresora en la pirita. Esto es resultado de los compuestos formados entre los cationes y el extracto.

Los depresores obtenidos de los extractos del árbol de quebracho son actúan sobre la molibdenita. El consumo de reactivo que se puede utilizar para una efectividad en la reducción oscila alrededor de los 300g/t.

La acción depresora del quebracho que actúa sobre la molibdenita esta directamente relacionada con el pH.

La cinética de la flotación de los sulfuros de Cu es elevada, en el primer minuto flota alrededor del 80 %. Después, esta velocidad disminuye gradualmente. Mientras que la molibdenita tiene una cinética de transferencia mucho menor y esta permanece inalterable durante los iniciales 8 minutos de espumación en presencia de extracto de quebracho.

Un tratamiento de un mineral de cobre- molibdeno con una cantidad de extracto de quebracho de entre 300 a 400g/t, lo cual se dio por un tiempo de 15 minutos a un pH de 4,5, para después incorporar colectores específicos para sulfuros de Cu, es posible hacer una separación selectiva de los sulfuros. Encontrándose de 92 a 98% del Cu en la espuma de la flotación, y en las colas de flotación se tiene

del 80 al 89% del Mo. Se aumentaría la eficiencia del proceso si el extracto de quebracho se realiza en dos etapas.

Los parámetros del proceso de separación de los sulfuros de Cu y Mo se incrementan cuando la calcopirita es el mineral de cobre predominante y cuando el nivel de oxidación superficial de las partículas se reduce. Por el contrario, en minerales parcialmente modificados y en presencia de sulfuros secundarios, las recuperaciones de estos metales en este tipo de flotación disminuyen entre un 5 y 10%.

La eficiencia de la flotación diferencial de los sulfuros de Cu aumenta cuando se usan colectores más selectivos de tipo ditiofosfatos. La fracción que no ha sido flotada en la separación diferencial representa de 5 a un 15% en masa. El producto debe ser tratado con depresores específicos para cobre para aumentar el contenido de Mo a aproximadamente el 50% y reducir la presencia de cobre a menos del 2%.

Para obtener el molibdeno a partir de su concentrado, se debe retirar la capa del extracto que actúa como recubrimiento y activar nuevamente el sulfuro. Para mejorar la efectividad del procedimiento, se debe lavar con agua la separación entre el sólido y el líquido por filtración; y para reactivar a la molibdenita es necesario realizar acondicionarla con 100g/t de fuel oil.

Después de ser reactivado, es necesario depurar el concentrado de Mo y llegar a las mediante dos flotaciones comerciales a las especificaciones de nivel comercial. Para lograr estas operaciones se aplica un bajo consumo de sulfuro ácido de sodio como agente depresor de los sulfuros de cobre. Y para que permanezca la presencia del ion SH^- en el medio, las flotaciones de limpieza se debe mantener el potencial de óxido- reducción en - 500mV; lo cual se puede

controlar adicionando NaSH. Y además, para lograr condiciones de estabilidad en este proceso, se debe agregar nitrógeno como espumante.

Según esta metodología, se puede tratar un concentrado de Mo con un 45 a 50% de Mo y por debajo del 2% de Cu. El Mo recuperado al final va desde un 72 a un 76% para este tipo de mineral en estudio. (pp. 182-184).

2.1.2. Antecedentes nacionales.

En la “*Evaluación del proceso de flotación en la planta concentradora de Tamboraque*”. Mendoza (2017), concluye que,

La evaluación del proceso de flotación en la Planta Concentradora Tamboraque, se realizó sobre los relaves del concentrado bulk, donde se demuestra que el cambio de Bisulfito de sodio (NaHSO_3) por el bicromato en la mezcla de CMC y fosfato mono sódico es factible, ya que se observa una mejor flotación de cobre.

En la prueba con remolienda del relave rougher se extrae mayor cantidad de Pb y Cu en la etapa de flotación de obteniéndose un bulk más limpio con menos contenido de fierro. Las recuperaciones Pb es de 70.17%, Cu de 66.97% y Ag de 62.41% mejor que las recuperaciones de Pb, Cu y Ag sin remolienda.

La recuperación de Zinc en la remolienda es 18.90% y el valor de plomo bajo su grado a 0.06, esto nos indica que el proceso mejoraría de calidad de concentrado que se pueda enviar a Biox.

El Plomo que se desplace a Biox es perjudicial para las bacterias generando baja actividad de las bacterias en este proceso llegando a que las bacterias se pasiven.

La recuperación de oro con remolienda se incrementaría de 8.56 a 12.52% en las pruebas con el relave rougher. (p. 64)

En la tesis “*Caracterización y evaluación de pruebas metalúrgicas de flotación de un mineral complejo polimetálico del distrito de Palca – Huancavelica*”. Ramos & Orihuela (2017) concluyen que,

El análisis químico de la muestra del mineral arrojó un 0,95 % de Pb, 0,27 % de Cu, 3,13 % de Zn y 72,8 g/t de Ag, cuya composición corresponde a los minerales de galena y geocronita para el caso del Pb; mineral de calcopirita y cobre gris para el caso del Cu; esfalerita para el caso de Zn y con la presencia de asociaciones con los minerales de Cu y Pb para el caso de la Ag.

La flotación por celdas Rougher en el circuito bulk Cu-Pb se logra a un P80 de 100 μ m; con una dosis de NaCN de 100g/t de y para el ZnSO₄ de 400g/t de en la etapa que corresponde a la molienda, 12g/t de Z-11 y 20 g/t de MIBC, a un pH de 8,5 durante 6 minutos.

La limpieza del concentrado de bulk Cu-Pb se hizo en una etapa de remolienda a un P80 de 35 μ m y con una dosificación de 200g/t de ZnSO₄ y 20g/t de NaCN en 3 fases de limpieza llevadas a cabo a un pH de 9.

La mejor eficiencia en la flotación mediante celdas Rougher para el Zn, corresponde a una dosificación de 110g/t para el CuSO₄, 7g/t de Z-11 llevados a cabo a pH 11 durante 8 minutos.

En la limpieza del concentrado de Zn en las celdas de Rougher, se hizo una etapa de remolienda a P80 de 45 μ m a un pH de 11,5.

De acuerdo a la evaluación de los resultados finales en las pruebas de ciclo cerrado se encontró una recuperación final de Pb, Cu y Ag de 86 %, 66 % y 73 % respectivamente, dentro del concentrado bulk de Cu-Pb, con leyes de 37,73 % en Pb, 7,65% en Cu y 2495 g/t en Ag.

El As presente en el concentrado bulk de Cu-Pb es alto con un 2,43 %, el cual se incrementó a 8,44 % de As y un 5,99 % de Sb en el concentrado final de Cu luego de la separación Cu-Pb debido a la alta cantidad de mineral de cobre gris que está presente en la muestra.

La recuperación final de Zn a partir del concentrado alcanzó el 87,78 % con una ley de 56 % de Zn y una ley de plata de 203 g/t, además de poca presencia de contaminantes como Fe y As.

La mejor separación del Cu-Pb a partir del concentrado bulk Cu-Pb se dio con una dosificación de 233,33 g/t de carbón activado, 60 g/t de la mezcla BCS, 10 g/t de colector AP 5100 a un pH natural en un tiempo aproximado de 7 minutos. La separación de Cu-Pb obtenidas en óptimas condiciones a partir de un concentrado de Cu de 25,55 % y una calidad de concentrado de Pb de 54,27 %.

(pp. 121-122)

En la tesis “*Evaluación metalúrgica del proceso de flotación en la compañía minera Sonaje S.A.C.*” Holguin (2016) concluye que,

Las pruebas metalúrgicas llevadas a cabo en el laboratorio metalúrgico de la UNSA fue un éxito, donde se empleó equipos de trituración primaria, trituración secundaria, molienda en seco, hasta 80% -200 mallas con un tiempo de 15 min, en base a estos resultados en la planta piloto se tratará de mantener las variables recomendadas.

Las recuperaciones logradas en las diferentes pruebas ha sido en forma ascendente que inicialmente fue de 76,78 % y se logró obtener hasta 86,61 %. Y la recuperación total de las pruebas se notó una variación ascendente desde

96,52 % hasta 98,08 % que es bastante notorio, esto implica que en la planta piloto se puede lograr fácilmente recuperaciones por encima de 95%.

La selección de los reactivos de flotación empleados para las diferentes pruebas fue en base a la experiencia en flotación de minerales de Cu y algunas propiedades innatas de los colectores de Cu como es el Aero 208 y combinación de los Xantatos Z-6 y Z-11 para optimizar el consumo de reactivos de flotación. Se empleó agua cruda teniendo en cuenta las variables fundamentales del proceso tales como: densidad de pulpa de 1400, 80% de sólidos, pH de 11, tiempo de flotación de 15 minutos, y dosificación de reactivos al 5% para lograr una mejor recuperación de cobre.

Este trabajo de investigación metalúrgica por ser exclusivo para un mineral de origen tipo SKARN con alta presencia de metales nobles como oro, plata, níquel y cobalto amerita ser patentado una vez comprobado en la planta piloto cuyo diseño y construcción de los equipos ha sido dirigido por el suscrito. (p. 74)

2.1.3. Atrás investigaciones.

Sobre la “*Concentración de un mineral de antimonio por flotación*” Girardi, Vallebuona, & Casal (1999), llegaron a la siguiente conclusión que,

El mineral en estudio corresponde a un sulfuro de antimonio (estibina, acompañado de ganga silíceo, con una ley de antimonio de entre 5,9 y 6,5%. La estibina se encuentra liberada en cerca de un 847 μ , con el resto asociado o incluido en los silicatos. El mineral es de fácil moliendabilidad, lo que refleja en un índice de Trabajo (W_i de 12,6 [kWh/Tc]). Las pruebas de flotación indican que el mineral es de fácil flotabilidad, siendo afectada su recuperación principalmente por la dosificación de activador (Nitrato de Plomo) y por la granulometría de alimentación a flotación.

Las pruebas rougher, permiten establecer que es posible obtener un concentrado con recuperaciones entre un 85% y un 90%, dependiendo fundamentalmente de la dosis del activador usado. Las leyes que alcanzan estos concentrados varían entre un 30% y un 45% de Sb. Se concluye que con 300 g/t de activador se alcanza una recuperación máxima de antimonio del 88.9%, con una ley de 30.5% de Sb.

Las pruebas de flotación de limpieza indican que es posible obtener un concentrado de antimonio, con recuperaciones del orden del 80%, con una ley del 60% de antimonio.

Del estudio de las cinéticas de flotación, tanto rougher como de limpieza, se determina los parámetros cinéticos de flotación respectivos, estableciéndose un K de 1,45 min⁻¹ y un RI de 89% para la flotación rougher; y un K de 2,0 min⁻¹ y un RI de 84% para la flotación de limpieza.

Los resultados de las pruebas destinadas a evaluar la eventual utilización de una pre concentración gravitacional, empleando ya sea una mesa de concentración y/o un jig, indican que esta posibilidad no es demasiado atractiva debido a las bajas recuperaciones obtenidas.

Finalmente, es posible concluir que el mineral en estudio puede ser concentrado por flotación a un producto con calidad de mercado, determinándose esta tanto por la ley del concentrado final obtenido (más de un 60% de Sb), como por las impurezas presentes, que son principalmente plomo y arsénico. Estos elementos se encuentran, en el concentrado de limpieza, en concentraciones bajas. (pp. 202-203)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Mineralogía del antimonio.

El mineral de antimonio se encuentra en la corteza terrestre en forma de sulfuros y asociados a minerales de plomo, plata, cobre.

Blackburn (1988) y Berger (1993) citado en Bhatti, y otros (2014), El antimonio (Sb) es un metal gris plateado. La concentración en la corteza terrestre es de aproximadamente 0.3 ppm. Raramente ocurre en la naturaleza en estado metálico libre y se combina con otros elementos para formar diferentes tipos de minerales. Su mineral más importante se conoce como estibina (Sb_2S_3), que es la principal fuente de antimonio metálico y sus compuestos. El antimonio también se presenta como sulfuros complejos en asociación con plata, cobre y minerales de plomo. Se obtiene económicamente como subproducto durante la fundición de estos minerales. (p,95).

2.2.2. Molienda de minerales.

Es la liberación de los minerales sulfurados que nos permiten la reducción del tamaño de rocas o minerales por impacto, abrasión, Quiroz (1986) “resultado del proceso se obtienen minerales con una granulometría deseada de acuerdo al proceso, para la flotación en un molino de bola se puede obtener granulometría tan gruesa malla 35 o tan fina 100% pasante a malla 325 con un radio de reducción de 30 o mayores”. (pp. 161-164)

Después de la liberación se realiza la concentración de menas en sus diferentes composiciones y se hace una descripción. Porras (1998).

Al rededor del mundo se procesan alrededor de 2,000 millones de toneladas de minerales por año.

El proceso de concentración es dependiendo de la liberación del mineral y la liberación como se encuentran los minerales de interés, por lo que el tamaño

máximo de partícula es determinado por liberación o accesibilidad, mientras que el tamaño mínimo tratable es determinado por el proceso o método de separación adecuado para cada caso.

Evitar la producción de finos es probablemente objetivo común porque en mayor o menor grado, los procesos reportan limitaciones para el tratamiento de fracciones muy finas, por lo tanto, moliendas muy finas deben ser evitadas en lo posible. (pp. 49-52)

2.2.1.1 Elementos Importantes en la Molienda.

En el proceso de molienda se podría mencionar que existe un encadenamiento de elementos significativas que intervienen en la molienda de los materiales a procesar los que se pueden citar entre los que describen en los libros escritos por Porras (1998) y Quiroz (1986) cómo se describen a continuación:

- Velocidad Crítica
- Relaciones entre los elementos variables de los molinos
- Tamaño máximo de los elementos moledores
- Volumen de carga
- Potencia
- Tipos de Molienda: húmeda y seca.

Las variables que se citan se sitan en las (pp. 53-56) y (pp. 166-182)

2.2.1.2 Factores que Influyen en la Molienda.

Las variables influyentes en la molienda de acuerdo a Quiroz (1986) en el ahorro de energía de un molino de bolas son:

- **La carga de bolas:** Varía entre un 40% a 50% del volumen interno del molino, alcanzando un máximo en 50%, en una zona en que la eficiencia no varíe mucho con la carga.
- **Velocidad de rotación:** Se opera de modo de obtener un movimiento de catarata y así aumentar la molienda, por impacto 80%, astillamiento 10% y abrasión 10%. Se trabaja normalmente en un 77% de la velocidad crítica.
- **Porcentaje de sólido:** Se recomienda trabajar con densidad de pulpa tan alta como sea posible, pero obteniendo una viscosidad adecuada; si es muy alta puede actuar como amortiguador de los impactos. Si es muy baja, disminuye la probabilidad de contacto del mineral con las bolas y así hay mayor consumo de metal, se opera normalmente entre 70 - 75 % de sólidos, lo que da un mejor aprovechamiento de la energía. (pp. 116-177)

2.2.3. Flotación de minerales.

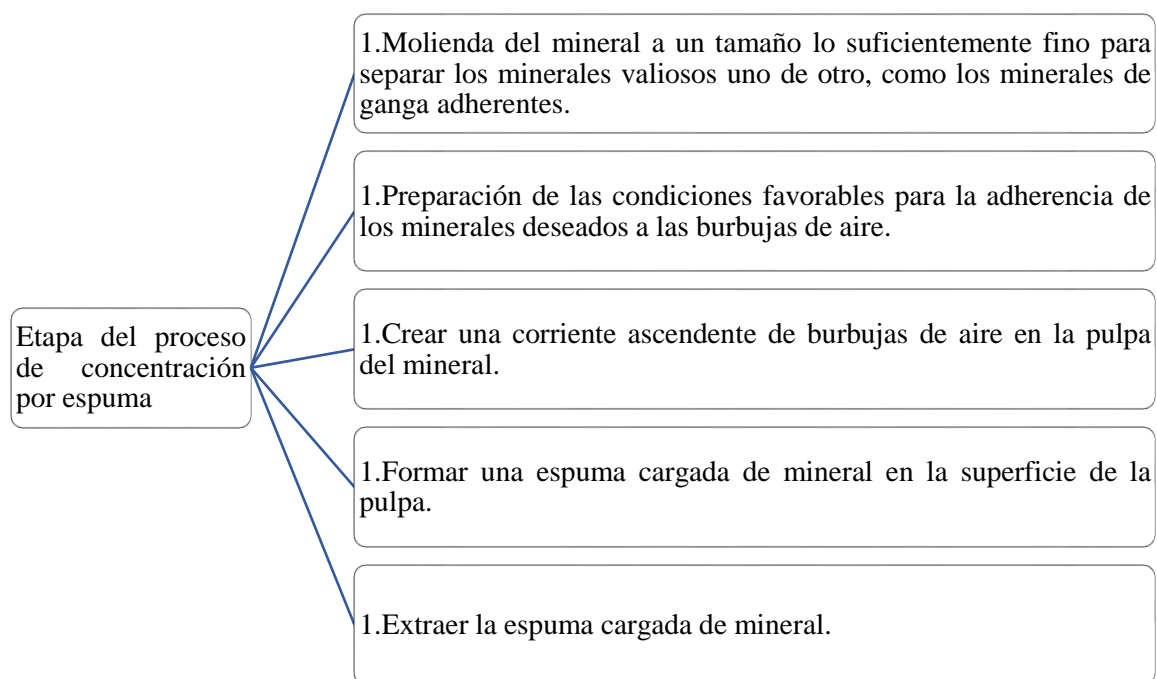
En el proceso de flotación existen diferentes métodos y la más aplicada industrialmente es la flotación en espuma, definido como el “método físico-químico de concentración de minerales finalmente molidos, que aprovecha la diferencia entre las propiedades superficiales o interfaciales del mineral útil y la ganga”. Chia (1984) .

Para Drzymala (2007). La flotación se utiliza para la separación de partículas que tienen diferentes hidrofobicidades. Hidrofobia es una característica del material que caracteriza su capacidad de humectarse con un líquido en la presencia de una fase gaseosa. En el procesamiento de minerales, sólidos que se pueden humedecer fácilmente con agua se denominan hidrófilos, mientras que

los sólidos con afinidad limitada por la humectación son llamado hidrofóbico. Como resultado de la hidrofobicidad, las partículas se adhieren a una burbuja de gas. formando un agregado de partículas de aire que es más liviano que el agua y viaja hacia arriba superficie del agua. Las partículas hidrofílicas no se adhieren a las burbujas y caen hasta el fondo de un tanque de flotación. (p. 270).

2.2.3.1. Etapas en el proceso de la flotación.

En el procesamiento de flotación de las menas se tiene una secuencia desde el ingreso del mineral, la preparación del mineral, molienda, separación, acondicionamiento de la pulpa y flotación se tiene los siguientes pasos: Azuñero (2015).



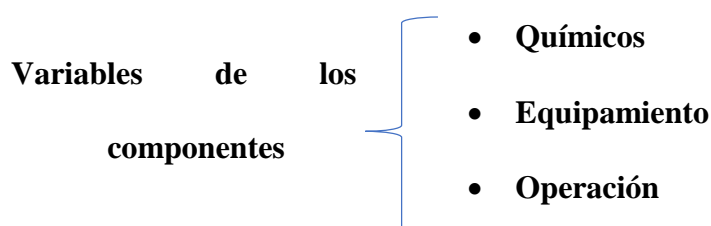
Nota: Fuente Azuñero (2015, pp.109-122).

En el proceso de flotación también se debe de tener en cuenta la liberación para Brañes (2005) citado en Castillo & Chavez (2012) “para lograr resultados óptimos en la flotación, en la etapa de molienda los minerales valiosos deben ser liberados completamente de la mineral desechable y ser separados unos de otros” (p. 14).

Referente al comportamiento del aire para Brañes (2005) citada en Edwin (2015), En el proceso de “la generación de una corriente ascendente de burbujas de aire se logra en la celda de flotación, que produce burbujas mediante la agitación mecánica de la pulpa o la introducción directa de aire bajo presión”. (p. 31).

2.2.3.2. Variables de Flotación.

En el tiempo de acuerdo las diferencias y dificultades nos han permitido establecer y relacionar las variables que intervienen en la concentración por flotación, mencionando superior a 32 variantes. Para Southerland y Wark citado por Horna (2006) “se tienen una clasificada en tres conjuntos importantes de variables”. (p. 22):



Se podrá definir con más detalle a la variable del componente químico por tener influencia directo en el estudio los reactivos.

2.2.3.3. Variables relacionadas a los componentes químicos.

En el acondicionamiento y su etapa de generación de la espuma y darle condiciones de favorables para la flotación de las especies de valor de interés se pueden dividir las variables. En la publicación hecho por Sutulov (1963) se divide en “colectores, espumantes y modificadores” (p. 68):

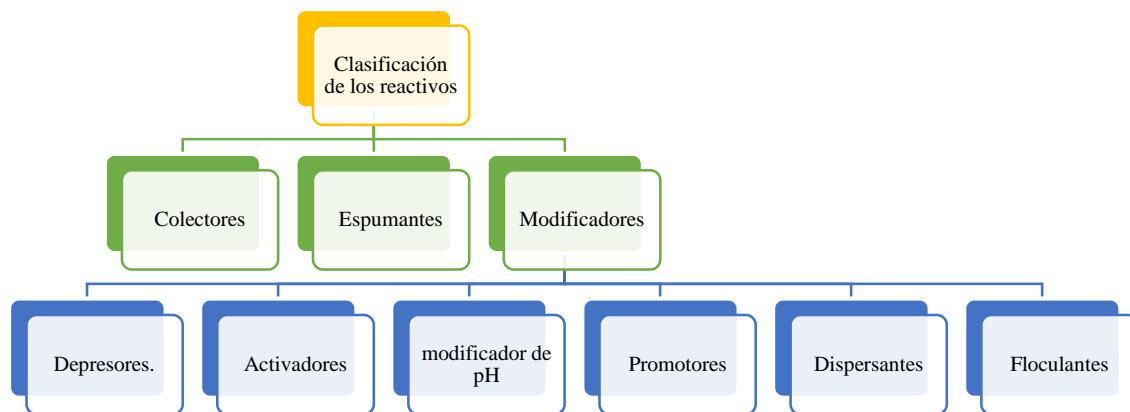


Figura 1: Clasificación de los reactivos empleados en la flotación

Nota: Elaborado en función a la información. Drzymala (2007) y Bulatovic (2007).

Las funciones específicas de los reactivos químicos en el proceso de flotación son darle ciertas propiedades que nos permita la separación de las especies que tienen interés en la flotación, y estos son las siguientes:

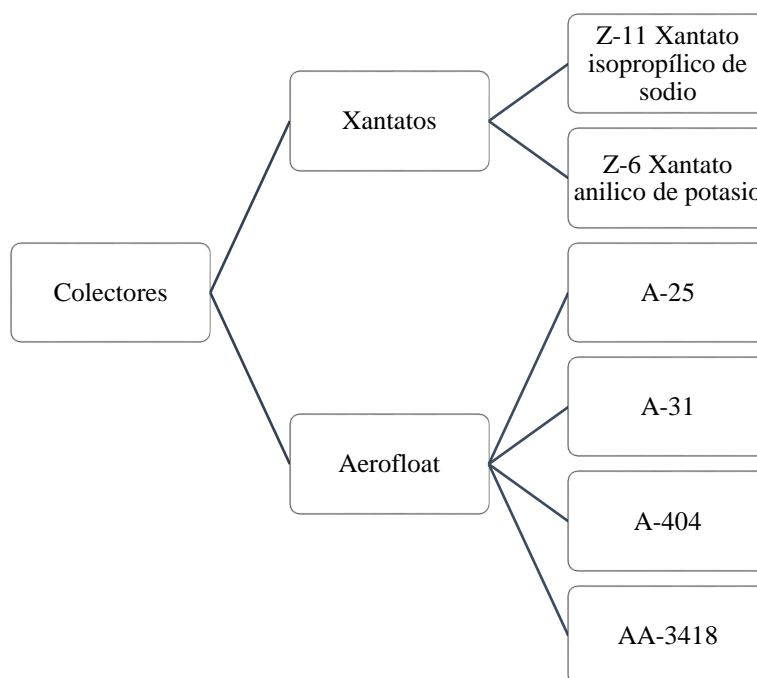
Chia (1984). Los reactivos químicos al disociarse, posee funciones concretas en el caso del colector permite la hidrofobicidad permitiendo la colectividad por la espuma y el activador aumentar la selectividad intensificando en la absorción del colector, los depresores poseen hidrofílica por lo que evitan la absorción del colector, y los dispersantes permite que las superficies del minerales estén libres de partículas finas y los espumantes, mejorar la dispersión de las burbujas finas en la pulpa y controlar las características de la espuma. (pp. (9-1) - (9-15))

a) Colectores.

Para Barry & Tim (2006), “Se ocupa de la colección de las partículas en la flotación, dando hidrofobicidad a la partícula, naturalmente pocos minerales son hidrófobos. Necesitando usar diversos reactivos, citado como colectores, para cambiar las partículas hidrófilas e hidrófobas ligeramente hidrófobo a hidrófobos”. (p. 272)

Para Fuerstenau & Han (2009), Su función del colector es adsorber selectivamente, lo que imparte hidrofobicidad a las partículas del mineral a flotar. Para tener la doble capacidad de adsorber e impartir hidrofobicidad, la molécula colectora debe contener al menos dos partes funcionales, un grupo no polar de hidrofobicidad suficiente y un grupo polar o iónico que sea reactivo electrostática o químicamente a las especies en el mineral. superficie. La parte no polar de un colector utilizado para la flotación de óxidos suele ser un hidrocarburo de cadena larga (10 a 18 grupos CH, CH₂ y CH₃); Los hidrocarburos de cadena corta (2 a 5 grupos CH₂ o CH₃) se utilizan para la flotación de sulfuros. El grupo polar suele ser sulfato aniónico, sulfonato, fosfato, carboxilato, oxima o tiocarbonato (xantato), amina catiónica u oximas no iónicas. (p.252).

Los colectores ampliamente empleados en la industria minera del peruano son el xantatos y ditiofosfatos y algunos.



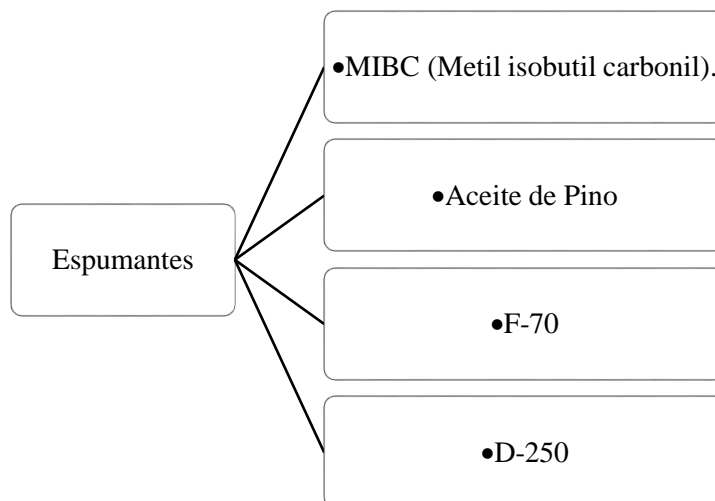
Nota: Fuente diseñado en función de la información Azuñero (2015)

b) Espumantes.

Son sustancias químicas que permite darle estabilidad a las espumas permitiendo que no se desintegren las espumas y proporcionar un tamaño uniforme de las espumas.

Fuerstenau & Han (2009), Para una estabilidad deseada de la espuma que se forma en la celda, son reactivos tensioactivos no iónicos. Cuando se usan colectores de cadena larga como el ácido oleico, también se adsorberán en la superficie de la burbuja en cantidades suficientes para lograr una superficie elástica y burbujas estables. Sin embargo, cuando se emplean de cadena corta como el xantato de etilo como recolectores, se compensan agregar reactivos adicionales para la estabilidad de la espuma. (p.257).

Dentro de los procesos industriales más empleado en la actualidad como espumantes en la flotación de minerales son: Azuñero (2015)



Nota: Fuente diseñado en función de la información (pp. 86-89)

c) Activadores.

Azuñero (2015), Estos reactivos “fomentar las propiedades de hidrofobicidad de los minerales y aumentan la flotabilidad”. (p.91).

Para Sablik (1998) citado en Drzymala (2007), “La activación se inicia donde existen cationes que hidrolizan a iones de metales multivalentes. Su lista incluye Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , y otros iones. Algunos aniones son también activadores especialmente fluoruro y sulfuro de iones” (p. 332).

El uso de los activadores esta función de ciertos procesos de flotación que involucra directamente a las menas, los más usados son:

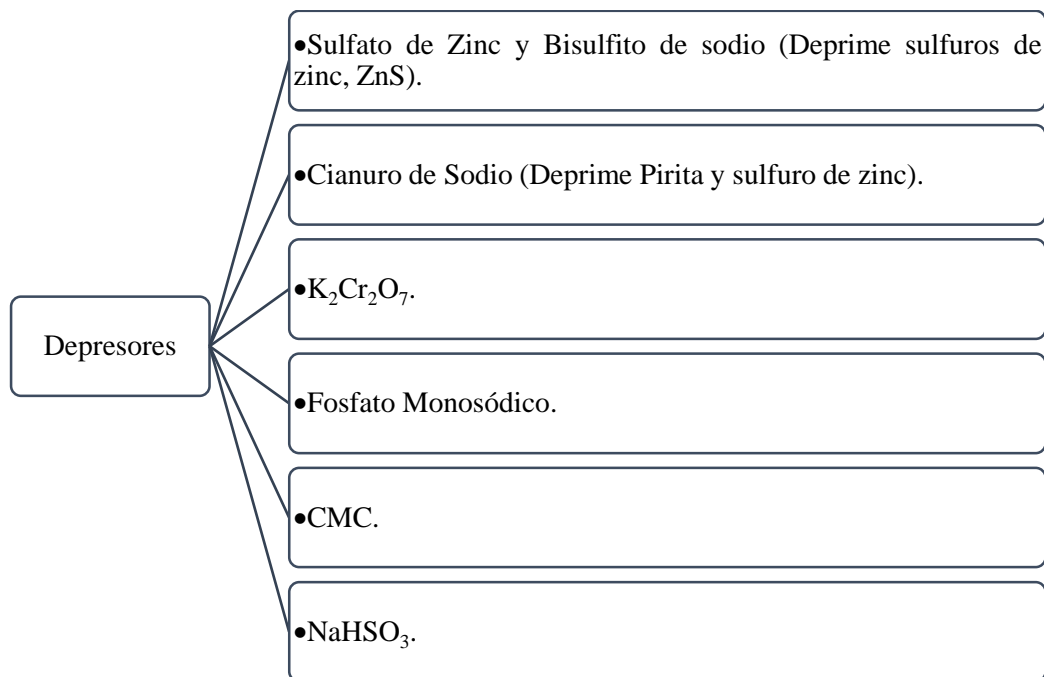
- Sulfato de cobre: En el proceso de flotación del zinc previo depresión del zinc con el sulfato de zinc.

d) Depresores.

Su acción del reactivo es hidrolizar la superficie de los minerales por consiguiente impiden su flotación,

Drzymala (2007), afirma que los agentes de depresión se emplean para aumentar la selectividad en la flotación. Esta selectividad se suele obtener a partir de un proceso inverso, por medio del cual se realiza la depresión de un elemento de valor, en tanto que la ganga tiende a flotar. El agente de depresión puede ser de naturaleza orgánica, inorgánica, de carácter ácido, alcalino, una sal, un redox, agentes formadores de complejos, etc. (p. 335).

Los reactivos usados en la depresión de minerales por flotación se detallan a continuación: Azuñero(2015).



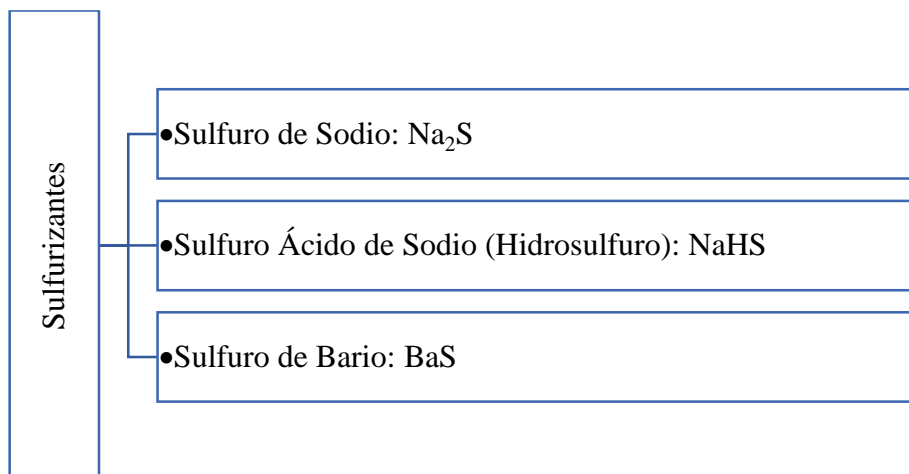
Nota: Fuente diseñado en función de la información (pp. 95-96)

e) **Reactivos modificadores para la Sulfurización.**

La sulfurización es un proceso donde los minerales oxidados permite ser cubierto por el azufre asiéndose que la superficie sea sulfuro solo una película, haciendo que el mineral sea hidrofóbico.

Sutulov (1963), La sulfización permite activar los minerales óxidos, y en el mismo proceso actúa como depresor de los sulfuros. Las depresiones están vinculadas al ión SH^- y el activador el ión S^- que tiene una mayor importancia en el proceso. Una de la activación se puede efectuar teóricamente en la cerusita en base a la siguiente reacción (p. 100).

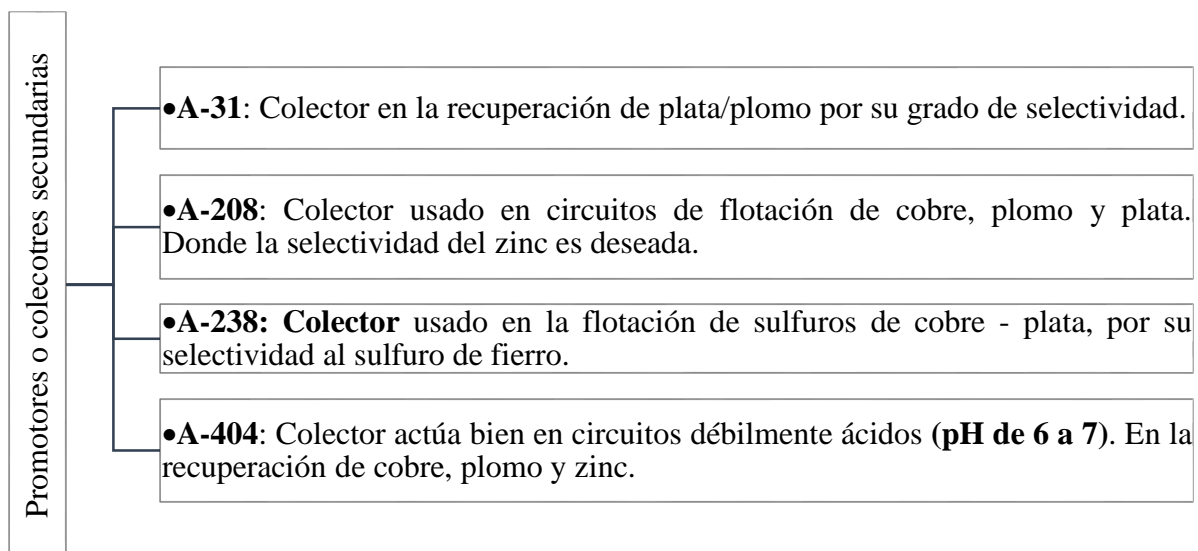
Las sustancias comunes para sulfurizar tenemos: Azañero, y otros (2012)



Nota: Fuente diseñado en función de la información obtenida (p. 38)

f) Promotores.

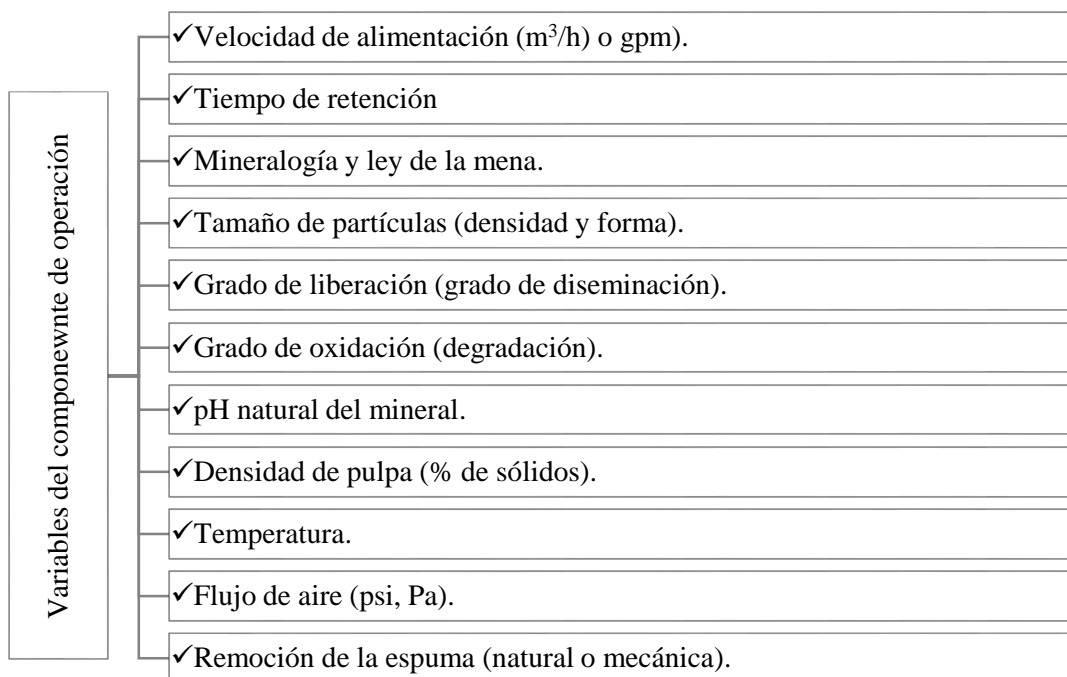
Denominados promotores por el uso en menor cantidad que los xantatos o nombrado como colectores secundarios en los procesos metalúrgicos son los reactivos aerofloat, se describan alguno de ellos según. Cytec (2002).



Nota: Fuente diseñado en función de la información obtenida (p. 118-221)

2.2.3.4. Variables que dependen de los componentes de operación.

Dentro de las operaciones metalúrgicas respecto a la flotación de los minerales intervienen un fin de variables para que se puedan separarse las menas de las gangas, entre los más considerados se tiene: Sutulov (1963).

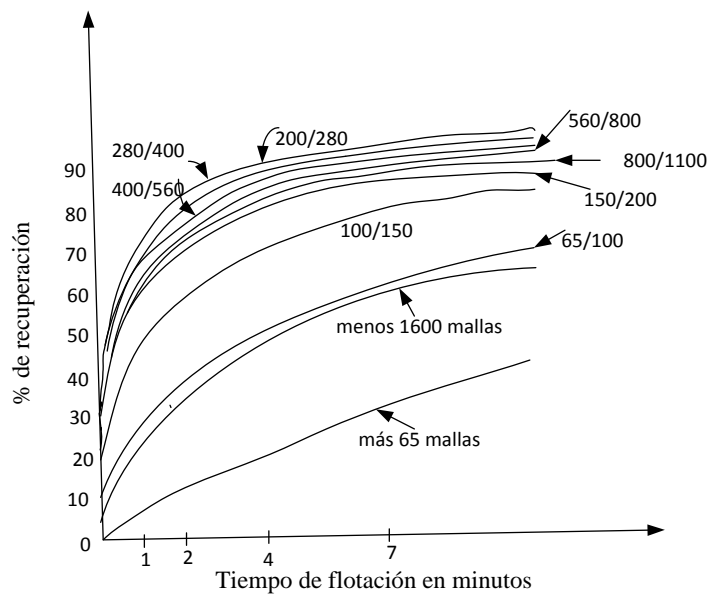


Nota: Fuente diseñado en función de la información obtenida (p. 113-130)

2.2.3.5. Tiempo de flotación o retención.

Respecto al tiempo se tiene en el acondicionamiento y la flotación este interviene en la recuperación de las menas que tiene valor de interés.

Sutulov (1963), en el proceso de flotación se tiene: a) adsorción de los reactivos sobre las superficies minerales; b) encuentro de las partículas preparadas con las burbujas de aire, también previamente preparadas; c) transporte de las partículas hasta la superficie de la celda de flotación. Cada etapa se realiza en un tiempo determinado, diferente para cada una de ellas (p. 126).



Fuente: Extraído de Sutulov (1963, p.129).

Figura 2: Flotación de minerales de Cu de acuerdo al tamaño de grano.

2.2.3.6. Flotación de Minerales Sulfuros.

En el proceso de flotación de los minerales en particular de “los sulfuros son energicamente hidrófobos, que le permite tener una buena flotabilidad. Pero se ve afectado negativamente cuando existe una oxidación superficial o hay presencia de lamas”. Barry & Tim (2006).

King (1982) citada en Mendez (2009) “la flotación de sulfuros sea efectiva, es necesaria la presencia de oxígeno con colectores sulfhídricos, y así ocurra la adsorción de este reactivo en el mineral”. (p.16).

2.2.1. Flotación de minerales de antimonio.

Ergin Gülcan, Can, Can, & Ergün (2018) “La flotación de mineral estibina (Sb_2S_3) se realiza en presencia de pequeñas cantidades de pirita, arsenopirita, galena, y sulfo-antimoniuro de plomo. La ganga es cuarzo, talco. El talco flota con la estibina, disminuye el grado del concentrado de antimonio”. (pp.823-824).

LagerK & Forsberg (1989), La materia prima principal es el mineral de antimonio es la estibina, Sb_2S_3 . Las propiedades de flotación de este mineral están bastante bien establecidas. Su estructura cristalina hace que su flotabilidad dependa de qué superficies del mineral están expuestas por molienda. Sin embargo, los factores de la química de la pulpa, especialmente el pH de la pulpa, parecen tener una influencia más decisiva en el resultado de la flotación. Aproximadamente a pH 4–5, la estibina flota espontáneamente con una recuperación aceptable, y con los colectores flota muy bien. La activación con sal metálica es necesaria a pH neutro, mientras que la flotabilidad se ve seriamente afectada a pH 10. (p. 321-336).

2.3. Definiciones conceptuales.

- a. **Calidad:** “Propiedades o conjunto de propiedades inherentes a algo que permiten juzgar su valor”. Real Académica española (2018).
- b. **Celda de flotación:** “Reactor en el que se realiza la flotación y se obtiene la espuma de minerales”. Southernperu (2019).
- c. **Concentración.** Castro (2012), “Proceso de enriquecimiento de mena mineral por métodos mineralúrgicos. Se elimina el material que no es de interés económico (ganga) para disminuir el volumen de mineral. Se pueden utilizar propiedades físicas (densidad, magnéticos, eléctricos) o físico químicas de los minerales”.(p.12).
- d. **Contenido Metálico:** Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018) “Cantidad que expresa el peso total del uno o varios metales en una cantidad determinada de producto. Se calcula multiplicado el tonelaje de un producto por su ley y se expresa en toneladas, onzas, gramos, etc., dependiendo del metal en cuestión”. (p. 246)

- e. **Beneficio:** Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018), “Conjunto de procesos físicos, químicos y/o físico químico que se realizan para extraer o concentrar las partes valiosas de un agregado de minerales. (p.237).
- f. **Ganga:** Duarte (1993), “Minerales sin valor comercial asociado con la mena de un yacimiento”. (p.43).
- g. **Lama:** Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018) “Cieno blando y suelto, pero pegajoso con contenidos metálicos mínimos. Igual que Lodo”. (p.259)
- h. **Ley:** Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018), Es el parámetro que expresa la calidad de un mineral, un concentrado, o cualquier producto que contenga especies metálicas. expresa en porcentajes cuando se trata de metales básicos y onzas por tonelada corta (oz/TC) u onzas por tonelada métrica (oz/t) o g/t cuando se trata de oro, plata u otro metal precioso. (p.260).
- i. **Mena:** Duarte (1993), “Se denomina así a toda mineral con contenido valioso recuperable por algún proceso metalúrgico”. (p.54).
- j. **Mineral:** Duarte (1993), “Elemento o compuesto químico formado mediante un proceso inorgánico natural que constituye las rocas de la corteza terrestre”. (p.58).
- k. **Oxidación:** Castro (2012) “Reacción química provocada por la exposición al oxígeno modificando la composición química de un mineral. Cambio en el estado de oxidación de un elemento representado por la pérdida de electrones”. (p.30)
- l. **pH de flotación:** De acuerdo a Estudios Mineros del Perú S.A.C (2018), “De las diferentes variables que operan de forma significativa en la flotación, es probablemente el pH la que mayor incidencia tiene en el adecuado comportamiento de los diferentes reactivos”.(p.155).
- m. **Planta:** Es una instalación industrial. También se puede definir como la figura que se visualiza por encima del terreno, los cimientos que componen un edificio, o también, es la sección horizontal de las paredes para cada uno de los distintos pisos.
- n. **Proceso:** Es el conjunto de etapas consecutivas, que podrían ser de un fenómeno natural o de una operación artificial.

- o. **Sulfuros:** Duarte (1993), “Mineral compuesto por azufre y un radical o elemento positivo (metales). Ejemplo: FeS_2 , (pirita), Cu_2S (calcosina), ZnS (blonda), etc”. (p.77).

2.4. Formulación de la Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General

Realizando una estimación de la flotación de minerales sulfurados, se puede realizar una concentración óptima de antimonio provenientes del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019.

2.4.2. Hipótesis Específicas

El tratamiento en el circuito de flotación de minerales sulfurados sin la influencia de los depresores, nos va a permitir conseguir una calidad óptima y una recuperación del concentrado de antimonio.

El uso del bisulfito de sodio como agente depresor de minerales de hierro en el circuito de flotación de menas sulfurados, nos permite conseguir una excelente calidad y una recuperación óptima del concentrado de antimonio.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Tipo de Investigación.

La investigación fue experimental de acuerdo a su naturaleza, y su propósito investigación básica, por el proceso que las variables son sometidas a cambios con el fin de conocer los efectos producidos a voluntad del investigador para corroborar sus hipótesis (Bernal, 2010).

Se realizará un experimento básico, a escala de laboratorio, con un control mínimo y con el fin de conocer los efectos y fines de buscar la concentración del antimonio, y su posterior aplicación a nivel industrial.

3.1.2. Nivel de Investigación

Respecto al nivel de investigación, es de carácter experimental, ya que se aplican métodos y técnicas para aumentar y corregir la situación indecisa, que da inicio al estudio de investigación (Carrasco 2005).

3.1.3. Diseño de la investigación.

El diseño de la indagación a realizar es práctico, por lo que se manipula las variables independientes a nivel laboratorio, con la finalidad de observar su efecto sobre las variables dependientes (Fernandez, 2014).

3.1.4. Enfoque de la investigación.

Referente al enfoque de la investigación, se trata de una investigación de carácter cuantitativo, por lo que los anómalos son cuantificables. “Manipula datos para experimentar

hipótesis con base a cotejo numérica y estudio estadístico, con el propósito de instituir pautas de comportamiento y probar teoría” Fernandez (2014).

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población.

Estará representado por los minerales de antimonio de la veta provenientes del distrito de Gorgor, los cuales fueron extraído en forma estratificada de acuerdo las afloraciones de las rocas mineralizadas cada 50 metros.

3.2.2. Muestra.

En el presente estudio la muestra fue de 100 kg de mineral extraído de las vetas mineralizadas, posteriormente se preparó y cuartearon en promedio de 1 kg para cada prueba experimental, es decir para las pruebas de molienda, flotación y otras pruebas de caracterización.

3.3. Operacionalización de Variables e indicadores

En la operacionalización de las variables e indicadores sobre la “estimación de la flotación de minerales sulfurados para la concentración de antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019”, se detalla en la tabla 1.

Tabla 1 Operaciones de las variables de estudio.

Variable	Concepto	Dimensiones	Indicador
Independiente			
Estimación de la flotación	- Es el proceso mediante el cual se evalúa la flotación de los minerales en estudio, por medio de la hidrofobicidad	Uso de reactivos	- Sin depresores - Depresores bisulfito de sodio.

	para la recuperación de los minerales		
Dependiente			
Concentración de antimonio	- Es el proceso por el cual, los minerales de antimonio se elevan la calidad en función al elemento a recuperar.	Calidad	- ley - Recuperación
Intervinientes.			
Componentes no evaluables	- Son condiciones no controlables o no se modifican en el proceso de estudio	Control	- Densidad pulpa - pH. - Granulometría - Agitación. - Tiempo

Nota: Diseñado por el autor de acorde a los objetivos del estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas a emplear

Las técnicas a emplear en el proceso de investigación sobre, Estimación de la flotación de minerales sulfurados para la concentración de antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019, y en el procedimiento de las pruebas experimentales y en función a ellos se obtendrá los resultados adecuados.

a. Observación sistemática directa.

Se realizaron la flotación del mineral con diferentes dosificaciones de los reactivos, tiempo y liberación del mineral con el propósito de ver el efecto en la flotación de calidad y recuperación en la concentración del mineral estibina.

b. Observación sistemática indirecta.

Se tuvieron acceso a información que nos permitió predecir los caminos para realizar la parte experimental y fundamentar la parte teórica.

c. Observación experimental.

Los datos se obtuvieron a medida que se realizaron la parte experimental, las leyes de cabeza, densidad del mineral y las leyes de concentrado de rougher, scavenger y relave, de acuerdo la calidad de espuma en el proceso de flotación, para su posterior análisis químico.

d. Otras técnicas.

Técnica de cuestionario.

3.4.2. Descripción de los instrumentos.

Los instrumentos para la toma de los datos en el proceso de la investigación sobre, Estimación de la flotación de minerales sulfurados para la concentración de antimonio provenientes del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019, un trabajo experimental por lo tanto se tendrá que hacer observaciones y sus resultados de los análisis anotados y registrados en la Ficha de observaciones, libretas de anotaciones y celular con cámara fotográfica, firmadora y grabar de audio.

3.5. Técnicas para el procesamiento de la información.

En el presente estudio a desarrollar sobre, Estimación de la flotación de minerales sulfurados para la concentración de antimonio provenientes del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019, siendo una prueba experimental y los resultados se necesitan procesarlo para su interpretación, es necesario usar cálculos matemáticos, análisis estadístico, para ellos se usará programas de cálculo como Excel, minitab 18; para luego mostrar la información, mediante tablas, registros, figuras, promedios, medianas, desviación estándar y otros.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis químico del mineral.

El mineral para las pruebas metalúrgicos tiene una ley promedio de 6,23% Sb de acuerdo los reportes del análisis químico.

4.2. Molienda.

Se realizó dos pruebas de molienda de iguales tiempos (33'50") se dio más tiempo por la dureza del mineral y así obtener mejor la granulometría de dicha muestra, se determinó malla – 200 el 60% con una muestra de 1kg más la adición 0.5 litros de agua en la segunda prueba se dosifico 15 ml de bisulfito de sodio en la molienda y posteriormente 15 ml en rougher para las pruebas de flotación.

4.3. Flotación.

Se hicieron dos pruebas de flotación, para la primera el acondicionamiento de rougher fue un tiempo de 5 min, y la flotación 6 min, dosificando los siguientes reactivos:

Acetato de plomo al 10%	15 ml
Z-11 al 1%	4 ml
MICB al 100%	4 gotas

Para el acondicionamiento del scavenger fue un tiempo de 3 min e igual tiempo para la flotación y se dosificaron lo siguiente:

Acetato de plomo al 10%	5 ml
Z-11 al 1%	2 ml
MICB al 100%	3 gotas

Para finalizar en la flotación de limpieza o cleaner fue un tiempo de 4 min dosificando espumante 2 gotas de MICB al 100% en donde se obtuvo el concentrado de antimonio.

4.4. Resultados.

4.4.1. Molienda del mineral.

Para la liberación del mineral se realizaron 4 pruebas con las cuales se predijeron el tiempo de molienda como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2 Moliendabilidad del mineral

Tiempo (min)	% Peso -200m
5	39,00
10	49,86
15	60,57
20	68,00

De la tabla 2 liberación del mineral pasante a la malla 200, en un tiempo de 5 minutos es de 39.00%, para 10 minutos es de 49.86%, para 15 minutos es de 60.57% y en 20 minutos es de 68.00%.

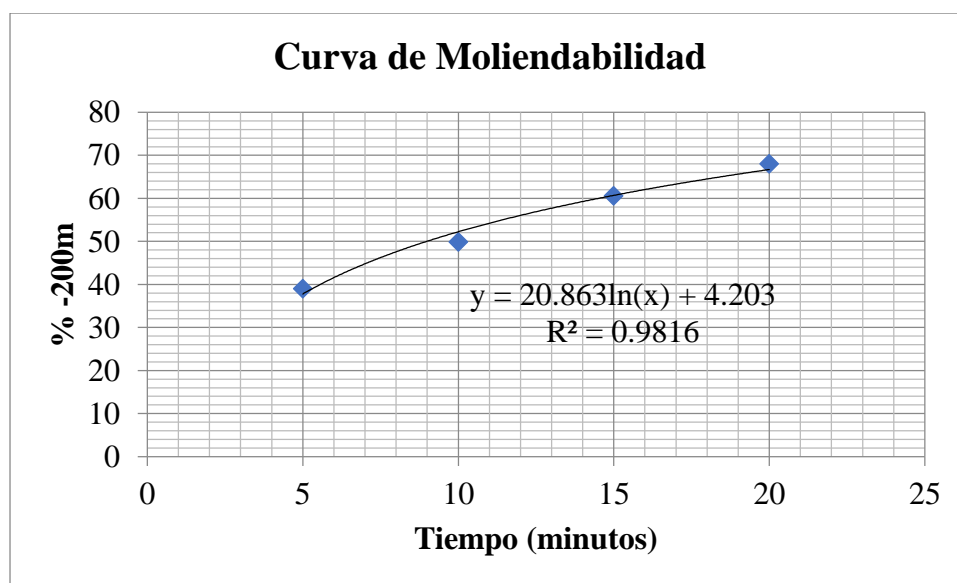


Figura 3 Curva de moliendabilidad del mineral

De la figura 3 se tiene la ecuación producto de la molienda tiempo vs pasante a malla 200, está representado por la ecuación $(\% - 200m) = 20,863 \ln(\text{min}) + 4,203$, coeficiente correlación de 0,9907 ($R^2 = 0,9816$)

4.4.2. Flotación de antimonio nivel experimental.

a. Primera prueba de flotación de antimonio.

La prueba realizada sin el uso de depresor del mineral en la flotación, lo que se detalla en la tabla 3.

Tabla 3 Balance metalúrgico de antimonio sin depresor bach

Productos	Peso g	% W	Leyes %Sb	Contenido metálico	% Recuperación
Cabeza	1000	100	6,23	62,30	100,00
Conc. Sb	70,6	7,06	61,79	43,62	63,33
Medio.	38,6	3,86	28,05	10,83	15,72
Relave	890,8	89,08	1,62	14,43	20,95
Cab. Calculada	1000		6,89	68,88	

De lo que antecede en tabla 3 se tiene una calidad de concentrado de 61,79%, con una recuperación de 63,33%, para el medio de calidad de 28,05% y una retenido de 15,72% y el relave de 1,62% y un 20,95% perdida en el relave para un mineral de 6,23% reportado del análisis químico y una ley calculada de 6.89% Sb.

Tabla 4 Balance metalúrgico de antimonio sin depresor continuo

Producto	% W	Leyes % Sb	% Recuperación	Radio
Cabeza	100	6,23	100	
Conc.Sb	7,34	70,50	75,14	13,62
Relave	92,66	1,85	24,86	
Cab. calculada		6,89		

Tabla 4 se aprecia que el concentrado tiene una calidad de 70,50% Sb con una recuperación de 75,14% con un ratio de concentración de 13,62 y en el relave de 1,85% Sb con una pérdida de 24,86%, para una cabeza analizada de 6,23% Sb, para cabeza calculada de 6,89% Sb.

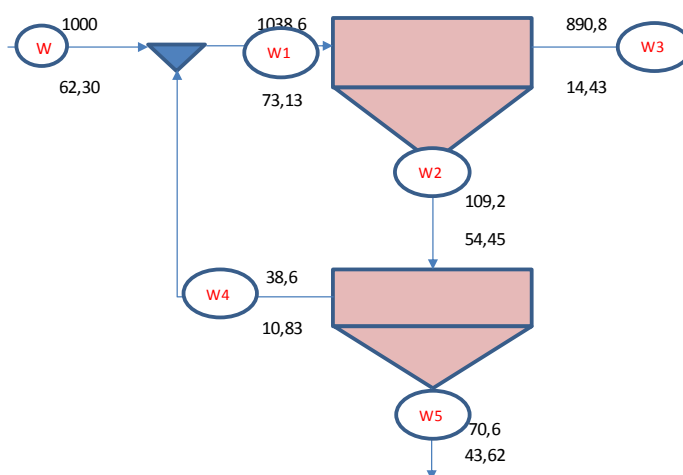


Figura 4 Circuito de prueba bach de la flotación de Sb sin depresor

b. Segunda prueba de flotación de antimonio.

Etapas de flotación de mineral de antimonio con el uso de depresor bisulfato de sodio, se detalla en la tabla 5 .

Tabla 5 Balance metalúrgico de antimonio con depresor batch

Productos	Peso g	% W	Leyes %Zn	Contenido Metálico	% De Recuperación
Cabeza	1000	100	6,23	62,30	100,00
Conc. Sb	66,1	6,61	62,27	41,16	67,99
Medio.	17,6	1,76	26,82	4,72	7,80
Relave	916,3	91,63	1,6	14,66	24,22
Cab. Calculada	1000,0		6,05	60,54	

De lo que antecede en tabla 5 se tiene una calidad de concentrado de 62,27%, con una recuperación de 67,99%, para el medio de calidad de 26,82% y una retenido de 7,80% y el relave de 1,60% y un 24,22% perdida en el relave para un mineral de 6.23% reportado del análisis químico y una ley calculada de 6.05% Sb.

Tabla 6 Balance metalúrgico de antimonio con depresor continuo

Producto	%W	Leyes %Sb	% Recuperación	Radio
Cabeza	100	6,23	100	
Conc.Sb	6,73	66,30	73,74	14,86
Relave	93,27	1,70	26,26	
Cab.calculada		6,05		

Tabla 6 se aprecia que el concentrado tiene una calidad de 66,30% Sb con una recuperación de 73,74% con un ratio de concentración de 14,86 y en el relave de 1.70% Sb con

una pérdida de 26,26%, para una cabeza analizada de 6.23% Sb, para cabeza calculada de 6.05%

Sb.

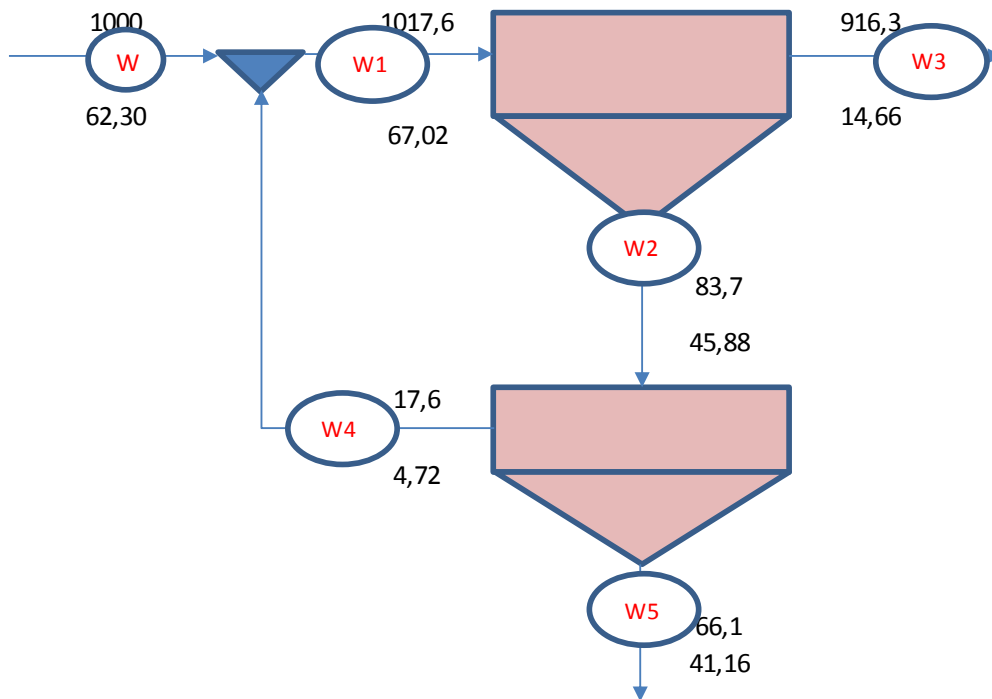


Figura 5 Circuito de prueba bach de la flotación de Sb con depresor

4.4.3. Flotación de antimonio simulado.

a. Primera flotación de antimonio simulado.

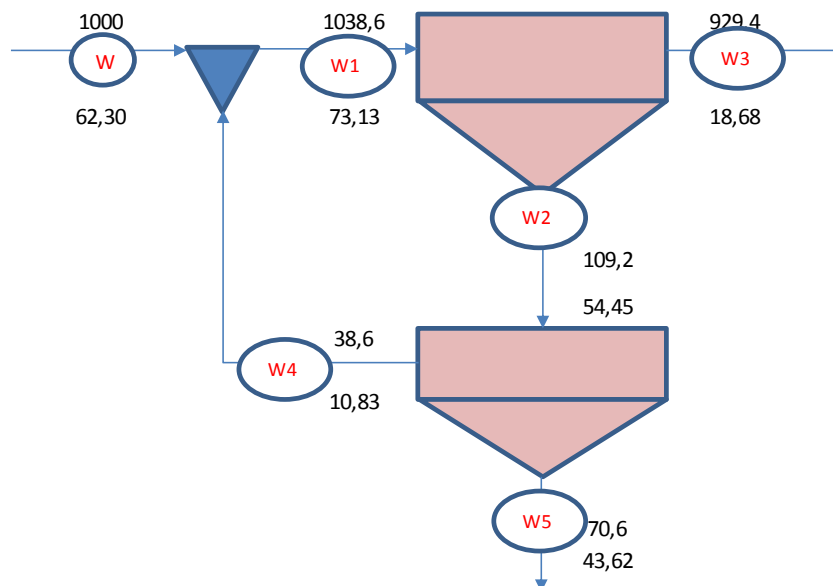


Figura 6 Circuito de simulado de la flotación de Sb sin depresor

Tabla 7 Balance metalúrgico de antimonio sin depresor simulado

Producto	W	%W	Leyes	Contenido	%	Radio
			%Sb	Metálico Sb	Recuperación	
Cabeza	1000,00	100	6,23	62,30	100	
Conc.Sb	70,60	7,06	61,79	43,62	70,02	14,16
Relave	929,40	92,94	2,01	18,68	29,98	
Cab. calculada	1000,00	100,0		62,30		

Tabla 7 se aprecia que el concentrado tiene una calidad de 61,79% Sb con una recuperación de 70,02% con un ratio de concentración de 14,16 y en el relave de 2,01% Sb con una pérdida de 29,98%, para una cabeza analizada de 6.23% Sb.

b. Segunda flotación de antimonio simulado.

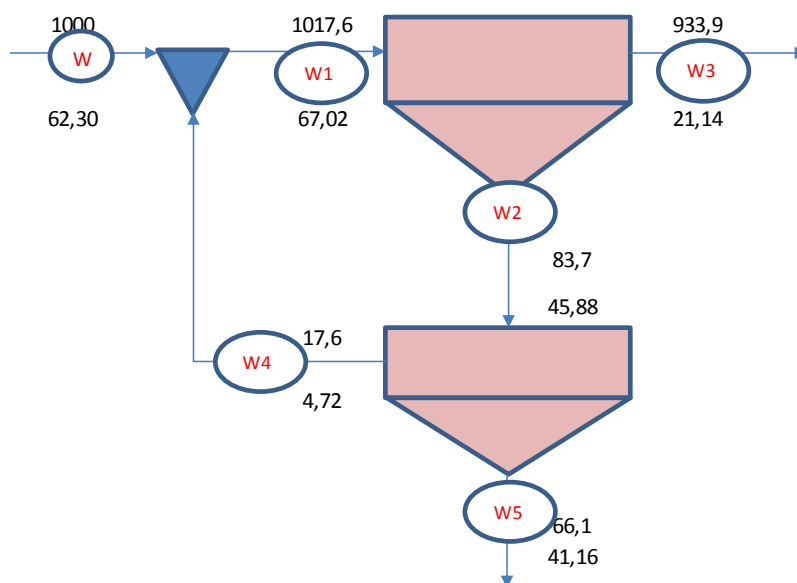


Figura 7 Circuito de simulado de la flotación de Sb con depresor

Tabla 8 Balance metalúrgico de antimonio con depresor simulado

Producto	W	% W	Leyes %Sb	Sb	% Recuperación	Radio
Cabeza	1000,00	100	6,23	62,30	100	
Conc.Sb	66,10	6,61	62,27	41,16	66,07	15,13
Relave	933,90	93,39	2,26	21,14	33,93	
Cab. calculada	1000,00	100,00		62,30		

Tabla 8 se aprecia que el concentrado tiene una calidad de 62,27% Sb con una recuperación de 66,07% con un ratio de concentración de 15,13 y en el relave de 2,26% Sb con una pérdida de 33,93%, para una cabeza analizada de 6.23% Sb.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión.

En el trabajo realizado a nivel experimental y la simulación de minerales de antimonio para una ley de cabeza de 6,23%, experimentado sin depresor y con depresor el bisulfito de sodio se tiene los siguientes resultados en la tabla 9.

Tabla 9 Resumen de la recuperación del antimonio

Prueba	Condiciones	Flotación Bach			Simulado		
		%Sb	Recup.	Ratio	%Sb	Recup	ratio
Primera	Sin depresor	70,50	75,14	13,62	61,79	70,02	14,16
Segunda	Con depresor	66,30	73,74	14,86	62,27	66,07	15,13

En la tabla 9 se detalla que la prueba sin depresor tiene una calidad de 70,50% Sb con una recuperación de 75,14% y un ratio de concentración de 13,62 en la prueba experimental, mientras que en la simulación se tiene una calidad de 61,79% Sb con una recuperación de 70,02% con un ratio de concentración de 14,16, mientras que con el depresor bisulfito de sodio se tiene calidad 66,30% con una recuperación de 73,74% y un ratio de 14,86 en la experimental, y en la simulada se tiene una calidad de 62,27% Sb con una recuperación de 66,07% y un ratio de concentración de 15,13.

Mendez (2009), “Es posible generar un procedimiento que permite limpiar de As un concentrado de Cu, entregando un concentrado de Cu de bajo contenido de As vendible y un concentrado con alto Cu y As”. (pp. 179-180).

Edgardo (2012), “La acción del quebracho se relaciona con el consumo y el pH, cuando las partículas de sulfuros de cobre presentan algún grado de alteración superficial, en este caso hay pérdidas entre 1 y 5%, en medio ácido o neutro.” (pp. 182-184).

Mendoza (2017), "El cambio de Bisulfito de sodio por el bicromato en la mezcla de CMC y fosfato mono sódico es factible, se observa una mejor flotación de cobre. Las recuperaciones de Pb, Cu y Ag mejora sin remolienda." (p. 64).

Ramos & Orihuela (2017), "El contenido de arsénico en el concentrado bulk es alto con 2.43%, el cual se incrementó a 8.44% de As y 5.99% de antimonio en concentrado de cobre debido a la alta cantidad de cobres grises en la muestra." (pp. 121-122).

Holguin (2016), "la recuperación total de las pruebas se notó una variación ascendente desde 96,52% hasta 98,08% que es bastante notorio, esto implica que en la planta piloto se puede lograr fácilmente recuperaciones por encima de 95%". (p. 74).

Girardi, Vallebuona, & Casal (1999), "El estudio de las cinéticas de flotación, tanto rougher como de limpieza, se determina los parámetros cinéticos de flotación respectivos, estableciéndose un K de 1,45 min⁻¹ para el rougher; y un K de 2,0 min⁻¹ para la limpieza." . (pp. 202-203)

5.2. Conclusiones.

La calidad y recuperación sin depresor tiene resultados mejores, en comparación con el uso de los depresores en las pruebas experimentales, mientras que con una simulación realizado a estas pruebas la calidad con depresores mejora y la recuperación decae frente a las sin depresores.

Al tener una buena granulometría se obtiene mejor liberación de mineral en donde se obtiene mejor recuperación.

Hay indicios de mejorar la calidad y recuperación de antimonio utilizando un depresor para el hierro.

5.3. Recomendaciones.

Realizar una clasificación y balance de aceros en planta para así mejorar su granulometría y obtener una mejor recuperación.

Al usar silicato de sodio como dispersante de lamas y depresor de insolubles mejora la calidad del concentrado.

Hacer mejor uso con las dosificaciones de reactivos a nivel industrial

Realizar la dosificación y preparación correcta para no perjudicar la flotación, así como también mantener una alimentación constante en el área de molienda.

Hacer el mantenimiento periódicamente de las maquinarias.

Cumplir con los parámetros ya mencionados en todas las áreas.

CAPÍTULO V

FUENTES DE INFORMACION

5.1. Fuentes Bibliográficas

Arévalo, A., & Contreras, A. (2006). *Concentración por flotación de feldespatos, mica y cuarzo a partir de los gneises del área de Bejuma. Estado Carabobo*. Caracas.

Azañero, A. N., Figueroa, A., León, E., Fernández, S., Orihuela, R., Caballero, M., . . . Choy, S. (28 de 01 de 2012). *Flotación de minerales oxidados de plomo*. Obtenido de Sistema de bibliotecas y biblioteca central: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/Vol5_N10/flotacion.pdf

Azuñero, A. (2015). *Flotación y Concentración de minerales*. Lima: Editorial colecciones Jovic.

Barry, W., & Tim, N.-M. (2006). *Mineral Processing Technology*. Brisbane: Elsevier Science & Technology Books.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Chía: Pearson.

Bhatti, M., Kazmi, K., Mehmood, A., Mehmood, R., Ahad, A., & Akram, A. (2014). *Flotation study on low-grade antimony ore of qilla Abdullah, Balochistan, Pakistan*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/6370/789369c4774f0e412d6ea043cd4a360f0064.pdf>

Brañes, H. (2005). *Flotación Experimental de Minerales Polimetálicos*. Minas de Volcán S.A.A.

Bulatovic, S. (2007). *Handbook of flotation reagents*. Elsevier Science & Technology Books.

Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

- Castillo, K., & Chavez, Y. (2012). Crecimiento de la tasa de recuperación de los minerales de plomo, zinc y plata en la etapa de concentración de minerales de la mina volcan SAA. *Titulo*. Universidad de trujillo, Trujillo.
- Castro, G. (6 de 10 de 2012). *Diccionario minero*. Obtenido de otrosmundoschiapas: http://otrosmundoschiapas.org/docs/escaramujo/escaramujo626_diccionario_minero.pdf
- Chia, J. (1984). *Operaciones unitarias en procesamiento de minerales*. Lima: Ediciones pregmon.
- Cytec. (2002). *Manual de productos químicos para minería*. Cytec Industries Inc.
- Drzymala, J. (2007). *Mineral Processing*. Wrocław: Wrocław University of Technology.
- Drzymala, J. (2007). *Mineral Processing*. Wrocław: Wrocław University of Technology.
- Duarte, R. (1993). *Glosario minero*. Rancagua.
- Edgardo, P. (2012). Flotación selectiva de sulfuros complejos usando reactivos de baja toxicidad. *Grado de doctor*. Universidad de Oviedo, Oviedo. Obtenido de digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/13203/2/TD_pedroedgardosarquis.pdf
- Edwin, A. (2015). Evaluación metalúrgica a los minerales sulfurados para mejorar la recuperación de sus concentrados en la planta concentradora San Expedito – Cerro S.A.C. - 2015. *Titulo*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- Ergin Gülcan, E., Can, I., Can, M., & Ergün, L. (2018). *Concentration Characteristics of a Complex Antimony Ore*. Obtenido de Physicochemical Problems of Mineral Processing: <http://www.journalssystem.com/ppmp/Concentration-characteristics-of-a-complex-antimony-ore,100684,0,2.html>
- Estudios Mineros del Perú S.A.C. (2018). *MANUAL DE MINERIA*. Lima. Obtenido de www.estudiosmineros.com
- Fernandez, C. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: Mc Gram Hill .

Fuerstenau, M., & Han, K. (2009). *Principles of Mineral Processing*. Littleton: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME).

Girardi, S., Vallebuona, G., & Casal, Y. (1999). *Concentración de un mineral de antimonio por flotación*. Obtenido de Artigos entmme: https://www.artigos.entmme.org/download/1992/flotation-flota%C3%A7%C3%A3o/765%20-%20S.GIRARDI_G.VALLEBUONA_A.CASALI%20-%20CONCENTRACION%20DE%20UN%20MINERAL%20DE%20ANTIM%C3%94NIO%20POR%20FLOTACION.pdf

Holguin, A. (2016). Evaluación metalúrgica del proceso de flotación en la compañía minera Sonaje S.A.C. *Ingeniero metalurgista*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2675/IMhohaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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

LagerK, T., & Forssberg, S. (1989). *Beneficiation characteristics of antimony minerals a review*. Obtenido de Sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0892687589900022>

Mendez, E. (2009). Flotación selectiva de enargita desde un concentrado final de sulfuros de cobre de Collahuasi. *Ingeniero de minas*. Universidad de Chile, Santiago. Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2009/mendez_e/sources/mendez_e.pdf

Mendez, E. (2009). Flotación selectiva de enargita desde un concentrado final de sulfuros de cobre de Collahuasi. *Grado de magister*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

- Obtenido de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2009/mendez_e/sources/mendez_e.pdf
- Mendoza, C. (2017). Evaluación del proceso de flotación en la planta concentradora de Tamboraque. *Ingeniero metalurgista*. Univesidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3385/IMmecacj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Novoa, G., & Vargas, L. (2013). Variables y propiedades que influyen en el proceso de flotación. *Titulo*. Universidad catolica del norte, Antofagasta. Obtenido de https://www.academia.edu/14081794/VARIABLES_Y_PROPIEDADES_QUE_INFLUYEN_EN_EL_PROCESO_DE_FLOTACION
- Porras, D. (1998). *Procesamiento de Minerales*. Cerro de Pasco.
- Quiroz, I. (1986). *Ingeniería Metalúrgica Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales*. Cusco.
- Ramos, J., & Orihuela, A. (2017). Caracterización y evaluación de pruebas metalúrgicas de flotación de un mineral complejo polimetálico del distrito de Palca – Huancavelica. *Ingeniero metalurgico*. Univesidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7495/Ramos_sj.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española* . Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/?id=6nVpk8P|6nXVL1Z>
- southernperu. (2019). *Glosario de términos*. Obtenido de southern copper: <http://www.southernperu.com/ESP/opinte/Pages/PGGlosario.aspx#top>
- Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción: Instituto de Investigación Tecnológicas.

Sutulov, A. (1963). *Flotación de Minerales*. Concepción: Instituto de investigation Chile.

Yanatos, J. (2005). *Flotación de minerales*. Santiago: Universidad tecnica federico santa maria.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia general

Titulo	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores
“ESTIMACIÓN DE LA FLOTACIÓN DE MIERALES SULFURADOS PARA LA CONCETRACIÓN DE ANTIMONIO PROVENIENTE DEL DISTRITO DE GORGOR A NIVEL LABORATORIO - 2019”	- ¿En qué medida se podría estimar la flotación de minerales sulfurados, para la concentración de antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019?	- Evaluar la estimación de la flotación de minerales sulfurados, para la concentración de antimonio proveniente del distrito de gorgor a nivel laboratorio – 2019.	- Realizando una estimación de la flotación de minerales sulfurados, se puede realizar una concentración optima de antimonio proveniente del distrito de Gorgor a nivel laboratorio – 2019.	Estimación de la flotación	- Sin depresores - Depresores bisulfito de sodio.

Anexo 2 Matriz de consistencia específico

Titulo	Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Depend.	Indicad.
<p>“ESTIMACIÓN DE LA FLOTACIÓN DE MIERALES SULFURADOS PARA LA CONCETRACIÓN DE ANTIMONIO PROVENIENTE DEL DISTRITO DE GORGOR A NIVEL LABORATORIO – 2019”</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ¿En qué medida, el tratamiento en el circuito de flotación de minerales sulfurados sin la influencia de los depresores, nos permitirá obtener una óptima calidad y recuperación del concentrado de antimonio? - ¿En qué medida el uso del bisulfito de sodio como depresor de minerales de hierro en el circuito de flotación de menas sulfurados, permitirá obtener una calidad y recuperación optima del concentrado de antimonio? 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el tratamiento en el circuito de flotación de minerales sulfurados sin la influencia de los depresores, para obtener una óptima calidad y recuperación del concentrado de antimonio. - Evaluar el uso del bisulfito de sodio como depresor de minerales de hierro en el circuito de flotación de menas sulfurados, para obtener una calidad y recuperación optima del concentrado de antimonio. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tratamiento en el circuito de flotación de minerales sulfurados sin la influencia de los depresores, nos permitirá obtener una óptima calidad y recuperación del concentrado de antimonio. - El uso del bisulfito de sodio como depresor de minerales de hierro en el circuito de flotación de menas sulfurados, permitirá obtener una calidad y recuperación optima del concentrado de antimonio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración de antimonio 	<ul style="list-style-type: none"> - ley - Recuperación

Anexo 3 Simulación de flotación sin depresor de antimonio Split factor

		W	s1	s2							
		1000	0,1051	0,3535							
			w1	w2	w3	w4	w5	w			
		w1	1	-0,3535	0,0000	0	0	1000			
		w2	-0,1051	1	0,0000	0	0	0			
		w3	-0,8949	0,0000	1	0	0	0			
		w4	0	-0,3535	0	1	0	0			
		w5	0	-0,6465	0	0	1	0			
Mineral	S1	S2									
Mineral	0,1051	0,3535									
Antimonio	0,7446	0,1988									
		1,039	0,367	0,000	0,000	0,000	1000,00	w1	1038,60		
		0,109	1,039	0,000	0,000	0,000	0,00	w2	109,20		
		0,929	0,329	1,000	0,000	0,000	0,00	w3	929,40		
		0,039	0,367	0,000	1,000	0,000	0,00	w4	38,60		
		0,071	0,671	0,000	0,000	1,000	0,00	w5	70,60		

W	s1	s2							
62,30	0,7446	0,1988							
	w1	w2	w3	w4	w5	w			
	w1	1	-0,1988	0,0000	0	0	62,3		
	w2	-0,7446	1	0,0000	0	0	0		
	w3	-0,2554	0,0000	1	0	0	0		
	w4	0	-0,1988	0	1	0	0		
	w5	0	-0,8012	0	0	1	0		
	1,174	0,233	0,000	0,000	0,000	62,30	w1	73,13	
	0,874	1,174	0,000	0,000	0,000	0,00	w2	54,45	
	0,300	0,060	1,000	0,000	0,000	0,00	w3	18,68	
	0,174	0,233	0,000	1,000	0,000	0,00	w4	10,83	
	0,700	0,940	0,000	0,000	1,000	0,00	w5	43,62	

Anexo 4 Simulación de flotación con depresor de antimonio Split factor

		W	s1	s2							
		1000	0,0823	0,2103							
			w1	w2	w3	w4	w5	w			
		w1	1	-0,2103	0,0000	0	0	1000			
		w2	-0,0823	1	0,0000	0	0	0			
		w3	-0,9177	0,0000	1	0	0	0			
		w4	0	-0,2103	0	1	0	0			
		w5	0	-0,7897	0	0	1	0			
Mineral	S1	S2									
Mineral	0,0823	0,2103									
Antimonio	0,6846	0,1029									
		1,018	0,214	0,000	0,000	0,000	1000,00	w1	1017,60		
		0,084	1,018	0,000	0,000	0,000	0,00	w2	83,70		
		0,934	0,196	1,000	0,000	0,000	0,00	w3	933,90		
		0,018	0,214	0,000	1,000	0,000	0,00	w4	17,60		
		0,066	0,804	0,000	0,000	1,000	0,00	w5	66,10		

W	s1	s2							
62,30	0,6846	0,1029							
	w1	w2	w3	w4	w5	w			
w1	1	-0,1029	0,0000	0	0	62,3			
w2	-0,6846	1	0,0000	0	0	0			
w3	-0,3154	0,0000	1	0	0	0			
w4	0	-0,1029	0	1	0	0			
w5	0	-0,8971	0	0	1	0			
								g Flujo carga	%Sb
							w	62,3	6,23
	1,076	0,111	0,000	0,000	0,000	62,30	w1	67,02	6,59
	0,736	1,076	0,000	0,000	0,000	0,00	w2	45,88	54,82
	0,339	0,035	1,000	0,000	0,000	0,00	w3	21,14	2,26
	0,076	0,111	0,000	1,000	0,000	0,00	w4	4,72	26,82
	0,661	0,965	0,000	0,000	1,000	0,00	w5	41,16	62,27

Anexo 5 Consumo de reactivo en la flotación de antimonio

REACTIVO	cc/min	Kg/TM
NITRATO DE PLOMO	450	0,63
Z - 11	210	0,29
NaCN	128	0,18
MICB	14	0,20
ACETATO DE PLOMO	600	0,83
Z - 11	210	0,29
MICB	14	0,2
BISULFITO DE SODIO	300	0,42
NaOH	140	0,19

Anexo 6 Localización del CIyDTM



“ESTIMACIÓN DE LA FLOTACIÓN DE MINERALES SULFURADOS
PARA LA CONCENTRACIÓN DE ANTIMONIO PROVENIENTE DEL
DISTRITO DE GORGOR A NIVEL LABORATORIO, 2019”

.....
Dr. Alberto Irhaam Sánchez Guzmán

Presidente

.....
M(o) Juan Manuel Ipanaqué Roña

Secretario

.....
M(o) Ronald Fernando Rodríguez Espinoza

Vocal

.....
Dr. Berardo Beder Ruiz Sánchez

Asesor