



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

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



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es: **“Influencia de la concentración de los espumantes F-210 y F210D en la flotación de sulfuros de plomo con colector Z-11”**

Presentado por: **CONISLLA QUISPE YULIANA YAMIYE**

Autor del Proyecto de Tesis del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de **INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**. El Resultado obtenido es 5% (PORCENTAJE DE SIMILITUD) por lo cual, se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

El porcentaje de similitud es menor del 20%, establecido como máximo por Reglamento de Evaluación de originalidad.

Ica, 14 de junio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA
CAMBIA EL MUNDO CON LA INVESTIGACIÓN



Dra. ROSA LIZA GALINDO PASACH
DIRECTORA (e)

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUÍS GONZAGA”
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**



Título:

Influencia de la concentración de los espumantes F-210 y F210D en la flotación de sulfuros de plomo con colector Z-11

Línea de investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles.

Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

AUTOR(A): CONISLLA QUISPE YULIANA YAMIYE

ASESOR(A): ING. FELICES VIZARRETA LESLIE

ICA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Quiero empezar dedicándole este presente estudio a mis queridos Padres, por el esfuerzo que hicieron para apoyarme en mis estudios y por siempre alentarme a no rendirme. Gracias por enseñarme a afrontar todas las dificultades sin perder nunca mi objetivo.

Además, también se lo dedico a mi abuelo, por estar siempre conmigo durante este proceso tan largo. Me enseñó muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen sendero.

También quiero dedicarles este trabajo a mis abuelos queridos, quienes, aunque no estén físicamente presentes, sus enseñanzas siguen guiándome día a día.

Los extraño profundamente y mi corazón aun llora por su ausencia, pero sé que están orgullosas de mi desde donde están.

AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento a Dios el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo, me a guiado y me a dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por todo el esfuerzo que hicieron para que pueda cumplir mi meta de terminar mi carrera, además de sus consejos brindados y sus valores.

Le agradezco a mi asesor(a) por brindarme su apoyo y paciencia para realizar la Tesis. Gracias por su guía y todos sus consejos, lo llevare grabado para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Además, quiero agradecer a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Química quienes me enseñaron a lo largo de la carrera, me brindaron sus conocimientos y en su momento me aconsejaron.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA	01
DEDICATORIA	02
AGRADECIMIENTO	03
ÍNDICE DE CONTENIDOS	04
ÍNDICE DE TABLAS	05
ÍNDICE DE FIGURAS	06
RESUMEN	08
ABSTRACT	09
I. INTRODUCCIÓN	10
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	12
2.1. Antecedentes.	12
2.2. Marco teórico.	15
2.2.1. Espuma y espumantes para flotación.	15
2.2.2. Plomo y flotación de sulfuro de plomo.	25
2.3. Marco conceptual.	30
2.4. Estrategia metodológica	32
2.5. Procedimiento experimental	33
III. RESULTADOS.	41
IV. DISCUSIÓN.	56
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES.	59
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	60
VIII. ANEXOS.	61

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1. Análisis químico del mineral.	42
Tabla 3.2. Análisis mineralógico cualitativo del mineral.	43
Tabla 3.3. Resultado de la moliendabilidad del mineral.	44
Tabla 3.4. Condiciones de flotación del mineral para establecer la concentración adecuada del colector Z-11.	45
Tabla 3.5. Determinación de la concentración del colector xantato Z – 11.	46
Tabla 3.6. Condiciones para la flotación del mineral empleando los espumantes F-210 y F-210D.	47
Tabla 3.7. Flotación del plomo con el espumante F-210 (20 mg/L)	48
Tabla 3.8. Flotación del plomo con el espumante F-210 (30 mg/L)	49
Tabla 3.9. Flotación del plomo con el espumante F-210 (40 mg/L)	50
Tabla 3.10. Flotación del plomo con el espumante F-210 (50 mg/L)	51
Tabla 3.11. Flotación del plomo con el espumante F-210 (60 mg/L)	52
Tabla 3.12. Plomo recuperado en la flotación por espuma empleando diversas concentraciones de espumante F-210	53
Tabla 3.13. Flotación del plomo con el espumante F-210D (20 mg/L)	54
Tabla 3.14. Flotación del plomo con el espumante F-210D (30 mg/L)	55

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía de la espuma.	16
Figura 2. Imagen de la espuma líquida.	16
Figura 3. Mecanismo de un espumante.	18
Figura 4. Estructura de la molécula de espumante y su disposición en la burbuja.	19
Figura 5. Adhesión selectiva del mineral a la superficie de la burbuja.	20
Figura 6. Película de líquido alrededor de la burbuja.	21
Figura 7. Mecanismo de ascenso de la burbuja y el arrastre del agua.	23
Figura 8. Mecanismos de arrastre de partículas.	24
Figura 9. Galena en combinación con otros minerales.	27
Figura 10. Galena con calcopirita.	27
Figura 11. Proceso de la flotación por espuma.	28
Figura 12. Espuma en la parte superior de la celda de flotación.	29
Figura 13. Pellets de xantato isopropílico de sodio.	30
Figura 14. Estufa de secado con termostato regulable.	36
Figura 15. Balanza analítica.	37
Figura 16. Chancadora de quijadas de laboratorio.	38
Figura 17. Molino de bolas de laboratorio.	39
Figura 18. Celda de flotación Denver.	40

RESUMEN

La presente investigación titulada “**Influencia de la concentración de los espumantes F-210 y F210D en la flotación de sulfuros de plomo con colector Z-11**” es un estudio de diseño experimental y de tipo aplicativo en la cual se ha hecho un estudio sobre la concentración del espumante y su influencia en el colector durante la flotación por espuma en la que se recupera el sulfuro de plomo (galena). Se ha empleado una muestra mineral constituida por sulfuros de cobre, hierro y plomo, para cuyo tratamiento se han empleado reactivos depresores específicos como el cianuro de sodio y el óxido de calcio los cuales deprimen el cobre y las piritas aislando el sulfuro de plomo que es recuperado. De los dos reactivos espumantes empleados el F-210D es el que ha mostrado un mejor comportamiento junto con el colector Z-11, habiéndose reportado que con 30 mg/L del reactivo espumante se ha recuperado el total de plomo que posee la muestra que es de 24,7 g lo que significa un rendimiento del 100%.

PALABRAS CLAVES: Espumante, flotación por espuma, colector.

ABSTRACT

The present investigation entitled "Influence of the concentration of the foaming agents F-210 and F210D on the flotation of lead sulfides with a Z-11 collector" is an experimental design study and an application type in which a study has been made on the Froth concentration and its influence on the collector during froth flotation in which lead sulfide (galena) is recovered. A mineral sample made up of copper, iron and lead sulphides has been used, for whose treatment specific depressant reagents such as sodium cyanide and calcium oxide have been used, which depress the copper and pyrites, isolating the lead sulphide that is recovered. Of the two foaming reagents used, the F-210D is the one that has shown the best behavior together with the Z-11 collector, having reported that with 30 mg/L of the foaming reagent, the total amount of lead in the sample has been recovered. of 24.7 g which means a yield of 100%.

KEY WORDS: Frother, froth flotation, collector.

I. INTRODUCCIÓN

En el proceso de flotación, los espumantes son reactivos que permiten la formación burbujas cuya superficie acuosa (film) sea delgada y permita que los minerales hidrofóbicos (sulfuros) floten adheridos a su superficie y a la vez deje que los minerales que constituyen la ganga drenen (se separen de ella) y cuando estas burbujas empiecen aglomerar van a formar la espuma estable con el objetivo de poder retener a los minerales que se encuentren en la superficie de la pulpa, manteniendo una densidad que sea adecuada para que esté presente la fluidez requerida para eliminar el aire, permitiendo el drenaje del agua y la separación del sólido que constituye el concentrado. Además, la espuma que se forma debe de ser muy persistente a fin de que las burbujas se rompan volviendo a formar otras burbujas, esto permite que el agua en exceso drene junto con la ganga regresando de esta manera a la pulpa y siendo luego retirada como relave. El reactivo espumante que se selecciona para un determinado proceso de flotación por espuma, debe permitir la formación de burbujas con una película líquida lo suficientemente delgada con el fin de que no arrastren lo menos posible de agua, constituyendo de esta manera lo que se llama espumas secas, las mismas que captan menos ganga, son más selectivas, son menos estables y persistentes, lo que favorece el drenaje del agua y la ruptura de las burbujas (la destrucción de la espuma) de manera más rápida dejando libre el sólido (concentrado). La investigación del comportamiento y propiedades de los reactivos espumantes F 210 y F210D a determinadas concentraciones tiene como finalidad establecer como influye ello en la flotación de sulfuro de plomo.

Planteamiento del problema.

La flotación de sulfuros es un proceso muy complejo en el cual no se pueden dosificar reactivos sin ningún tipo de criterio o estudio, sobre todo cuando el mineral a tratar es un polimetálico, un papel importante juegan los colectores los espumantes y los depresores, es indispensable que exista una cierta compatibilidad en los reactivos para que la flotación se realiza eficientemente El empleo del colector xantato Z-11, en la flotación de algunos sulfuros se debe a que es un colector muy usado en la recuperación del cobre, plata, plomo, también en el tratamiento de minerales complejos como plomo-zinc, y cobre-hierro en los que los principales minerales son los sulfuros como la calcopirita, calcocita, enargita, galena, esfalerita, marmatita, pirita y pirrotita, se usa en una concentración entre 0,025 y 0,140 kg/Tn; pero el comportamiento de este xantato varía en cierta forma cuando interactúa con otros reactivos como los espumantes, por ello en la presente investigación se plantea el estudio de la compatibilidad de los espumantes F210 y F210D estableciendo primeramente los parámetros adecuados para su empleo con el Z-11 y luego el

rendimiento y particularidades de los resultados obtenidos con respecto a la recuperación del plomo en el concentrado.

Problema general:

¿Cuál es la influencia de la concentración del colector Z-11 con espumante MIBC y de los espumantes F-210 y F210D con colector Z-11 en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación?

Problemas específicos:

- a. ¿Cómo influye la concentración del colector Z-11 con espumante MIBC en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación?
- b. ¿Cómo influye la concentración del espumante F210 con colector Z-11 en el rendimiento del sulfuro de plomo durante la flotación?
- c. ¿Cómo influye la concentración del espumante F210D con colector Z-11 en el rendimiento del sulfuro de plomo durante la flotación?

Objetivo General.

Determinar la influencia de la concentración del colector Z-11 con espumante MIBC y de los espumantes F-210 y F210D con colector Z-11 en el rendimiento de sulfuro plomo durante la flotación.

Objetivos específicos.

- a. Evaluar la influencia de la concentración del colector Z-11 Con espumante MIBC en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.
- b. Evaluar la influencia de la concentración del espumante F-210 con colector Z-11 en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.
- c. Evaluar la influencia de la concentración del espumante F-210D con colector Z-11 en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.

Hipótesis general.

La concentración del colector Z-11 con espumante MIBC y los espumantes F-210 y F210D con colector Z-11 influye en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.

Hipótesis específicas:

- a. La concentración del colector Z-11 con espumante MIBC influye en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.
- b. La concentración del espumante F-210 con colector Z-11 influye en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.
- c. La concentración del espumante F-210D con colector Z-11 influye en el rendimiento de sulfuro de plomo durante la flotación.

Variables:**Variable independiente:**

Concentración de los espumantes F210, F210D y MIBC y del colector Z-11

Variable dependiente.

Rendimiento de sulfuros de plomo durante la flotación.

Justificación e importancia de la investigación.**Justificación teórica:**

Desde el punto de vista teórico la presente investigación se justifica porque se abordará el estudio de la compatibilidad de dos espumantes específicos como es el caso de F210 y F210D trabajando en conjunto con el colector xantato Z-11, para evaluar su rendimiento en la flotación del sulfuro de plomo. A partir de las pruebas experimentales se elaborará el fundamento teórico sobre la actividad conjunta de estos reactivos, la cual no existe en manuales ni textos sobre flotación de minerales.

Justificación metodológica:

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se justifica porque hará el diseño de la investigación para establecer los parámetros adecuados para el uso de los espumantes F210 y F210D, junto con el xantato Z-11 en la flotación de los sulfuros de plomo y lograr la máxima recuperación del metal en el concentrado

Justificación práctica:

Desde el punto de vista práctico, la presente investigación se justifica porque permitirá a nivel laboratorio establecer concentraciones, tiempos y rendimientos que luego serán escalados a nivel industrial para poder utilizar estos reactivos en los procesos industriales.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Antecedentes.

J. Chique [1] realizó una investigación titulada “Estudio de efecto espumante de lignosulfonatos en flotación“. En donde los polímeros que presentan es de alto peso molecular, empleando la técnica de generación de espuma; en dicha técnica entra la medición de la tensión superficial, la recuperación del agua y el índice de dinámico de espuma. Los lignosulfonatos que conformaron parte del estudio es CaLS, NaLS y KLS. De acuerdo con los ensayos realizados se conoció que dichas sustancias presentaban actividad espumante, lo que indica que la actividad superficial varía según el pH que se seleccionó. En caso del lignosulfonato de sodio, presento un valor más alto de índice dinámico de expansibilidad a comparación de otros lignosulfonatos. Las sustancias que formaron parte del estudio que fueron ensayadas, presentaron una capacidad para poder cambiar el tamaño de las burbujas. De acuerdo con las pruebas de flotación, señalan que los lignosulfonatos de sodio y de lignina Kraft eran los que presentaban mayor capacidad espumante, mayor tamaño en la burbuja y mayor espumabilidad.

W. Kracht [2] realizó una investigación titulada “Estudio del efecto del tipo y concentración de espumante en la selectividad del proceso de flotación a escala laboratorio”, el cual consta de los efectos que causa los espumantes en base a la recuperación del agua y la recuperación por arrastre de partículas hidrofílicas en una celda de flotación a escala laboratorio. Se realizaron diversos ensayos con espumantes como el polietilenglicoles y alcoholes; al inicio se realizó sin partículas con la finalidad de determinar las características del sistema y después se realizó con las partículas hidrofílicas de cuarzo. Se presentaron algunas diferencias del comportamiento entre el polietilenglicoles y los alcoholes, además se pudo comprobar que los polietilenglicoles retenían más agua a diferencia de los alcoholes. En el proceso de recuperación por arrastre, se conoció que los alcoholes comprendían muchas más partículas sólidas en el proceso de concentrado. Al realizar la evaluación de los factores de arrastre se determinó que fueron los alcoholes los que presentaban mayor capacidad a diferencia de los polietilenglicoles.

M. Allendes [3] en su investigación “Implementación de una metodología para selección de espumantes de flotación”. Realizaron ensayos los cuales fueron en condiciones de presencia de sin sólidos y de solidos con la finalidad de realizar mediciones espumante-liquido como determinar la medición de la tensión superficial, conocer el índice dinámico de esfumación, además también se efectuó mediciones en el sistema de líquido-

espumante-sólido. De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que la presencia de los sólidos es un factor importante para la estabilidad de la espuma y que los reactivos que participaron en las celdas de flotación presentaron mejores propiedades espumantes. Asimismo, se conoció que el índice dinámico de la espumación no es lo suficientes para calcular las propiedades del espumante.

I. Molina [4] en su investigación titulada “Estudio del efecto de la aplicación de espumantes en el proceso de flotación de mineral mixto de cobre“. Utilizo el reactivo de DF400 el cual ayudara a controlar la actividad espumante del reactivo. Para determinar la efectividad que presenta el espumante se realizaron ensayos de espumabilidad al igual que la distribución de diámetro de las burbujas las cuales son semejantes a las que se emplean en la industria metalúrgica. Se pudo demostrar que la salinidad es la variable que más influye en la espumabilidad en un 93%, en donde disminuye en un 20% cuando se tiene la presencia de sólidos. Llegando a la conclusión que, si existe una relación lineal entre la altura de la espuma y la ley del metal, siempre y cuando se trabaje con una mezcla de DF400-MIBC en agua de mar.

J. De La Rosa [5] en su investigación “Flotación selectiva de minerales sulfuros de plomo-zinc en presencia de reactivos naturales del tipo quebracho“. El autor en su estudio utilizo un depresor el quebracho como reactivo, en donde de acuerdo con ensayos elaborados cumple su función igual que un depresor comercial; este depresor va a separar el cuarzo de la misma forma en que lo separa el dióxido de calcio. El investigador concluye que el depresor el quebracho es una sustancia netamente natural, la cual no es toxica y no contamina; además que permite recuperar un 20,83% del plomo y un 80,83% del zinc, utilizando 20 mg/L de concentración de quebracho.

Antecedentes nacionales.

F. Barnachea [6] desarrollo una investigación titulada “Liberación de minerales sulfurados para la concentración por flotación de menas polimetálicos a nivel experimental en la empresa minera“. En donde el mineral se sometió a una preparación física en una planta minera Pargsha. La muestra que se empleó paso por varios procesos: chancado, molienda el cual fue húmeda y ahí se dosificaron la reacción con la finalidad de recuperar ambos metales en una flotación bulk. en el circuito rougher y scavenger. Obteniendo como resultado que en el concentrado de bulk para una ley de cabeza de 1.46% de Pb, 0.65% Zn, 18.15% Fe, 156 g/t Ag, 0.04% PbOx, 0.02% ZnOx,

C. Ramos [7] realizó una investigación titulada “Estudio comparativo de espumantes F501, AF68, H508 aplicados al proceso de flotación de minerales sulfurados, para la optimización de la recuperación de cobre, en la planta concentradora Antapaccay “. La

cinética y la flotación fueron las pruebas de flotación que se realizaron en la etapa de rougher. Se obtuvo que el 94,97% se recuperó mediante el espumante F501 dosificado en un peso de en un peso de 42.323 g/TM. De la misma forma se realizaron los ensayos con los demás reactivos espumantes, en donde se conoció que los resultados no eran óptimos es decir eran pobres y no se tomaron en cuenta. Se concluye que en ese momento se logró recuperar el 88% empleando en espumante F501 el cual se pudo aumentar hasta en un 6%.

W. Noreña [8] llevo a cabo una investigación el cual se titula “Influencia del Colector Flottec 8020 para mejorar la calidad del Concentrado de la Flotación Bulk en la Empresa Minera Nexa Resources”. En donde presento un rendimiento menor a los estándares de recuperación del concentrado del cobre y del plomo. Se realizaron varios ensayos en el estudio para poder determinar la dosificación necesaria que requiere el colector, con la finalidad de recuperar en porcentajes rentables el metal para la empresa. De acuerdo con los reportes obtenidos, se indica que el AEROPHINE es un colector inadecuado para la recolección del cobre y del plomo. De acuerdo con el resultado obtenido en el estudio, se realizó el ensayo con el colector “FLOTTEC 8020” para poder determinar los parámetros para los reactivos empleados en el circuito de flotación de Bulk. Se conoció que Flottec 8020 al realizarse las pruebas experimentales presenta un mayor rendimiento en lo que es la recuperación del cobre y del plomo.

N. Farfán y C. Huaracallo [9] llevaron a cabo una investigación titulada “Optimización del proceso de concentración por flotación de sulfuros de plomo con presencia de óxidos de plomo, utilizando la sulfurización en la concentradora de la minera Bateas”. Se realizaron diversos ensayos teniendo presente los parámetros como la concentración del colector, la densidad de la pulpa y el espumante. Se conoció por medio de los ensayos la recuperación del 87,94% del plomo con una densidad de agua sw 1250 g/l. En el ensayo se utilizó un mineral malaquita, sulfuros y óxidos de cobre; y en el mineral no metálico contiene pirita, limonita, cuarzo es decir tiene flotables con una ley de Pb de 5.94%. El tiempo de molienda fue de aproximadamente 12 minutos, con una flotación de 8 minutos, densidad de Pulpa 1250 g/mL, Cantidad de colector AR242 de 0,1g/TM y pH 8, 5.

C. Alvarado y O. Plasencia [10] en su investigación titulada “Influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera Occidental 2 de Cajamarca”. Dichos ensayos se realizaron en una celda de flotación (modelo Denver D-12), en donde se utilizo como mineral un 14,83% de zinc y 4.46 de plomo; y una malla de .200. Se determino que sin emplear el colector se pudo recuperar un 32,45% del plomo,

pero si se utiliza la cantidad necesaria de colectores se puede llegar a recuperar hasta un 50,58% de plomo; en cuanto al zinc se recuperó 49,39 sin recolector y un 56,40% con recolector. Estos resultados se verifican por medio de un análisis de varianza con una confianza del 95%.

A nivel local.

En las universidades de la ciudad de Ica, no se ha encontrado repositorios sobre el tema propuesto en esta investigación.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Espuma y espumantes para flotación.

2.2.1.1. Espuma.

La espuma es una sustancia el cual se conforma por burbujas de aire retenidas en un líquido o en un sólido, en donde una de sus características es que el volumen del gas va a ser mayor que el volumen del sólido y que forman finas películas las cuales separan las burbujas [2]. En la burbuja se podrán encontrar paredes de películas delgadas que es por donde pasa la solución que se producen cuando se inyecta un gas, además la espuma es un grupo de burbujas que están agrupadas y forman unas estructuras de geometría. Para que se forme la burbuja, primero tiene que haber un trabajo mecánico para que exista un movimiento caótico, generando un volumen mayor de gas a líquido también puede ser inyectando gas a presión en el volumen del líquido; el segundo paso son los componentes que se encuentran activos en la superficie el cual reduce la tensión superficial del líquido y por último la espuma debe formarse con mayor rapidez y descomponerse lentamente [4].



Fig. 1. Fotografía de la espuma [6]



Fig.2. Imagen de la espuma líquida [4]

Las espumas una vez que están fuera del equilibrio termodinámico desaparece a causa de la desaparición de las fases. La espuma tiene 3 fases, las cuales son el drenaje, el coarsening y la coalescencia o colapso [3].

Drenaje

En la primera fase cuando ya se encuentra formada la espuma, el líquido que se encuentra en la parte superior inicia drenaje hasta que se vuelve espuma seca. De esta forma se elabora un perfil vertical del líquido el cual está en un estado metaestable [4].

Coarsening

También conocido como proceso de desproporción, se presenta cuando se genera el cambio de burbujas en la espuma, en las presiones internas es donde se conduce al paso del gas desde aquellas burbujas que tienen presiones altas hasta las que tienen presiones bajas. Dicha transferencia se genera por medio de una fina película la cual los separa, de esta forma el tamaño de una burbuja va a aumentar continuamente [4].

Coalescencia y Colapso.

Se sabe que la espuma líquida no tiene mucho tiempo de duración por el motivo que las películas se van rompiendo de forma continua y las burbujas van menorando su tamaño de mayor a menor, lo que conlleva a que se destruya la espuma. El motivo del cual colapsa la espuma es por varios factores como los cambios térmicos, que exista presencia de polvo, algún drenaje del líquido; además el que se evapore la espuma hace que se adelgace la película y por ende se vuelva más inestable [4]

2.2.1.2. Espumantes.

Los espumantes se encuentran dentro de los reactivos que se utilizan en la flotación de los minerales, los cuales se añaden a la pulpa con la finalidad de retener el gas utilizado formando burbujas en la superficie; estos son llevados hasta la superficie en donde se agrupan con el material y después se separa como concentrado [3].

El espumante presentan superficies activas y carácter heteropolar, los cuales al emplearse se forma una espuma estable, las burbujas se vuelven adecuadas para poder transportar el mineral con dirección al concentrado. Al presentar como característica heteropolar va a hacer que la espuma ayude a reducir la tensión superficial del agua [5].

La burbuja le brinda una estabilidad al espumante, provocando que estas choquen entre ellas y se coalescencia, esto genera que en el proceso de flotación la adsorción sea mayor y por ende mayor sea la recuperación de los sulfuros metálicos. Para que la burbuja se vuelva estable, la molécula del espumante se va a absorber en la película liquida la cual se forma por el agua con su parte no polar orientada hacia el gas (aire) [5].

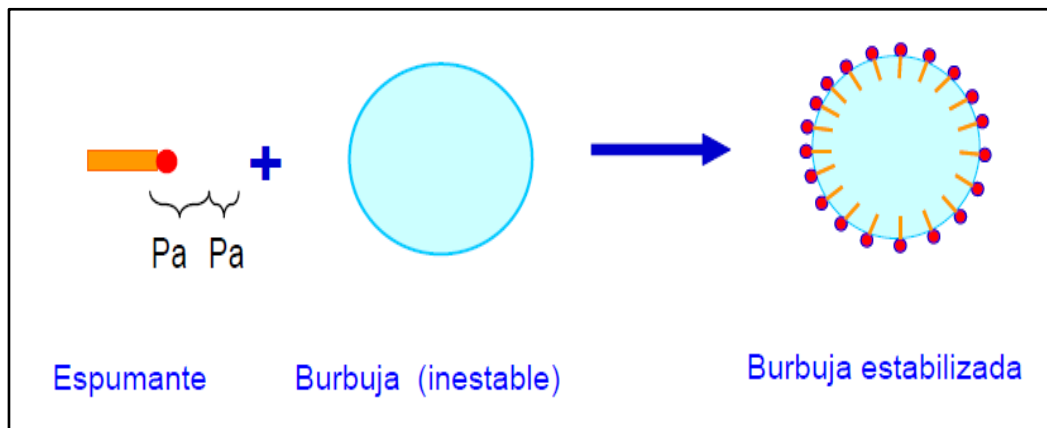


Fig. 3. Mecanismo de un espumante [4]

La molécula de la espuma se conforma por 2 partes, una de ellas es no polar conformada por el radical orgánico y la otra parte es la polar conformada por grupos polares.

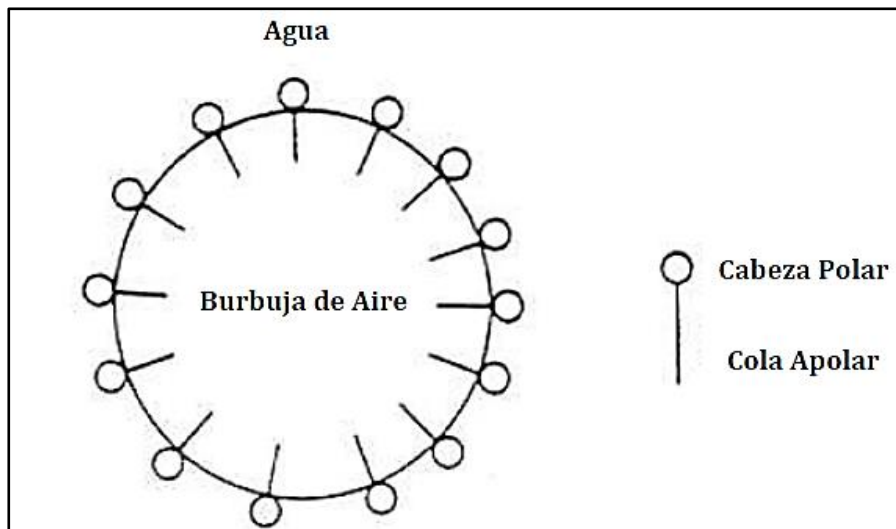


Fig. 4. Estructura de la molécula de espumante y su disposición en la burbuja [4]

Cabe resaltar que en el sector industrial se utilizan dosificaciones las cuales son de 5 hasta 25 gramos por toneladas de acuerdo de la naturaleza del mineral a emplear. Los motivos por los cuales se añaden dichos reactivos a la pulpa es para poder alcanzar una estabilidad en la espuma, para optimizar la cinética de interacción burbuja-partícula, además también para reducir el choque entre las burbujas, para descender la tensión de la superficie, para regular la velocidad del ascenso de las burbujas y para aumentar la resistencia de la burbuja [5]:

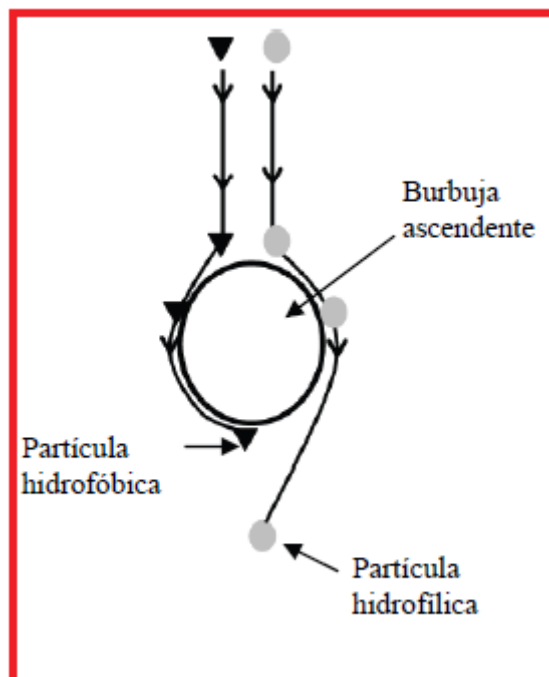


Fig. 5. Adhesión selectiva del mineral a la superficie de la burbuja [6]

Lo espumantes en las burbujas, se emplea para reducir su tamaño e impedir que estas choquen entre ellas cuando se forman en el interior de la pulpa, la cual puede generar una coalescencia. Dicho efecto es aquella que le brinda la estabilidad a la burbuja permitiendo que la espuma que se forma pueda retener el mineral en la superficie [6].

Cuando se estabiliza la espuma, aparte de que ejercer la acción espumante también lo hace el equipo generar de burbujas; este equipo es diseñado especialmente para generar burbujas de un diámetro pequeño y se distribuye de forma uniforme en donde se va a ir fortaleciendo por medio de la acción del espumante generando varios fenómenos fisicoquímicos [5].

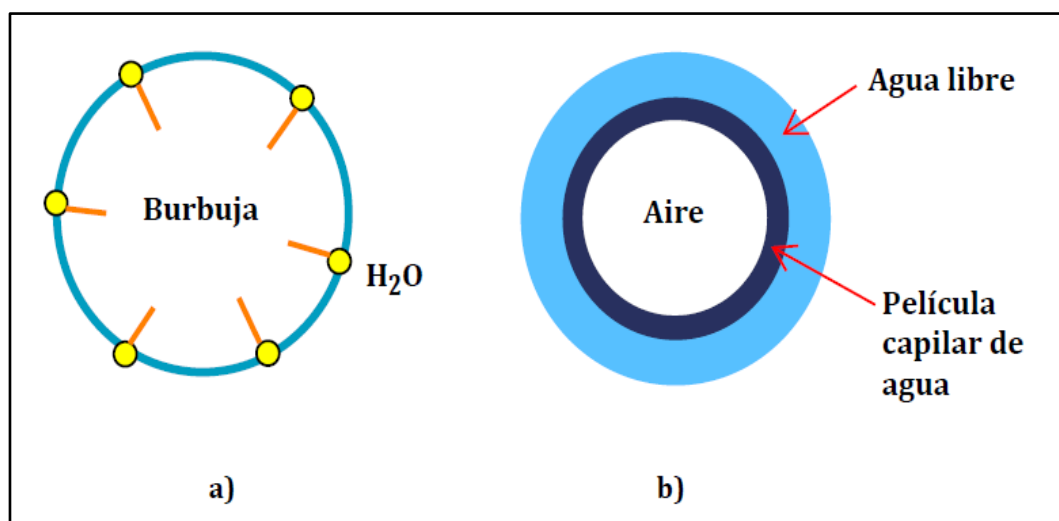


Fig. 6. Película del líquido alrededor de la burbuja. En la opción a) se observa los puentes de hidrogeno en las moléculas de agua y las de espumas absorbidas. En la opción b se visualiza la capa de agua, el cual se encuentra sobre la burbuja [6].

El adelgazamiento que se presenta en la película líquida en los bordes de la burbuja es por 3 mecanismos, los cuales son [7]:

- Elasticidad de Gibbs: En este mecanismo el espumando que se ha absorbido se va a reducir cuando aumente la superficie, de esta forma la tensión superficial aumenta.
- Viscosidad dilacional: Cuando el espumante se diluye genera un desequilibrio en la concentración, es decir el espumante se absorbe y se difunde restableciendo la tensión superficial local.
- Efecto Marangoni: el fluido que se genera por la deformación de la película y de la generación de los gradientes se genera al restablecer las condiciones iniciales.

Clasificación de espumantes

Se conoce que en la industria para la elección de los reactivos espumantes se tiene presente algunas características que se cumplen para alcanzar una flotación eficiente, estas características son [4]:

- Una característica principal que debe cumplir es que la espuma puede lograr la separación del mineral que se desea recuperar.
- Además, la espuma deber presentarse estable para poder soportar el peso que presenta el mineral y a su vez debe ser muy ligera para poder moverlo hasta la superficie de la pulpa.
- Debe cumplir con forma una espuma persistente, en donde aquellas burbujas que se rompen se puedan volver a formar, dando paso a que se drene el agua y la ganga.
- Asimismo, al presentarse variaciones del pH este no debe verse afectado, además estos deben ser a un costo menor y no debe de contaminar el medio ambiente.
- Por último, no debe ser colector [5].

Alcoholes:

Se le define como aquellos alcoholes que presentan una característica de espumas débiles por lo que se tienen una actividad débil, además su espuma es poco estable, con mucha dificultad pueden retener el agua y por ende es de baja resistencia.

Poliglicoles:

Este espumante esta agrupado con sustancias que tienen diferentes estructuras al igual que diferentes pesos moleculares. Además, cuando el peso del espumante incrementa también se incrementa la recuperación del agua.

Ejemplo: Dowfroth 250, $(\text{CH}_3(\text{PO})_4\text{OH})$, donde PO representa al óxido de propileno $(\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{O})$.

Las espumas suelen ser de 2 tipos, según el espesor de la película de las paredes de las burbujas: la primera es la espuma de burbuja de película delgada, estas se diferencian porque tienen menos agua, no es tan estable y además es persistente; como segundo tipo se tiene a la espuma de burbuja de película gruesa en donde sus características son todo lo contrario que la primera, ya que es más húmeda, es más estable y persistente.

Las burbujas y la flotación de minerales.

Se le define a la flotación al proceso en donde se puede recuperar aquellas partículas que están capturadas por burbujas de aire, se conoce que hay 2 mecanismos para que el mineral pueda llegar hasta la espuma, estos mecanismos se llama flotación verdadera y la flotación arrastre [6]

El proceso selectivo, se le conoce como la flotación verdadera en donde las partículas hidrofóbicas se juntan a las burbujas de aire y este empieza a subir hasta las zonas altas de la pulpa logrando formar el concentrado de la espuma que desaparece.

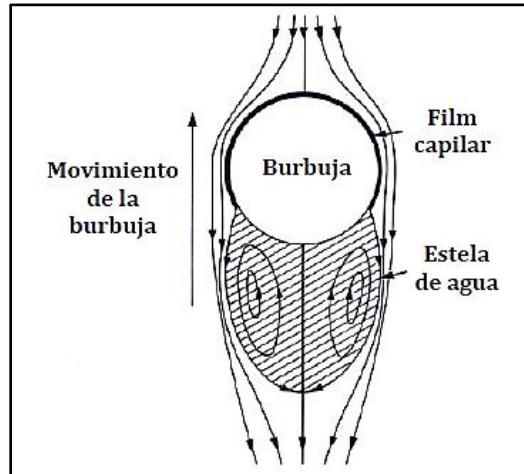


Fig.7. Mecanismo de ascenso de la burbuja y el arrastre del agua [6]

En cuanto al fenómeno de arrastre, va a depender de la forma y del tamaño que presente la partícula que se está arrastrando, se conoce que las partículas que se emplean en este proceso son partículas finas y que su tamaño no sea mayor a la malla #100, en cambio si las partículas fueran más pequeñas están se separarían de la burbuja y se iría hasta el fondo de la flotación.

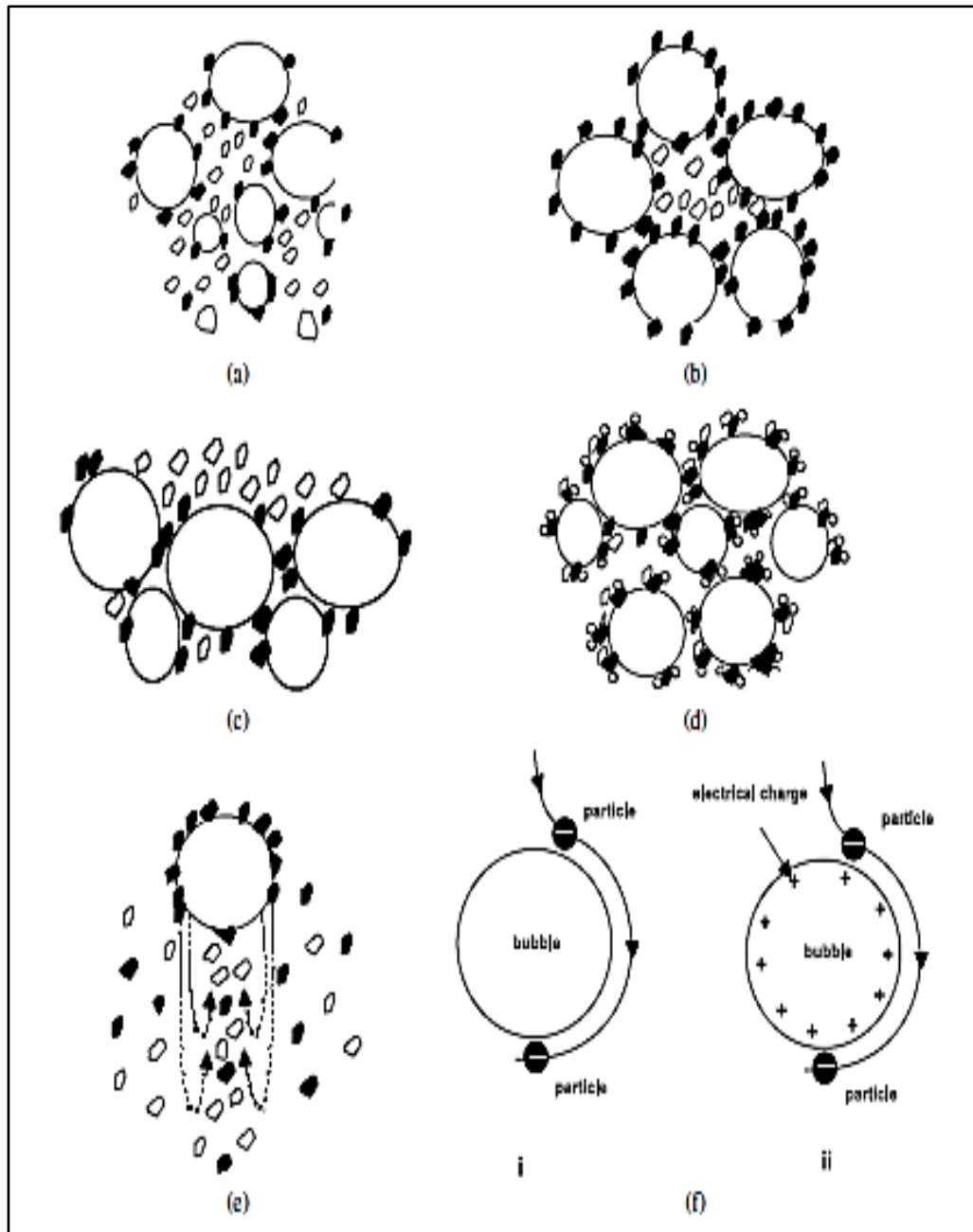


Fig. 8. Mecanismos de arrastre de partículas.

A pesar de que se conoce que cuando se tiene un buen espumante este no se ve afectado por el pH de la pulpa, pero a pesar de esto es importante porque la eficiencia de su actividad va a depender de su pH.

Se conoce que los básicos como espumantes, son aquellos que generan una mayor cantidad de espumante y también se vuelve más estable cuando el pH de la pulpa se encuentra entre 8 a 14 de rango.

Se conoce que los ácidos presentan una mejor propiedad del espumante, entre ellos tenemos a los fenoles, el crisol, el aceite fenólico, entre otros.

Los neutros, son aquellas soluciones utilizadas en gran mayoría en las industrias metalúrgicas ya que estos dependen del pH de la pulpa y se clasifican en 3 tipos:

- a. Aquellas que se conforma por alcoholes aromáticos y alicíclicos.
- b. Aquellos que se conforman por alcoholes alifáticos, los cuales son sustancias individuales.
- c. Aquellos reactivos que presentan sustancias con enlaces de polipropilenglicosles, entre otros.

Aquellos espumantes que son de los frother se le conoce comercialmente con la inicial **F**, entre ellos el **F-210** y el **F-210D**

El frother F-210, se le diferencia porque tiene propiedades selectivas cuando se emplea en el uso de concentraciones, también se utiliza en la flotación diferencial como el zinc, la plata o el plomo, además también polimetálicos como lo es el zinc, el cobre, la plata, la sílice y la pirita. El consumo por tonelada varía entre los 10 y 70 gramos, de esta forma se establece que cantidades mayores a ella actúa de forma negativa [8].

El frother F-210D, es mucho más selectivo que el F-210 no posee acción colectora y también es efectivo en pequeñas concentraciones. Es efectivo para minerales sulfurosos de plata-plomo-zinc-cobre-oro. Produce espumas estables y muy frágiles lo que permite removerlas de la celda de flotación con rapidez [8].

Concentración del espumante y la captación del sulfuro de plomo.

En esta investigación se ha considerado emplear los espumantes básicos que contienen principalmente alcoholes aromáticos y alicíclicos, ya que estos forman una película de agua mucho más gruesa lo cual le da mayor resistencia a la burbuja y puede transportar hacia la parte superior de la celda las partículas de sulfuro de plomo que poseen una alta densidad (7,6 g/mL), una particularidad de estos espumantes es que ellos trabajan en condiciones de alta turbulencia y además presentan una alta selectividad lo que facilita que el agua y las partículas de ganga se separen y drenen con cierta facilidad hacia la pulpa, siendo eliminadas con el relave. Debido a su gran selectividad estos espumantes actúan de manera directa con el sulfuro de plomo y en concentraciones mínimas que van desde 10 g hasta 70 g por tonelada métrica. Se ha comprobado experimentalmente que cuando se emplea un exceso de estos reactivos su actividad es negativa para la flotación de sulfuros de plomo, la selectividad se ve afectada, arrastrando ganga junto con las partículas del sulfuro contaminando el concentrado. [8].

2.2.2. Plomo y flotación de sulfuro de plomo

2.2.2.1. Sulfuro de plomo.

El sulfuro de plomo como mineral es la galena, cuya fórmula química es PbS, el cual se considera la mena del plomo al igual que es uno de los minerales que más abundan en el mundo. Una de las características de la galena es que es densa, blanda y frágil, con un brillo metálico intenso; este mineral se forma en filones hidro metales encontradas en las rocas metamórficas. Sus propiedades físicas más importantes son las siguientes [7]:

- GRUPO: Sulfuros
- COMPOSICIÓN: Plomo (86,6%) y azufre (13,4%)
- FORMULA: PbS
- COLOR: Gris plumizo
- SISTEMA CRISTALINO: Cúbico
- HÁBITO CRISTALINO: Cubos, cubos octaédricos
- DUREZA: 2,5
- FRACTURA: Subconcoidea
- EXFOLIACIÓN: Perfecta
- BRILLO: Metálico
- RAYA: Gris plumizo
- TRANSPARENCIA: Opaco
- PESO ESPECÍFICO: 7,6

Además, el mineral galeno lo encontramos en la esfalerita, en el cuarzo, en la baritina, en las rocas ígneas, también la ubicamos en las venas hidrotermales en una T° baja y en covelina.

Por otro lado, en las rocas sedimentarias se pueden encontrar como granos aislados, biotita, calizas en relación con los minerales de feldespato, y vetas. Asimismo, se la galena se deposita en las calizas puede ser en depósitos de reemplazamiento o en los espacios vacíos de la roca [7].

Una de la característica de la galena es que es un mineral que se altera de forma rápida, además el brillo metálico que tiene en superficies que están expuestos al aire libre lo transforma en un color gris opaco, y cuando se entierra este se desgasta o se oxida.

La presencia de estos minerales en campo puede revelar la existencia de galena. La galena es difícil encontrarla totalmente aislada siempre está asociada a otros sulfuros metálicos como las piritas, sulfuro de cobre y de zinc principalmente conformando los llamados minerales refractarios polimetálicos. En la industria es común tratar por flotación minerales que contienen sulfuro de plomo- sulfuro de zinc, sulfuro de plomo-sulfuro de cobre o sulfuro de plomo-sulfuros de plata.



Fig. 9. Galena en combinación con otros minerales [3]



Fig. 10. Galena con calcopirita [4]

Flotación de minerales.

La flotación de minerales consiste en concentrar los minerales, los cuales vienen de una molienda empleando una malla #-200, empleando algunos reactivos los cuales van a ejercer la acción física y química, haciendo que las partículas del mineral se puedan adherir a las burbujas y estas suban hasta la parte superior de la pulpa y se formara una espuma [3].

Cuando se realice el proceso de someter al mineral a flotación por espuma, este debe pasar primero por el proceso de chancada y posteriormente a la molienda, en donde se reduce en un 60% hasta la malla -200. Cuando el mineral ya este pulverizado, se añade

agua y las reacciones para que empiece la flotación, cada reactivo empleado debe cumplir con su función de mejorar la recuperación del metal por medio de la adhesión de las partículas del mineral [4].

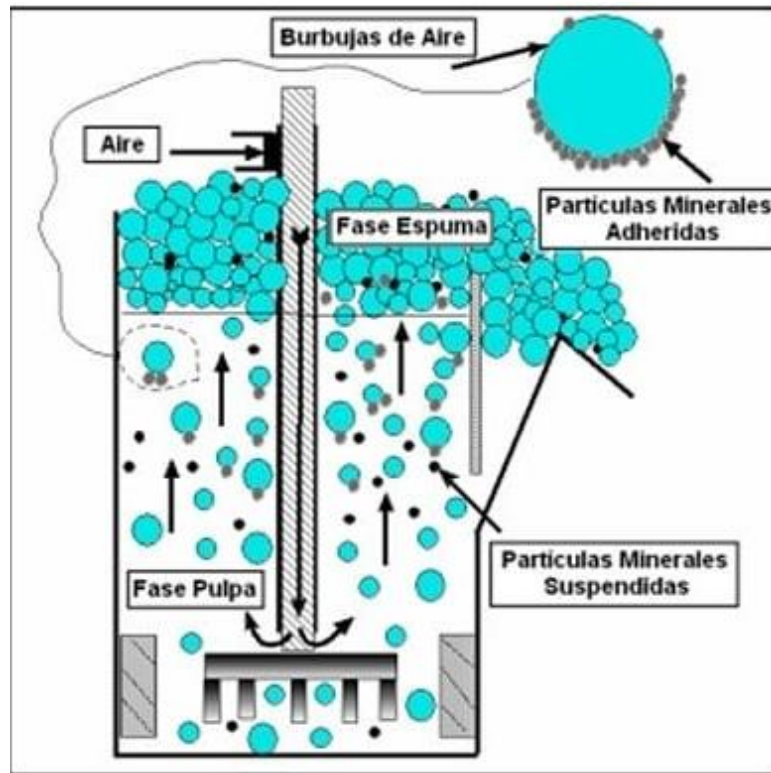


Fig11. Proceso de la flotación por espuma [7]

El objetivo de realizar la flotación es para separar las especies minerales pulverizadas, las cuales se encuentran mezcladas con el agua permitiendo que esté presente una densidad que le permite que cada partícula presente una movilidad adecuada, estas son partículas hidrofóbicas o partículas hidrofílicas. En cuanto a las partículas hidrofílicas, estas presentan una afinidad por el agua en donde la pulpa se encuentra suspendidas, en cambio las partículas hidrofóbicas son aquellas que se van a adherir a la burbuja por la falta de afinidad en el agua. [8]



Fig. 12. Espuma en la parte superior de la celda de flotación [8]

Flotación del sulfuro de plomo

Como ya se conoce el sulfuro de plomo suele estar siempre asociado a otros sulfuros como el cobre, el zinc o la plata, y para hacer la separación se utiliza algunos reactivos depresores como el Cu-Pb por flotación.

Teniendo en cuenta que los minerales de cobren son pocos y que casi todos se emplean para el NaCN ya sea de forma pura o al formar mezclas con el ZnSO₄. Además, existen otros métodos en donde se utiliza permanganatos, en el estudio presentado se va utilizar como depresor el cianuro de sodio para el sulfuro de cobre, en donde se junta con el CaO, siendo la piritita uno de los depresores fuertes [6]

Xantato isopropílico de sodio (Z-11)

Se le conoce por la formula molecular de (CH₃)₂CHOCSSNa y su fórmula química es C₄H₇OS₂Na, además el colector es una sustancia orgánica y se le conoce en la industria como Z-11. Las características que tiene esta sustancia orgánica es que es de color medio amarillento, tiene un olor a acre, otra característica es que se disuelve en el agua y es higroscópico. Además, se conoce que es muy energético como colector a diferencia de los demás xantato. Esta sustancia no es selectiva para el hierro ya que su pH de la pulpa no es mayor de 10. Se sugiere que, para la flotación de los minerales de zinc, como por ejemplo el cobro-zinc, el plomo-zinc u otros minerales refractarios de bajo ley de oro. El Z-11 presenta una dosificación que va de 10 a 100 gramos x tonelada de mineral que se va a utilizar [8].



Fig. 13. Pellets de xantato isopropílico de sodio (Z-11) [7]

2.3. Marco conceptual.

Mineral de cabeza:

Es el mineral el cual ingresa inicialmente al proceso metalúrgico.

Celda de flotación:

Se le denomina al equipo en donde se realiza el proceso de flotación de los minerales, conformado por un agitador y un tanque.

Cleaner:

Es aquella en etapa donde se logra eliminar la mayor parte de las impurezas que se presenta en las espumas de las rougher.

Concentrado:

Se le denomina al producto que forma parte del proceso de flotación, el cual se conforma por un mineral.

Concentradora.

Se le denomina a la planta en donde se recupera o se concentra los minerales.

Dosificación.

Es cuando se le agrega al proceso una cantidad determinada de un reactivo por medio de un dispositivo, la cual añade la cantidad exacta en cada unidad de tiempo.

Flowsheet:

Es aquel diagrama de flujo que se representa por medio de una gráfica de secuencias de operaciones que se realiza en un proceso.

Galena:

Es un mineral, el cual se cristaliza en forma de cubos.

Humedad.

Porcentaje en peso del agua contenido en el mineral.

Ley.

Se le denomina al porcentaje de metal que se encuentra en un mineral, el cual se expresa en porcentajes cuando es un metal básico y cuando se trata de oro u otro metal precioso se representa por toneladas.

Mineral.

Es aquella sustancia que se encuentra en la superficie y que tiene un valor económico.

Muestra.

Es aquella muestra de roca o de algún mineral, la cual contienen una misma composición química.

pH.

Es aquella concentración del ion hidrogeno con términos de potencia.

Relave:

Es aquel material el cual es el resultado de un proceso de concentración de minerales o también denominado ganga.

Rougher:

Es una etapa de frotación en donde recibe la pulpa de cabeza que procede de los acondicionadores, en donde la flota mayor es de los sulfuros valiosos.

Bulk:

Flotación en masa.

2.4. Estrategia metodológica.

La presente investigación es aplicada en tanto se plantea solucionar el problema de la compatibilidad de los reactivos que se emplean en la flotación con el fin de lograr una máxima recuperación de los metales (en este caso plomo) en el concentrado. Lo que permitirá una mejora en la producción. Por su nivel la investigación es explicativa porque busca la relación entre las dos variables de estudio y por su diseño es una investigación experimental ya que se manipula la variable independiente: concentración de los espumantes F210 y F210D. La población de estudio estuvo conformada por el mineral sulfuroso de plomo que se almacena en las canchas de minerales de las plantas

hidrometalúrgicas dedicadas a la flotación de minerales; mientras que la muestra estuvo conformada por 20 kilogramos de ese mineral, que se llevó al laboratorio para ser chancado primeramente, luego molido y tamizado para establecer la granulometría adecuada del mineral y que será tratado por flotación, en una serie de ensayos, para comprobar la compatibilidad con el xantato Z-11 y las dosificaciones adecuadas de cada uno de los espumantes para determinar cuál de ellos permite una mayor recuperación y un mejor proceso. El estudio también considera el análisis del mineral, y de los concentrados finales para determinar la ley de plomo en cada uno de ellos.

Las técnicas empleadas son las analíticas y los instrumentos los ensayos de laboratorio. Los datos obtenidos han sido seleccionados, tabulados, interpretados y discutidos de acuerdo con los datos obtenidos en cada uno de los ensayos.

2.5. Procedimiento experimental.

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.

Dicha recolección de muestras se realizó en la planta Victoria, en la cancha de minerales; la cual se encuentra en la Pampa Caballa al sur de Nazca. Esta planta de hidrometalurgia es una procesadora de sulfuros de cobre. En donde el mineral con el que se trabaja en estas canchas no es uniforme, es decir, no son exclusivamente sulfuros de plomo, hay entre estos sulfuros de cobre y de zinc además de pirita, por lo que fue necesario hacer una selección de minerales que tienen sulfuro de plomo y de cobre en concentraciones predominantes. De este mineral se tomó una muestra de 50 kg. la cual se dedica a la flotación de minerales de cobre. Se recogió un total de 50 kg de dicho mineral. Las muestras se colocaron sacos de rafia de 10 kilogramos y posteriormente se cerraron para llevarlo hasta la Facultad de Minas y Metalurgia en donde se sometió a conminución.

TRATAMIENTO FÍSICO DE LA MUESTRA.

La muestra que se empleó fue de una granulometría variada, es decir se emplearon trozos grandes y polvo fino, en donde después de poder retirar el mineral que se encontraba pulverizado se continuó con el chancado del mineral en una máquina chancadora de quijadas. Después se llevó la muestra a una molienda húmeda con el fin de obtener una pulpa granulométrica que corresponde a un 60% del mineral en malla -200. Además, una porción de la muestra se secó y se tamizó, para después separar una cantidad para el análisis del mineral.

ANÁLISIS DEL MINERAL.

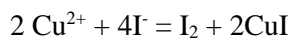
Se emplearon muestras representativas con el fin de realizar varios análisis, el cual permitió caracterizar el mineral que se empleó. Los ensayos que se llevaron a cabo son:

Determinación volumétrica de cobre en el concentrado.

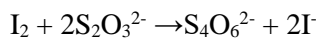
Principio

El cobre se determina mediante yodometría, el cual es un método volumétrico que se fundamenta en la cuantificación del yodo que se libera cuando reacciona el Cu^{2+} con el yoduro de potasio en un medio tenuemente ácido, empleando como reactivo titulante el tiosulfato de sodio:

El Cu^{2+} cuando reacciona con el KI se reduce a Cu^+ y al mismo tiempo queda libre una cierta cantidad de yodo.



Ese yodo que se libera es titulado en una segunda etapa con tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)



Para realizar el análisis del cobre por yodometría, a parte de los equipos de protección personal, se requieren los siguientes equipos, reactivos y materiales:

- Agitador magnético y soporte universal.
- Balanza analítica de 0,0001mg.
- Plancha de calentamiento.
- Matraz de 300mL
- Fiola de 1 litro.
- Vasos de precipitados de 250mL
- Probetas graduadas de 25 y 10mL
- Dosificador de ácidos.
- Bureta de 50mL
- Imán de agitación y varilla de vidrio.

Los reactivos que se requieren son los siguientes:

- Agua desionizada o agua pura.
- Ácido nítrico de concentración 70% químicamente puro
- Ácido clorhídrico de concentración 38% químicamente puro
- Ácido sulfúrico de concentración 98% químicamente puro.
- Ácido sulfúrico al 50 % en volumen.
- Peróxido de hidrógeno de concentración 50%
- Hidróxido de amonio de concentración 30%
- Solución de hidróxido de amonio al 50% en volumen
- Solución de ácido acético glacial al 50 % puro para análisis

- Fluoruro de amonio (NH_4F) puro para análisis.
- Solución de yoduro de potasio de concentración 30 % (masa/volumen)
- Solución de almidón al 0,5 % (masa/volumen).

Para preparar el almidón primeramente se dispersa en agua fría los 0,5 g pesados y luego se agrega lentamente agua caliente hasta completar los 100mL y se hace hervir por 2 minutos.

- Solución de tiocianato de amonio al 10%
- Solución de tiosulfato de Sodio 0.05N ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- Solución de Urea al 10 %
- Cobre metálico, mínimo 99,9%
- Preparación de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,05N:
Pesar 25 gramos de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ puro para análisis en vaso de precipitado de 250mL disolver en agua desionizada, transvasar y enrasar a matraz aforado de 2 litros.

Procedimiento analítico:

- Se pesa 0,25 g de concentrado de cobre (por duplicado) y se echa a un matraz de 300 mL
- Se agrega 5 mL de ácido sulfúrico y seguidamente 10mL de ácido nítrico, finalmente agregar 10mL de ácido clorhídrico, seguidamente calentar suavemente en la plancha para eliminar vapores de nitrógeno, proseguir calentando hasta sequedad.
- Se enfría la muestra y se agrega 1mL de ácido sulfúrico al 50%; lavar con 150mL de agua desionizada las paredes del matraz.
- Se agrega 5mL de agua oxigenada al 50% y se calienta para evaporar la mitad del volumen.
- La muestra se retira de la plancha y se enfría.
- Se agrega NH_4OH 1:1 hasta que inicie la precipitación del hierro.
- Se añade 10mL de ácido acético agitando continuamente hasta la se torne marrón – rojizo.
- Se agrega 0.9 g de fluoruro de Amonio, y se agita hasta la aparición de un color celeste
- Se adiciona 10mL de yoduro de potasio al 30 % y se agitar suavemente, la solución se tornará pardo - oscuro, y se titula con tiosulfato de sodio 0,05N, empleando 5mL de solución de almidón como indicador que deberá añadirse casi al término de la titulación, donde la muestra tiene un color amarillento. La

muestra se torna azul y después al término de la titulación, entonces se agrega 5 mL de obteniéndose finalmente un color blanco lechoso.

- Tomar nota del gasto de la sustancia titulante y reportar.

Estandarización de la Solución de Tiosulfato de Sodio 0.05N.

- Se pesa 0,1g de cobre Electrolítico.
- Se ataca con 10mL de HNO₃ concentrado.
- Se calienta hasta que adquiera una consistencia pastosa.
- Se enfría y se lavan las paredes del matraz con agua desionizada hasta 150mL y 10mL de urea.
- Calentar para evaporar el líquido hasta 100 ml aprox. Enfriar y titular y hacer el cálculo del factor.

$$f = \text{Peso de cobre electrolítico}(g) / \text{Gasto de tiosulfato}(mL)$$

Donde

f: Factor de la solución de tiosulfato de sodio.

Cálculo para la determinación de Cobre

$$\% Cu = [(Vg \times f) / Wm] \times 100$$

Donde:

Vg: Volumen tiosulfato de sodio gastado (ml).

Wm: Peso de la muestra (g)

f: Factor del Na₂S₂O₃.5H₂O (g de Cu metálico / ml de Na₂S₂O₃.5H₂O gastado)

Determinación volumétrica de Plomo en concentrado de Plomo

Principio del método analítico

Según este método primeramente se precipita el plomo como sulfato de plomo y luego una solución de este sulfato se trata con acetato de amonio para luego realizar una titulación complexométrica con una solución de ácido etilendiaminotetraacético, sal disódica dihidrato conocida con la abreviatura EDTA.

Equipos, reactivos y materiales.

Como en todo trabajo de laboratorio el personal a cargo del análisis de plomo requiere de equipos de protección personal como lentes de seguridad, mandil, botas de seguridad, guantes de nitrilo, máscara antigas y antipolvo.

En el laboratorio se requiere de los siguientes equipos y materiales: Agitador magnético y soporte universal, balanza analítica semi macroquímica, calentador eléctrico, pHchímetro, vidrio de reloj, espátula y pincel, Vasos de precipitados de 400mL, fiola de 1000mL y de 250mL, pinzas, papel filtro, piseta, bureta, agitador magnético, ácidos

inorgánicos fuertes, hidróxido de amonio, nitrato de potasio, indicador Anaranjado de xilenol.

Plomo metálico, mínimo 99.9%.

Solución de ácido etilendiaminotetraacético, sal disódica dihidrato (EDTA) 0,025M

Procedimiento experimental

- Se hacen dos pesadas de 0,3 g de muestra que se depositan en dos vasos de precipitados de 400mL.
- Se agrega 10mL de ácido clorhídrico, se tapan con vidrio de reloj ambos vasos y se llevan por calentamiento hasta sequedad.
- Se añade 10mL de ácido nítrico y se calienta hasta apariencia pastosa.
- Se enfría un poco y se agrega 5mL de ácido sulfúrico para precipitar el sulfato de plomo, tapar con vidrio de reloj, calentar hasta desprendimiento de vapores blancos y continuar hasta que se elimine todo el líquido.
- Lavar internamente los vasos con agua desionizada hasta completar 50mL –
- Se calienta hasta ebullición por 10 minutos; enfriar y filtrar.
- Lavar con agua desionizada, eliminando la acidez del papel.
- el filtrado se afora a 250mL agregando 25mL de HCl
- El precipitado se trata con solución extractiva de acetato de amonio, hacer hervir durante 15 minutos.
- Se agrega el indicador anaranjado de xilenol hasta que se torne grosella y titular con EDTA 0,025 M hasta que la solución titulada adquiera un color amarillo.
- Se toma nota del gasto.

Estandarización de la solución EDTA 0.025M.

Se pesan 0,2 g de plomo metálico al 99.9% de pureza depositándolo en un vaso de 400 mL, se tapa con vidrio de reloj, añadiendo 10mL de ácido nítrico diluido, se coloca en la plancha y se se disuelve en caliente, luego se seca, se enfría y se agrega agua desionizada y 30mL de solución extractiva de acetato de amonio; se hierve durante 5 minutos, añadiendo agua caliente hasta 100mL y se deja hervir durante 15 minutos más y finalmente se agrega agua caliente hasta completar los 200mL

Se titula con EDTA.

El factor de la solución de EDTA se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f = \text{Peso de plomo metálico}(g) / \text{gasto de EDTA}(mL)$$

Donde:

f: factor de la solución de EDTA.

Para la estandarización de la solución de EDTA al 0,025 M. para un determinado

peso de plomo electrolítico.

Cálculo de la determinación de Plomo

$$\%Pb = [(Vg \times f) / Wm] \times 100$$

Donde:

Vg: volumen EDTA gastado (ml)

f factor de EDTA = $\frac{\text{Peso de plomo metálico patrón (g)}}{\text{Volumen de solución EDTA (ml)}}$

Wm: peso de la muestra (g)



Fig. 14. Estufa de secado con termostato regulable [5]

FLOTACIÓN DE SULFURO DE PLOMO Y COBRE

1. Objetivo:

La finalidad de realizar las pruebas experimentales es poder determinar la eficiencia de los reactivos espumantes en la concentración de plomo que se encuentra presente en el mineral, este mineral también se conforma por piritas y sulfato de cobre.

2. Equipo y material que se empleara:

- Se necesitará de una balanza tecnoquímica y analítica
- 2 Molinos de bolas de laboratorio de 8 pulg. de diámetro y de 7,5 pulgadas de longitud

- Se necesitará de un filtro de vacío.
- Se utilizará una estufa de secado.
- Papel medidor de Ph.
- Agitador magnético
- Plato de tentaduras,



Fig. 15. Balanza analítica [5]

3. Reactivos de flotación:

- Cal (Modificador de pH y depresor de pirita)
- Xantato isopropílico de sodio Z-11 que será el colector.
- Cianuro de sodio NaCN que será el depresor.
- F-210 (Espumante)
- F-210 D (Espumante)
- Mineral.

4. Procedimiento:

4.1. Preparación de reactivos.

Se prepara soluciones del colector en la cantidad adecuada:

Xantato Z-11 0,030 g/L

El reactivo espumante F-210 y F-210D se dosifican con gotero (1 gota igual a 20 mg) Las pruebas con cada uno de los espumantes se llevan a cabo por separado.

La cal se agrega directamente, previamente se pesa la cantidad requerida.

4.2. Molienda del mineral

Se procede a pesar el mineral chancado (1kg) hasta que pase cerca de una malla – 8 y lo obtenido se le coloca en el molino de bolas.

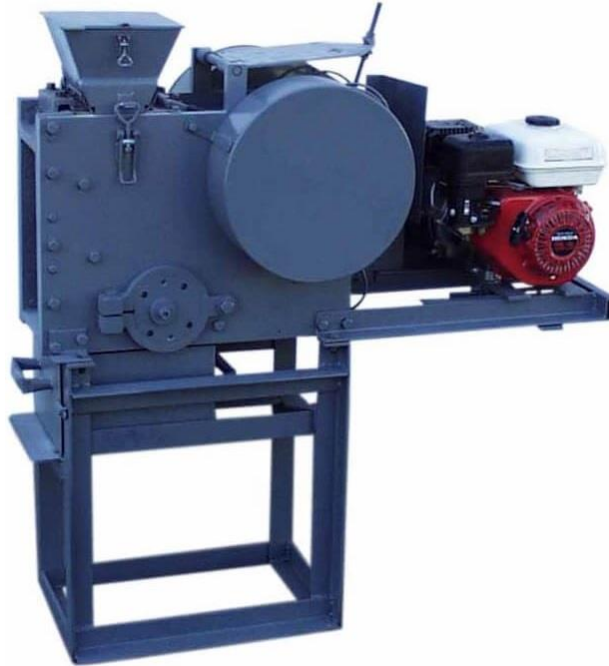


Fig. 16. Chancadora de quijadas de laboratorio [5]



Fig. 17. Molino de bolas de laboratorio [5]

- Añadir 600 ml de H_2O , es decir un 62% del sólido.
- Añadir 2 gramos de calcio con la finalidad que modifique su PH y pueda actuar después como depresor de las pirritas.
- Prender el molido para que empiece a funcionar por un tiempo de 10 minutos hasta que se tenga al 60% del mineral.

5.1. Flotación

Una vez que se concluya con la molienda, se descarga en una celda de flotación la pulpa del mineral, considerar un volumen de 4,3 litros. Posteriormente, se debe montar la celda en la maquina y colocar a 1300 rpm la velocidad del impulsor. Por último, accionar la maquina teniendo la cerrada la válvula de aire, agitar por el tiempo de 1 minutos y medir el pH.



Fig. 18. Celda de flotación Denver [5]

Se debe añadir la cantidad necesaria del colector y agitarlo por el tiempo de 2 minutos aproximadamente. Después se añade una gota de espumante de F-210 y otra vez se debe agitar por el mismo tiempo, tener en cuenta que se no debe de abrir la válvula de aire.

Una vez que se realice los pasos anteriores, se abre la válvula de aire para comenzar con el proceso de flotación que se lleva a cabo en el interior de la pulpa, en este proceso las burbujas de aire se desplazan hasta la superficie y formara una capa de espuma. Por último, el concentrado obtenido se coloca en una charola, en donde se verifica si el producto es de alta calidad.

5.2. Filtrado y secado de productos

En la etapa de flotación se logra 3 fracciones de concentrado, las cuales son el concentrado, medios y colas; estas fracciones se tienen que decantar y posteriormente ser filtrados con la ayuda de un filtro vacío, en caso no se pueda realizar la decantación de forma rápida se debe utilizar un floculante para que agilice su precipitación.

5.3. Secado, pesado y preparación para el análisis.

Una vez que se realice la filtración, estas se colocan en una charola a una temperatura de 90 a 100C° y posteriormente se pesa y se coloca en bolsa rotuladas.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados obtenidos.

Tabla 3.1

Análisis químico del mineral

Componente	Concentración, %
Cobre (Cu)	0,24
Plomo (Pb)	2,47
Zinc (Zn)	0,31
Hierro (Fe)	5,42
Oro (Au)	-
Plata (Ag)	-
Azufre (S)	13,41

Fuente: Datos experimentales.

Se observó en la tabla 1 que de acuerdo con el análisis químico, la muestra de 13,41% contiene azufre, el 5,42% tiene hierro, el 2,47% tiene plomo, el 0,31% contiene zinc, el 0,24% contiene cobre; lo que indica que el mineral con el que se trabajó no se conforma por metales preciosos.

Tabla 3.2.

Análisis mineralógico cualitativo del mineral

Especie mineralógica	Observación
Calcopirita	++
Galena	+++
Covelina	+
Pirita	+++
Blenda	+

Fuente: Datos experimentales.

De acuerdo con los análisis mineralógicos cualitativo se encontró en la tabla 3.2 que la pirita en una proporción mayor, también se evidencio galena y en porciones menores se encontró blenda, covelina y calcopirita.

Tabla 3.3

Resultado de la moliendabilidad del mineral

Tiempo, min	% pasante malla #200
4	41,10
6	47,25
8	58,39
10	61,53
12	67,90
14	72,44

Fuente: Datos experimentales.

Condiciones que se debe de presentar la molienda: El peso de mineral debe de ser de 1000 gramos, contener 500ml de agua, una mala Tyler de #200, 70% de velocidad critica, se emplearon tamaño de bolas de 1", 1 ¼", 1 ½".

Se observa en la tabla 3.3 que los resultados obtenidos de la moliendabilidad del mineral que se utilizó en la muestra, de acuerdo con los datos fue de 10 minutos en la molienda pasan por medio de una malla #200, el 61,53% del mineral molido.

Tabla 3.4

Condiciones de flotación del mineral

para establecer la concentración adecuada del colector Z-11

PARÁMETROS Y MATERIALES	CANTIDADES
Peso del mineral, g	1000
Densidad de la pulpa, g/mL	1 280
Granulometría del mineral, μm	230
Agua, L	1,750
Velocidad de agitación en el acondicionamiento, rpm	1 400
Velocidad de agitación en la flotación, rpm	1300
Porcentaje de sólidos, %	31,4
pH	10,2
Cal (CaO), g	0,6
Espumante MIBC, mg/L	35
Colector Z-11, mg/L	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80
Tiempo de flotación, min.	10
Tiempo de acondicionamiento, min.	4

Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza en la tabla 3.4 la dosificación y los parámetros que se emplearon en el ensayo para poder seleccionar la dosis exacta del colector Z-11 que se empleó en las pruebas de flotación del plomo. Se concluyó que el colector era la única concentración que va a variar desde 20 hasta 80 mg/L

Tabla 3.5

Determinación de la concentración del colector xantato Z - 11

N° de ensayo	Colector Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	20	13,6
02	30	15,2
03	40	18,7
04	50	24,6
05	60	24,7
06	70	24,7
07	80	24,7

Fuente: Datos experimentales.

Se puede observar en la tabla que en las pruebas en el colector xantato Z – 11, que la concentración adecuada para esta es cuando se emplea 50 mg/l de espumante MIBC a una concentración de 35 mg/l la cual es una concentración que se suele usar en una planta. En donde se recuperó un 24,6 gramo de plomo.

Tabla 3.6

Condiciones para la flotación del mineral empleando los espumantes F-210 y F-210D

PARÁMETROS Y MATERIALES	CANTIDADES
Peso del mineral, g	1000
Densidad de la pulpa, g/mL	1 350
Granulometría del mineral, μm	230
Agua, L	1,700
Velocidad de agitación en el acondicionamiento, rpm	1 450
Velocidad de agitación en la flotación, rpm	1 300
Porcentaje de sólidos, %	31,4
pH	10,2
Cal (CaO), g	0,6
Espumante F-210, mg/L	20, 30, 40, 50, 60
Espumante F-210D, mg/L	20, 30
Colector Z-11, mg/L	50
Tiempo de flotación, min.	10
Tiempo de acondicionamiento, min.	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.7

Flotación del plomo con el espumante F-210

N° ensayo	F-210, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	20	50	12,41
02	20	50	12,19
03	20	50	12,24
04	20	50	12,28
05	20	50	12,35
Promedio, g			12,29

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71 g

Se visualiza en la tabla 3.7 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210 en 50 mg/l el promedio en gramos es de 12.29

Tabla 3.8

Flotación del plomo con el espumante F-210

N° ensayo	F-210, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	30	50	15,65
02	30	50	15,62
03	30	50	15,71
04	30	50	15,66
05	30	50	15,64
Promedio, g			15,66

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71 g

Se visualiza en la tabla 3.8 que de acuerdo con los ensayos de flotacion realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo con el espumante F-210 en 50 mg/l en donde el promedio en gramos es de 15.66.

Tabla 3.9

Flotación del plomo con el espumante F-210

N° ensayo	F-210, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	40	50	19,64
02	40	50	19,66
03	40	50	19,65
04	40	50	19,67
05	40	50	19,64
Promedio, g			19,65

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71g

Se visualiza en la tabla 3.9 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210 en 40 mg/l el promedio en gramos es de 19.65.

Tabla 3.10

Flotación del plomo con el espumante F-210

N° ensayo	F-210, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	50	50	22,57
02	50	50	22,55
03	50	50	22,56
04	50	50	22,56
05	50	50	22,55
Promedio, g			22,56

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71g

Se visualiza en la tabla 3.10 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210 en 50 mg/l el promedio en gramos es de 22.56.

Tabla 3.11

Flotación del plomo con el espumante F-210

N° ensayo	F-210, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	60	50	24,70
02	60	50	24,70
03	60	50	24,71
04	60	50	24,71
05	60	50	24,71
Promedio, g			24,71

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71g

Se visualiza en la tabla 3.11 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210 en 60 mg/l el promedio en gramos es de 24,71.

Tabla 3.12

Plomo recuperado en la flotación por espuma
empleando diversas concentraciones de espumante F-210

Concentración del F-210, mg/L	Plomo recuperado, g
20	12,29
30	15,66
40	19,65
50	22,56
60	24,71

Fuente: Datos de las tablas 3.7 -3.11

Se visualiza en la tabla 3.12 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210 en 20,30,40,50 y 60 mg/l el promedio en gramos es de 24,71.

Tabla 3.13

Flotación del plomo con el espumante F-210D

N° ensayo	F-210D, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	20	50	21,37
02	20	50	21,40
03	20	50	21,39
04	20	50	21,38
05	20	50	21,39
Promedio, g			21.38

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71 g

Se visualiza en la tabla 3.13 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210D en 20 mg/l el promedio en gramos es de 21,38.

Tabla 3.14

Flotación del plomo con el espumante F-210D

N° ensayo	F-210D, mg/L	Z-11, mg/L	Pb recuperado, g
01	30	50	24,71
02	30	50	24,71
03	30	50	24,70
04	30	50	24,71
05	30	50	24,71
Promedio, g			24,71

Fuente: Datos experimentales.

Cantidad de plomo en la muestra: 24,71 g

Se visualiza en la tabla 3.14 que de acuerdo con los ensayos de flotación realizados en la tabla se muestra los resultados de ensayos de flotación del plomo realizados con el espumante F-210D en 30 mg/l el promedio en gramos es de 24,71.

IV. DISCUSIÓN

Las pruebas experimentales realizadas para establecer la concentración de cada uno de los espumantes seleccionados F210 y F210D para recuperar sulfuro de plomo en una pulpa que contiene el xantato isopropílico de sodio conocido comercialmente como Z-11 en una concentración determinada también experimentalmente y que tiene relación con la concentración del espumante. Primeramente, se trabajó con el espumante F-210 el cual mostró un comportamiento de mayor adsorción del sulfuro de plomo conforme se incrementaba la dosis hasta 60 mg/L con la cual se pudo captar todo el plomo (24,71 mg) de la muestra empleando 60 mg/L de colector Z-11. En estos ensayos se ha podido establecer que se requieren de dosis relativamente altas del espumante F-210, lo cual puede ser perjudicial para el proceso de flotación ya que en condiciones de alta concentración pierde su selectividad, adsorbe partículas de ganga y sobre todo arrastra agua formando una espuma húmeda que demora mucho más tiempo en destruirse después de ser retirada de la celda de flotación, debido a que demora la ruptura de la burbuja haciendo que el agua drene lentamente y por tanto el sólido (concentrado) demore en separarse.

Los ensayos realizados con el reactivo espumante F-210D han permitido establecer que este requiere de dosis menores para captar el sulfuro de plomo, esto se debe a que es más selectivo que el F-210. Los ensayos realizados con el F-210D requirieron de una dosificación de 30 mg/L, es decir mucho menor que con el otro reactivo espumante y en cuanto al colector Z-11 se empleó una concentración de 50 mg/L. Considerando los resultados obtenidos se puede afirmar que el reactivo espumante F-210D es el que mejor se comporta en la flotación del sulfuro de plomo.

La revisión bibliográfica que se ha realizado para tomar antecedentes nacionales e internacionales están relacionados con la flotación y el uso de reactivos espumantes más bien clásicos para las plantas hidrometalúrgicas dedicadas a la flotación, los aportes obtenidos han sido teóricos más no así de resultados cuantitativos relacionados con los reactivos espumantes F-210 y F-210D y el sulfuro de plomo, por lo que no se pueden hacer comparaciones con otros resultados.

V. CONCLUSIONES

1. Se logro demostrar de forma experimental que en los espumantes F-2010D y el espumante F-2010 la concentración va a influir en la flotación de los sulfuros con el colector Z-11, en donde las concentraciones están en relación con la selectividad del espumante.
2. Se ha establecido que la concentración óptima del colector xantato Z-11 para lograr el máximo rendimiento en la flotación de sulfuros de plomo es de 50 mg/L.
3. Los espumantes F-210 y F-210D, durante la flotación de mineral de plomo en presencia del colector xantato Z-11, influyen con su selectividad y capacidad para formar espuma estable ya que generan película líquida más gruesa (espuma húmeda) la cual permite captar partículas de sulfuro de plomo que tienen un alto peso específico y poder flotarlas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer pruebas experimentales con muestras mas grandes donde se emplee el F-210D junto con el Z-11, con la finalidad de evaluar la veracidad del método empleado y este pueda ser utilizada en la industria, por lo que el espumante brinda muchas ventajas para la flotación.
2. Se sugiere estudiar la posibilidad de utilizar carbonato de sodio para de modificar en el proceso de flotación por espuma de un mineral, la cual tiene características semejantes al utilizado en el estudio presentado, el objetivo es poder mantener el pH con un rango de alcalinidad para que el espumante empleado F-201 D pueda actuar de manera adecuada.

VII. FUENTES DE INFORMACION

- [1] Chique, J. A. (2020). “Estudio de efecto espumante de lignosulfonatos en flotación. Universidad de Concepción”. Ecuador.
- [2] Kraccht, W. D. (2012). “Estudio del efecto del tipo y concentración de espumante en la selectividad del proceso de flotación a escala laboratorio”. Universidad de Chile. Chile.
- [3] Allendes, M. E. (2009). “Implementación de una metodología para selección de espumantes de flotación”. Universidad de Magallanes. Colombia.
- [4] Molina, I. A. (2017). “Estudio del efecto de la aplicación de espumantes en el proceso de flotación de mineral mixto de cobre. Pontificia Universidad Católica de Chile”. Chile.
- [5] De La Rosa, J. A. (2013). “Flotación selectiva de minerales sulfuros de plomo-zinc en presencia de reactivos naturales del tipo quebracho”. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- [6] Barnachea, F. L. (2019). “Liberación de minerales sulfurados para la concentración por flotación de menas polimetálicos a nivel experimental en la empresa minera”. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Huacho. Perú.
- [7] Ramos, C. A. (2020). “Estudio comparativo de espumantes F501, AF68, H508 aplicados al proceso de flotación de minerales sulfurados, para la optimización de la recuperación de cobre, en la planta concentradora Antapaccay”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú.
- [8] Orozco, Y. A. (2012). “Estudio del efecto del tipo y concentración de espumante en la selectividad del proceso de flotación”. Universidad de Chile. Chile.
- [9] Noreña, W. E. (2018). “Influencia del Colector Flottec 8020 para mejorar la calidad del Concentrado de la Flotación Bulk en la Empresa Minera Nexa Resources”. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco.
- [10] Farfán, N. E. y Huaracallo, C. A. (2019). “Optimización del proceso de concentración por flotación de sulfuros de plomo con presencia de óxidos de plomo, utilizando la sulfurización en la concentradora de la minera Bateas”. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Perú.
- [11] Alvarado, C. A. y Plasencia, O. L. (2020). “Influencia de la dosificación de los colectores AP-3418 y AR-404 sobre la recuperación de plomo y zinc por flotación selectiva de un mineral polimetálico de la empresa minera Occidental 2 de Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

VIII. ANEXOS

Cálculos para determinar el cobre en el concentrado

Estandarización de la solución de tiosulfato de sodio al 0,05 N para un determinado peso de cobre electrolítico:

Factor de EDTA = (Peso del cobre electrolítico) / Gasto de EDTA)

Tabla 1

Datos de los estándares de cobre

Peso del cobre electrolítico (g)	Gasto de la solución (ml)	Factor
0.0997	27,4	0.0036
0.1012	27,5	0.0036
0.1009	27,3	0.0036

Fuente: Daos de laboratorio.

El Factor que se utilizará es el promedio de los tres $f = 0.0036$

Cálculo para la determinación de Cobre

$$\%Cu = [(Vg \times f) / Wm] \times 100$$

Donde:

Vg: Volumen tiosulfato de sodio gastado (ml).

Wm: Peso de la muestra (g)

f: Factor del $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (g de Cu metálico / ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ gastado)

$$f = 0,0036$$

Vg Gasto de solución en la titulación de la muestra: 0,20 mL

Wm Peso de la muestra:

Reemplazando:

$$\%Cu = [(0,20 \times 0,0036) / 0,3] \times 100 = 0,24\%$$

Cálculos para determinar el plomo en el concentrado

El factor de la solución de EDTA se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f = \text{Peso de plomo metálico (g)} / \text{gasto de EDTA (mL)}$$

Donde:

f: factor de la solución de EDTA.

Para la estandarización de la solución de EDTA al 0,025 M. para un determinado peso de plomo electrolítico.

Tabla 2

Datos de los estándares de Plomo

Peso del plomo electrolítico (g)	Gasto de la solución, mL	Factor
0.2001	4,00	0.05
0.2001	4,00	0.05
0.2000	4,00	0.05

Cálculo de la determinación de Plomo

$$\%Pb = [(Vg \times f) / Wm] \times 100$$

Donde:

Vg: volumen EDTA gastado (ml) = 0,148 mL

f factor de EDTA = Peso de plomo metálico patrón (g) / Volumen de solución EDTA (ml)

Wm: peso de la muestra (g) 0,3 g

$$\%Pb = [(0,148 \times 0,05) / 0,3] \times 100 = 2,47\%$$

FICHA TÉCNICA XANTATO ISOPROPÍLICO DE SODIO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico Xantato isopropílico de sodio

Fórmula Molecular
$$\begin{array}{c} \text{S} \\ \text{R} - \text{O} - \text{C} \\ \text{X} \end{array}$$

Sinónimos Sipx – isopropilxantato sódico

2. DESCRIPCIÓN

Producto sólido que se obtiene por la reacción del alcohol isopropílico con el bisulfuro de carbono e hidróxido de sodio. Este xantato ha llegado a ser el más ampliamente usado de todos los xantatos debido a su bajo costo y su elevado poder colector.

Los xantatos tienden a descomponerse en soluciones con un pH inferior a 6.0.

3. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Solubilidad 37.1 g/100g de solución

Pureza 85% mínimo

Color amarillo pálido

4. PROPIEDADES

Gravedad específica 1.3501

Densidad aparente 0.718 g/ml

Olor picante

FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO	I.Q. Iván Darío Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020	

Carrera 50C No. 10 Sur – 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 iospina@dqisa.com Medellín Colombia

5. APLICACIONES

En la industria minera como agentes colectores en la flotación de minerales de sulfuro, elementos metálicos tales como cobre, plata y oro y bastantes minerales oxidados de plomo y cobre. Los xantatos son sustancialmente no espumantes y por lo tanto pueden emplearse en cualquier cantidad necesaria, sin peligro de producir espumación excesiva. Esto hace posible que mediante el uso de agentes espumantes no colectores en combinación con los xantatos, se logre un control altamente flexible y separado de la acción colectora y espumante, lo cual es una gran ventaja para mantener las condiciones adecuadas de flotación durante los cambios de mineral. Este xantato debido a su elevado poder colector es empleado en la flotación de minerales complejos de plomo-zinc y cobre-hierro en los cuales los principales minerales sulfurados son calcopirita, calcocita, energita, galena, escalerita, marmatita, pirita y pirrotita. Otra de sus aplicaciones incluye la concentración de cobre nativo, plata, oro y los sulfuros de hierro que contienen cobalto o níquel, así como la recuperación de pirritas de hierro.

Información Adicional

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada, **DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES** no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

FECHA REALIZACION	REALIZO	ACTUALIZO I.Q. Iván Darío Ospina
2010/05/03	I.Q. Iván Darío Ospina	Mayo 05- 2020

Carrera 50C No. 10 Sur - 18 PBX: 361 07 11 Ext 109 iospina@dqisa.com Medellín Colombia