

**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
Fundada en 1968 Decreto Ley N° 17358

Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA.**



**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO METALURGICO**

**“FLOTACIÓN DEL Zn MARMATITICA CON ALTO  
CONTENIDO DE PIRROTITA”**

**PRESENTADO POR**

**Chumbes Diaz Genaro Sebastian**

**ASESOR**

**Ing. Jaime Iman Mendoza**

**HUACHO – PERU**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, a mi madre, a mis hermanos y familiares.

A Dios por haberme dado la oportunidad de experimentar su amor y su protección en cada momento de mi vida, y por haberme permitido alcanzar mis propósitos.

## **AGRADECIMIENTO**

De forma muy especial quiero agradecer la colaboración de mi amigo y jefe el Superintendente de Planta el Ing. Julio Cesar Zevallos Atencio, por haberme apoyado incondicionalmente, ya que sin su ayuda, orientaciones y consejos no hubiese sido posible concluir esta tesina. Hago extensivo mi agradecimiento a familiares y amigos, que me sumaron esfuerzos incondicionales y desinteresados.

ÍNDICE

Resumen .....	04
Introducción.....	05
Contenido.....	06
I.- Objetivos.....	06
II.- Identificación Del Problema.....	06
III.- Definición De Las Variables.....	07
IV.- Solución De Las Variables.....	07
V.- Aspectos Geográficos.....	08
VI.- Operaciones En Planta Concentradora En La Actualidad.....	20
VII.- Definición De Términos.....	21
Conclusiones.....	35
Recomendaciones.....	36
Referencias bibliográficas.....	37
Anexos.....	39

## RESUMEN

Dada la mineralogía de las minas, en la Compañía Minera Shuntur S.A.C. donde se nota la presencia del Zn marmatítico con alto contenido de PIRROTITA como mineral de ganga, era necesario ver una forma adecuada de obtener una buena recuperación de Zn, por lo que este tipo de mineral no es muy común en las minas del Perú, normalmente la ganga en la mayoría de las minas es PIRITA y no PIRROTITA, esto hace que la metalurgia escape de los parámetros de flotación que normalmente se usan en las plantas concentradoras, por los motivos ya mencionados, se tenía dificultades en el circuito de flotación de Zn, es decir concentrado de Zn con baja ley de calidad, lamas de Zn activadas en el concentrado de Cu, debido a que se utiliza una malla de liberación muy fina, para dar solución a este inconveniente se realiza un análisis y estudio de lo acontecido, del cual nace este trabajo monográfico titulado "Pirrotita Reto Metalúrgico", que trata sobre como optimizar la flotación de Zn marmatítico con alto contenido de Pirrotita, teniendo en cuenta la producción de concentrado de Zn elevando su recuperación y su grado en la calidad del concentrado, siendo importante la modificación de las variables en la flotación de Zn para superar la dificultad del fierro presente en la pulpa y alcanzar una alta recuperación en las leyes del concentrado de Zn.

**Palabras claves;** Pirrotita, Mineral, Zinc, Pulpa, Celdas, Concentracion, Flotación Por Espuma, Flotación Bulk, Flotación Diferencial, Flotación Selectiva.

## **ABSTRACTS**

Given the mineralogy of the mines, in Compañía Minera Shuntur S.A.C. where the presence of marmatitic Zn with a high PIRROTITA content as a gangue mineral is noted, it was necessary to see an adequate way to obtain a good recovery of Zn, so this type of mineral is not very common in Peruvian mines, normally the bargain in most of the mines is PIRITA and not PIRROTITA, this causes the metallurgy to escape the flotation parameters that are normally used in the concentrator plants, for the reasons already mentioned, there were difficulties in the flotation circuit of Zn , that is to say Zn concentrate with low quality grade, Zn slats activated in the Cu concentrate, because a very fine release mesh is used, to solve this problem an analysis and study of what happened is carried out, from which this monographic work entitled "Pirrotita Metallurgical Challenge" is born, which deals with how to optimize the flotation of maritime Zn with high Pyrrhotite content, taking into account the prod Zn concentrate uction raising its recovery and its grade in the quality of the concentrate, being important the modification of the variables in the flotation of Zn to overcome the difficulty of the iron present in the pulp and reach a high recovery in the laws of the concentrate of Zn.

Keywords; Pyrrhotite, Mineral, Zinc, Pulp, Cells, Concentration, Flotation by Foam, Flotation Bulk, Floating Differential, Selective Flotation.

## INTRODUCCIÓN

La flotación diferencial de minerales polimetálicos tales como Cobre-Zinc, están basadas en el hecho que el mineral de zinc es teóricamente hidrofílico, y no flotará sin activación. El ideal proceso sería flotar un concentrado de Zinc, es la flotación primero del cobre y deprimiendo el Zinc para luego activarlo con sulfato de Cobre, logrando mediante este proceso la flotación de un concentrado de zinc.

Sin embargo, en la práctica, la marmatita tiene un grado variable de hidrofobicidad, de manera tal que algo de zinc flotará erróneamente en el cobre y se perderá en el relave.

Mineral de MENA como la Calcopirita, Bornita, Marmatita, y Esfalerita de los cuales, Los Elementos Económicos son Ag, Zn y Cu. Y el Minerales de Ganga Calcita, Cuarzo, Dolomita, Marcasita, Pirrotita y Pirita. LA RESERVA Probado Es 200 000 TMS y Probable : 1'164 180 TMS, **Con una Reservas : 1'364 180 TMS**

Debido a la naturaleza del yacimiento, las vetas son mayormente angostas de 0.80m de potencia, el sistema de minado que se emplea es el Convencional, con rieles tanto en avances como en explotación. La mina se desarrolla por niveles cada 50 m desde el nivel inferior hasta el nivel superior.

En la planta concentradora tiene la sección chancado o trituración de los minerales donde se realiza el fraccionamiento o reducción.

El desarrollo se en los productos de la chancadora cónica y Mandíbula, transportando a la molienda y clasificación.

Se permitirá adoptar las medidas más adecuadas para la prevención. Corrección y mitigación de los impactos que ocasionan las plantas concentradoras de minerales en la área de influencia.

# CONTENIDO

## I OBJETIVOS

### GENERAL:

Elevar el grado de la calidad en el concentrado y la recuperación de Zn en función de las variables y parámetros más importantes para la flotación de Zn marmatítico con presencia de pirrotita.

### ESPECÍFICOS:

- ✓ Reconocimiento de todos los circuitos de procesamiento de minerales de la planta concentradora Shuntur.
- ✓ Identificación de problemas de operación.
- ✓ Hacer una evaluación de los circuitos para saber si las condiciones y parámetros de trabajo son las adecuadas.
- ✓ Optimizar las operaciones realizadas, previa evaluación.

## II.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La problemática dentro de las operaciones en la planta concentradora de minera Shuntur es la flotación de marmatita con presencia de Pirrotita, la cabeza del mineral de mina, contiene un 0.85% de Cu en forma de chalcopirita, 2.05 % de Zinc en forma de marmatita y esfalerita, 15 - 22 % de Pirrotita y Pirita. Esto daba como resultado un concentrado sucio por el alto contenido de fierro en el Zinc

En los reportes en la planta concentradora los porcentajes del grado de la calidad en el concentrado de Zinc solo eran de 39% hasta un 40% como máximo, ya que los contenidos de Fe en el concentrado eran altos, por encima de 20%, hasta un 30%, por la presencia de Pirrotita y Pirita.

En lo referente la acides en la flotación del Zinc, el pH del mismo era de 10, este valor era muy bajo, como consecuencia la activación de la pirrotita en las celdas de flotación del Zinc era constante, en las celdas cleaner no se utilizaba el cianuro de



sodio necesario para la limpieza del concentrado, por tal motivo se producía un concentrado sucio.

Referente a la malla de liberación, esta no era la adecuada, ya que se pudo comprobar que se generaba mucha lama en la flotación de Cu. Se trabajaba con un parámetro de 63% a 67% de malla -200 siendo alta la malla de liberación, en los reportes al activación de zinc en el concentrado de cobre era de 13% a un 15%, por lo tanto la granulometría no se encontraba en el parámetro ideal, ocasionando que el mineral valioso se perdiera como lamas en el concentrado de cobre, debido al mineral muy fino.

Se utilizaba exceso de depresores en el circuito de flotación de cobre como el sulfato de Zn ( $ZnSO_4$ ), Cianuro de sodio (NaCN), estos depresores se utilizaban en las celdas cleaner y rougher. Este exceso, ocasionaba que la pulpa se envenene, por tal motivo, el cobre se desplazaba al circuito de Zinc y este mismo se deprimía no logrando flotar, dando como resultado un relave alto en Zinc.

En consecuencia la, recuperación del Zinc, dentro de los balances Metalúrgicos era muy baja, esto era el problema principal de las operaciones en planta concentradora, donde solo alcanzaba hasta un 60 - 65% de recuperación del concentrado de Zinc.

### **III.- DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES**

De acuerdo a la práctica industrial, se tomaron las siguientes variables independientes:

1. Granulometría del mineral en la flotación de Zn.
2. Exceso de depresores en las celdas de limpieza en la flotación de cobre.
3. Grado de acides de la pulpa en el circuito de flotación del Zn.

### **IV.- SOLUCION DE LAS VARIABLES**

1. En la sección molienda y clasificación se elimino una etapa de clasificación (clasificador helicoidal) ya que no realizaba una buena clasificación, por ende producía muchas lamas, con esta modificación se obtuvo un rango de 53% a 56% malla -200, es decir se empezó a trabajar con una molienda mas

gruesa, menorando la activación de zinc como lamas en el circuito de flotación de cobre.

2. Se elimino el uso de depresores en las celdas de flotación de cobre, solamente se empezó a adicionar los depresores (cianuro de sodio y sulfato de zinc) en los molinos primarios, también se incremento la concentración del sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) de 10% a un 12.5%, de la misma manera se incrementa la concentración del cianuro de sodio(CNNa) de 3% a un 5% Con estos dos cambios mencionados se logra bajar la activación del zinc en el cobre del rango que se encontraba de 13% a 15% se baja la activación a un rango de 4% a 6% de activación de zinc en el cobre, como solamente se adiciona los depresores en los molinos primarios, se logra reducir el desplazamiento de cobre al zinc de un 3% a un máximo de 0.9%, también se logra disminuir el desplazamiento de zinc al relave.
3. Para controlar el grado de acidez en la flotación de zinc se incrementa el consumo de cal de 11000gr/Tn a 15000gr/tn, se empezó a trabajar con un ingreso de lechada de cal constante para que el pH no baje de 12, ya que al bajar el pH esto ocasionaba que se active el fierro(pirrotita); y para la limpieza del concentrado de zinc se incrementa el consumo de cianuro de sodio de 28.2gr/Tn a 47.7gr/Tn, con estos incrementos de cal y cianuro de sodio se dio en la celda de limpieza del concentrado de zinc, con esto se llega a obtener grados de calidad de concentrado en un rango de 46% a 48% de zinc y la recuperación del zinc sube en el rango de 67% a 72% de recuperación.

## **V.- ASPECTOS GEOGRAFICOS**

### **1.- UBICACIÓN**

En la web de la empresa, hace una breve reseña de la ubicación y actividades, menciona:

La minera Shuntur es una empresa de Sociedad Anónima Cerrada, la que posee Concesiones mineras que cubren un total de 1581 hectáreas, área sobre la cual se dan acabo las operaciones de la MINERA SHUNTUR, en el Distrito de Pira, Provincia de Huaraz, Departamento de Ancash.

La Empresa Minera Shuntur se enmarca dentro de las actividades de pequeña minería y como tal se rige principalmente por la ley N° 27651 que define la condición de pequeño productor minero (Art. 10) siendo la autoridad competente el sector de Energía y Minas (SHUNTUR, 2018).

### **2.- ASPECTOS GEOGRAFICOS**

Seguido en este apartado se hace una descripción del predio según la geografía, al respecto se manifiesta:

La minera comprende las concesiones mineras de Adriana V Adriana V-4 Adriana V-5 Adriana V-11, Adriana V-12, Sagitario N° 2 y Adriana , cuyas reservas probadas son de 200,000 TMS , los minerales de MENA son : Calcopirita ,Tetraedrita, Marmatita y Esfalerita ,entre los minerales de ganga se tiene :Calcita, Cuarzo, Marcasita ,Pirrotita, Pirita, siendo su explotación subterránea y los elementos económicos a ser recuperados son: Ag, Zn y Cu , los cuales se procesan en las instalaciones de la planta concentradora con una capacidad de 300 TMS/día.

La planta concentradora cuenta con las siguientes secciones: Cancha de recepción de minerales, Tolva de gruesos, sección de chancado, sección de molienda, circuito de recuperación, patio de concentrado y cancha de relaves (SHUNTUR, 2018).

### 3.- DESCRIPCIÓN DEL ACCESO A LA MINERA

**Cuadro 1.1 Acceso a la minera**

Descripción	Vía	Distancia
Lima – Pativilca (Desvío carretera a Huaraz)	Asfaltada	202.0
Pativilca (Desvío carretera a Huaraz)- Huaraz	Asfaltada	185.0
Huaraz – Pira	Carretera Afirmada	60.0
Pira-Minera	Trocha carrozable	3.0
Total		450.0

Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).

### 4.- PROPIEDADES MINERAS

La minera Shuntur comprende las siguientes propiedades:

Propiedades Mineras

**Cuadro 1.2 propiedades mineras**

Derecho Minero	Hectáreas	Distrito	Provincia	Departamento
Adriana V	400.00	Pira	Huaraz	Ancash
Adriana V-4	120.00	Pira	Huaraz	Ancash
Adriana V-5	48.00	Cajamarquilla	Bolognesi	Ancash
Adriana V-11	300.00	Pira	Huaraz	Ancash
Adriana V-12	600.00	Pira	Huaraz	Ancash
Sagitario	108.00	Pira	Huaraz	Ancash
	1 576.00			

Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).

## **5- GEOLOGIA DE LA ZONA**

La estratigrafía de la minera Shuntur y sus recursos polimetálicos esta compuesta por rocas cuyo rango vertical comprende entre el cretáceo o cuaternario.

El yacimiento de la Minera Shuntur es del tipo metasomático de contacto (entre volcánicos, sedimentarios e intrusivos) emplazado en la brecha volcánica del Calipuy.

## **6.- MINERALOGÍA**

Mineral de MENA : Calcopirita, Bornita, Marmatita, y Esfalerita.

Elementos Económicos : Ag, Cu y Zn.

Minerales de Ganga : Calcita, Cuarzo, Dolomita, Marcasita, Pirrotita y Pirita.

## **RESERVAS**

Probado : 200 000 TMS

Probable : 1'164 180 TMS

**Total de Reservas : 1'364 180 TMS**

## **VI.- OPERACIONES EN PLANTA CONCENTRADORA EN LA ACTUALIDAD**

El mineral extraído mina es almacenado en una tolva a 20mts de la bocamina y luego transportado en camiones volquetes hacia la Planta Concentradora.

## 1. MINERAL A TRATAR

**Cuadro 1.3**

Nombre	Denominación	Formula química
Chalcopirita	Sulfuro de cobre y fierro	$S_2CuFe$
Bornita	sulfuro de Cobre y Fierro	$Cu_5 fe S$
Marmatita	Sulfuró de zinc y fierro	$ZnFeS_2$
Esfalerita	Sulfuro de Zinc	$ZnS$
Pirrotita	sulfuro de férrico	$Fe_3S_6$
Pirita	Bisulfuro de fierro	$FeS_2$
Calcita	Carbonato de Calcio	$CaCO_2$
Dolomita	Carbonato de calcio y magnesio	$MgCo_3CaCo_3$

Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).

## 2.- PROCESO DE CHANCADO Y CLASIFICACION

En la planta concentradora de la compañía minera Shuntur S.A.C. tiene la sección chancado o trituración de los minerales donde se realiza el fraccionamiento o reducción.

El mineral es transportado por volquetes de la mina a esta sección, depositando en cancha de gruesos y para posteriormente alimentar a la tolva de gruesos por intermedio de un cargador frontal. El mineral depositado en la tolva de gruesos de 250 TM de capacidad, sale por gravedad y su dosificación es controlada por un Apron Feeder, y un grizzly estacionario de 2 ½" de abertura, dejando pasar una carga de mineral a razón de 25 TM /H que alimenta a la chancadora de quijada 15"x 24" con 2" de tamaño de descarga.

El producto de los finos del grizzly y el producto de la chancadora de quijada alimenta a la faja transportadora N° 1 (24"x1/2"x26mts.), El mineral transportado por esta es descargada a la zaranda vibratoria 4"X 8" de un piso de malla ½" de abertura.

El rechazo de la zaranda es alimentado a la chancadora secundaria cónica Symons de cabeza corta de 3' mediante las fajas transportadoras N° 2 y N° 3 siendo el mineral triturado a 1/2" , el producto de ésta chancadora es recepcionado en la faja N° 1, formando un circuito cerrado. Y el pasante de la zaranda es depositado en la tolva de finos de 300 TM de capacidad, dando término a la etapa de liberación por reducción de tamaño.

#### **PRODUCTO DE LA CHANCADORA CONICA**

P80 = 29985.6967

#### **PRODUCTO DE LA CHANCADORA DE MANDIBULA**

P80 = 61421.714

### **3.- PROCESO DE MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN**

El objetivo principal de la molienda es el de reducir el tamaño del mineral a un tamaño de rango de 53% a 56% malla -200, con esto aseguramos una liberación adecuada de los elementos de valor económico, en este caso Cu – Zn.

Existe 1 tolva de finos, con una capacidad de 300 TM, que alimenta al molino #1 y al molino #2. En esta planta se cuenta con dos molinos de bolas que tienen una capacidad de 150 ton., cada uno.

Los molinos son de la marca FUNCAL tiene las siguientes dimensiones: 6' x 6' Los parámetros de las densidades se manejan de esta manera:

Descarga del molino del 70 al 72%.

Alimentación al ciclón del 58 al 60%.

Arenas (under flow) del 78 al 80%.

Finos del (Over flow) 48 al 50%.

Presión de entrada al ciclón es de 8 psi.

La granulometría es de 54% malla -200.

En la alimentación de los molinos se agregan a parte del mineral, agua y reactivos químicos que son: cianuro de sodio (Na (CN)) y sulfato de zinc (ZnSO<sub>4</sub>) que funciona como depresor de partículas de Zn en el banco de flotación de Cu.

El mineral de  $-1/2''$  que se almacena en la tolva de finos es alimentado a los molinos de bolas  $6' \times 6'$ , primarios N° 1 y N° 2, la alimentación a estos molinos será regulado por medio de una compuerta, a razón de 12.5 TM/hora, lo cual permitirá pasar 300 TM en 24 horas.

La descarga de los molinos N°1 y N°2 cae a un cajón donde se encuentra la bomba Denver SRL con dimensiones de  $5'' \times 4''$  esta bombea hacia el hidrociclón N°1 el D-15'', el cual funciona como clasificador que separa la alimentación en dos flujos: el primero contiene esencialmente partículas finas o livianas(overflow), el segundo contiene partículas gruesas o pesadas(underflow), el overflow pasa al siguiente proceso, el 50% del overflow como pulpa se dirige al cajón de descarga del molino N° 3 de dimensiones  $4' \times 5'$ , donde se encuentra la bomba Denver SRL  $4'' \times 3''$  que alimenta al hidrociclón N°2 el D-10'' para ser reclasificada, y el 50% restante ingresa al molino  $4' \times 5'$  de remolienda, mientras que el underflow del D-15'' regresa a los molinos  $6' \times 6'$ ; el underflow del hidrociclón N°2 alimenta al molino de remolienda  $4' \times 5'$ ; y el overflow es enviada al circuito de flotación, esta clasificación es en circuito cerrado.

#### **WORK INDEX DEL MOLINO 1**

$$F80 = 30764.32$$

$$P80 = 115.5907$$

$$WI = 20.28 \text{ Kw-Hr/TM}$$

#### **WORK INDEX DEL MOLINO 2**

$$F80 = 13056$$

$$P80 = 115.5907$$

$$WI = 20.87 \text{ Kw-Hr/TM}$$

#### **WORK INDEX DEL MOLINO 3 (REMOLIENDA)**

$$F80 = 351.1549$$

$$P80 = 184.4002$$

$$WI = 19.55 \text{ Kw-Hr/TM}$$



#### **4.- FLOTACIÓN Y CONCENTRACION**

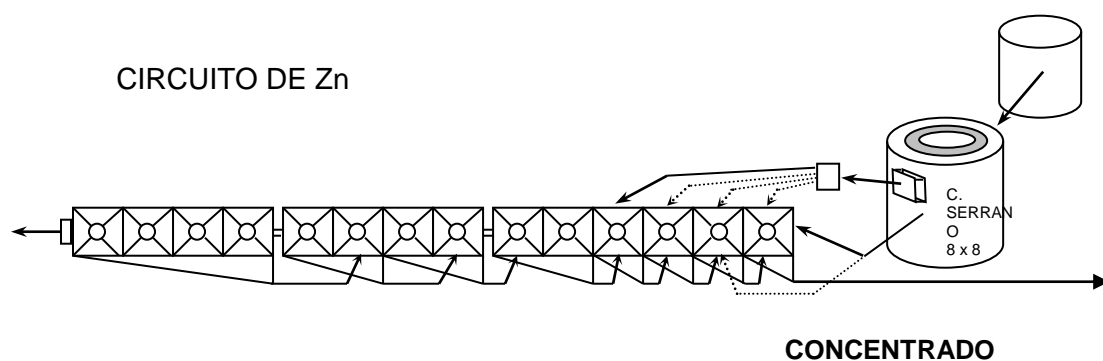
El objeto de esta sección es de dar la preparación adecuada a la pulpa proveniente del circuito de molienda y clasificación, para separar de ellos los concentrados de Cu y Zn; y luego dar a estos productos el procedimiento adecuado para ser de ellos un material de fácil almacenamiento y transporte.

La concentración de minerales de esta planta es por flotación selectiva, con agitación e inyección de aire en forma natural.

En este tipo de concentración los factores que intervienen son:

- A.- Pulpa.
- B.- Reactivos.
- C.- Aire.
- D.- Agitación.

La pulpa de mineral con una densidad de 1300 a 1400 y 35% de sólidos en promedio es acondicionada con los reactivos y enviada al circuito de flotación de cobre, el primer desbaste o primera etapa rougher se lleva a cabo en la celda WS-8'x8' donde también son dosificados los espumantes y colectores, luego a la celda WS-6' x 6', las espumas de estas dos celdas (WS-8'x8' y WS-6'x6') pasan a la etapa de limpieza en las primeras celdas del primer banco de 6 celdas Denver 18SP, la pulpa de la primera rougher(WS-8'x8') pasa a la segunda rougher(WS-6'x6'), y la pulpa de esta segunda rougher continua en la etapa rougher del mismo banco de las celdas de limpieza (Denver de 18SP) para luego pasar al siguiente banco de 6 celdas Denver 18sp etapa scavenger.



**Grafico. 1.1 Circuito de Zinc**

El relave del circuito de cobre pasa a ser cabeza del circuito de zinc, en el cual se tiene una celda WS-5'x5', seguidamente de una celda WS-8'x8' y 3 celdas de un banco de 6 celdas Denver 18sp para la etapa Rougher, las otras 3 celdas de éste banco funcionan como cleaner. Así mismo se cuenta con 2 bancos de 4 celdas c/u Denver 18sp para la etapa scavenger. Los concentrados obtenidos son filtrados mediante filtros de disco y acumulados en las respectivas canchas de concentrado de cobre y zinc.

**REACTIVOS UTILIZADOS**

REACTIVOS UTILIZADOS	FÓRMULA
SULFATO DE ZINC	ZnSO <sub>4</sub>
CIANURO DE SODIO	NaCN
AEROFLOAT A- 242	
ESPUMANTE ER-350	
XANTATO AMILICO DE POTASIO	Z-6
XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO	Z-11
SULFATO DE COBRE	CuSO <sub>4</sub>
CAL	Ca(OH) <sub>2</sub>
FLOCULANTE	

Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).

## **5.- DISPOSICIÓN DE LOS RELAVES**

Toda planta minera cuyo proceso de concentración es Flotación, produce residuos sólidos que se denominan relaves y que corresponden a una “Suspensión fina de sólidos en líquido”, constituidos fundamentalmente por el mismo material presente insitu en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso, conformando una pulpa, que se genera y desecha en las plantas de concentración húmeda de especies minerales y estériles que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina.

Las características y el comportamiento de esta pulpa dependerá de la razón agua/sólidos y también de las características de las partículas sólidas.

El relave de la Planta es conducido a la cancha de relaves mediante un canal de concreto encofrado y tubos de polipropileno por gravedad ya que entre la Planta y la cancha se tiene una diferencia de cota de 400 m. aproximadamente a una distancia de 800mts en línea recta, ésta pulpa es depositado a razón de 37 TM/H. con 29% de sólidos.

El 71% del relave es agua el cual sería de 26.27 TM/H de agua. El 80% del agua es recirculada a la planta mediante tres estaciones de bombeo a un reservorio de 1050 m<sup>3</sup> de capacidad a una razón de 8.53 Lt/Seg.

## **6.- CONSUMO ENERGETICO Y ORIGEN**

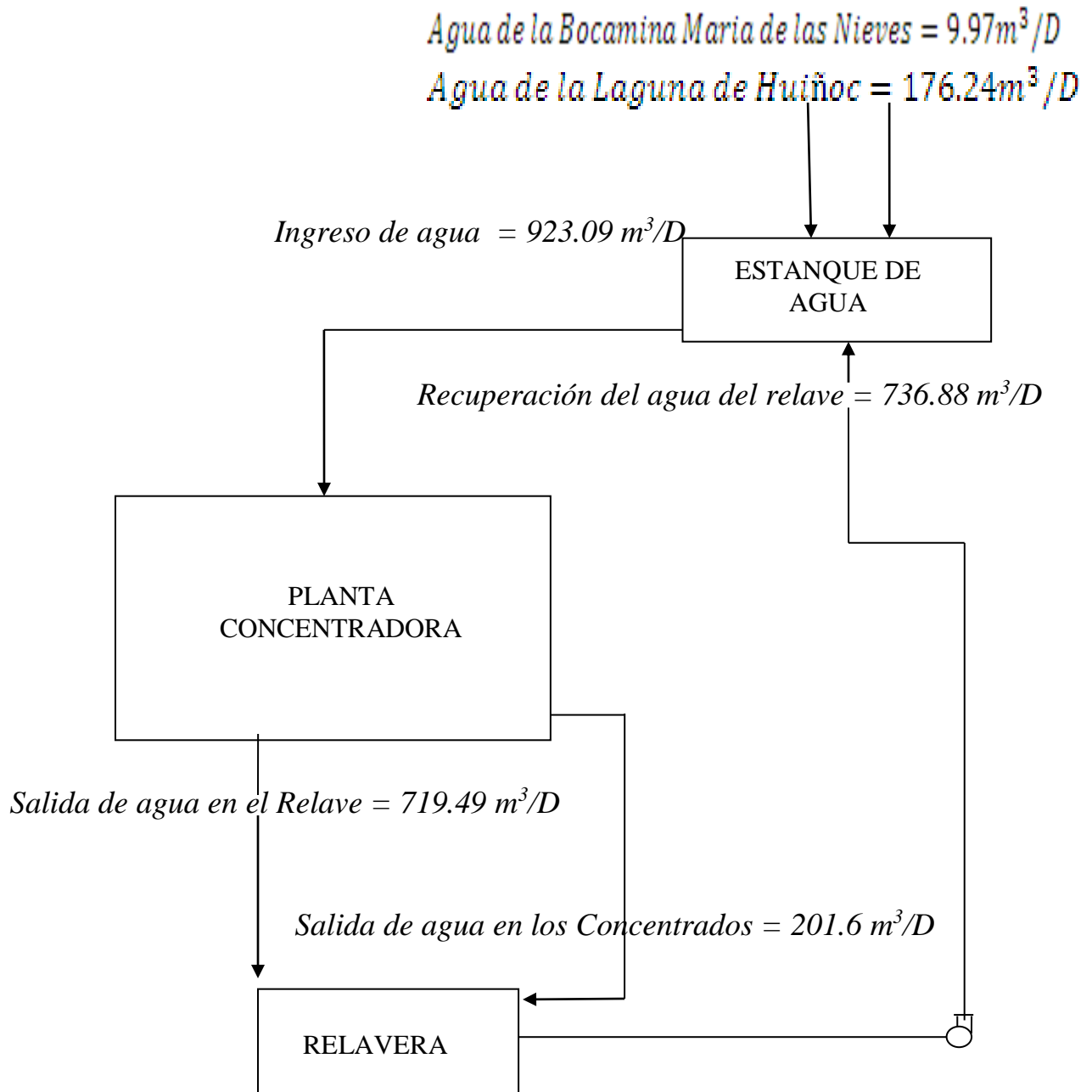
Consumo de energía de la Planta Concentradora Shuntur

Consumo actual en planta: 1050 HP/857,9 Kw.

La energía proviene de la central hidroeléctrica (Hidrandina – Huaraz)

## 7.- CONSUMO DE AGUA

### BALANCE DE AGUA EN LA PLANTA CONCENTRADORA SHUNTUR

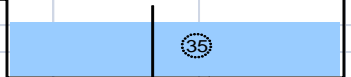


Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).

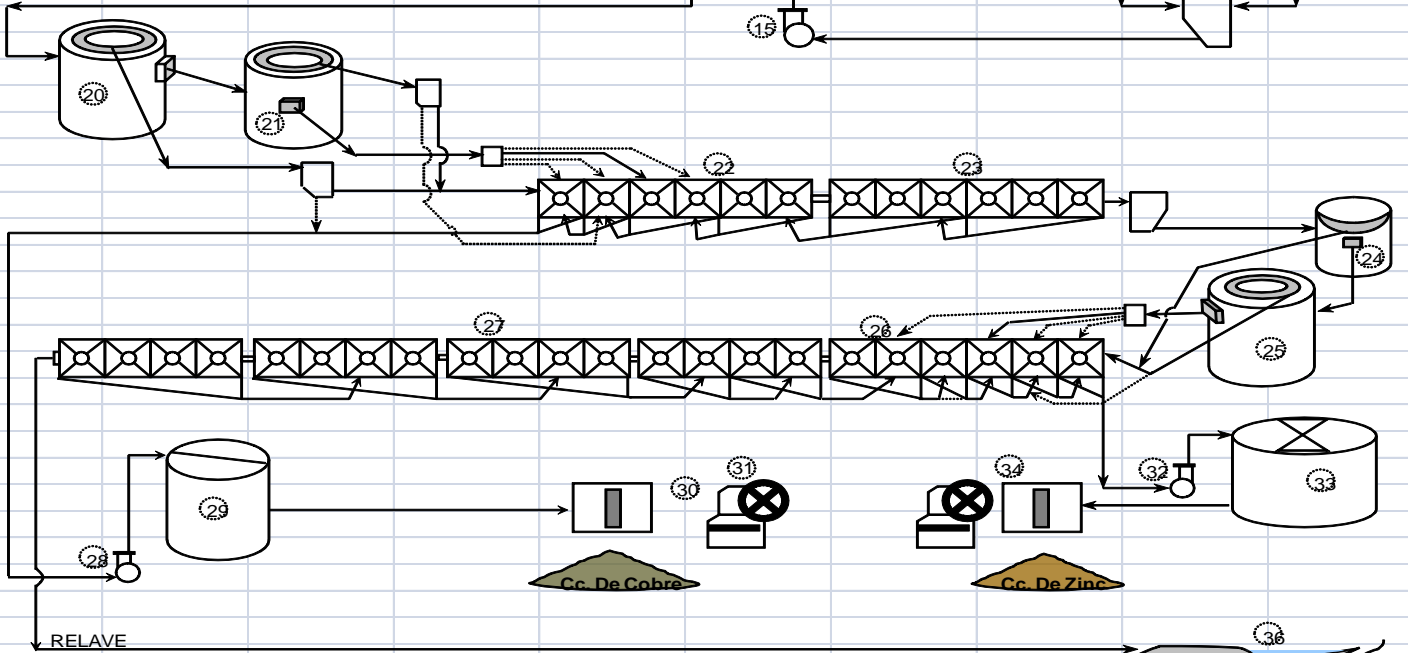
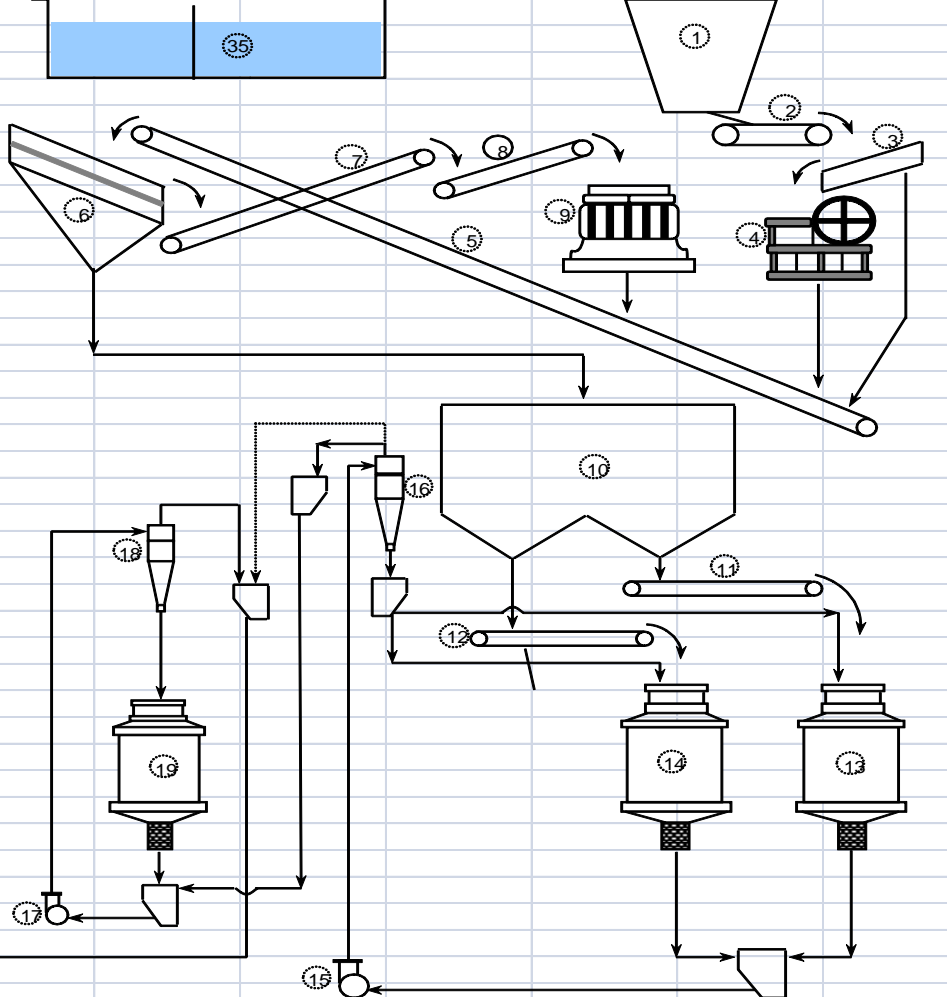
## 8.- BALANCE Y FLOW SHETT DE LA PLANTA CONCENTRADORA

Producto	TMS	L E Y E S			CONTENIDOS			DISTRIBUCION (%)			
		Ag Oz/TC	% Cu	% Zn	Oz Ag	TM Cu	TM Zn	% Ag	% Cu	% Zn	Ratio
<b>CABEZA</b>	8812,592	1,05	0,96	1,29	10.200,39	84,40	113,53	100,00	100,00	100,00	
<b>CONC. Cu</b>	340,198	20,78	22,90	4,09	7.791,15	77,91	13,92	78,05	92,31	12,26	25,90
<b>CONC. Zn</b>	166,625	1,06	0,56	46,12	194,10	0,93	76,85	1,94	1,11	67,69	52,89
<b>RELAVE</b>	8164,844	0,22	0,07	0,28	1.997,33	5,56	22,76	20,01	6,58	20,04	

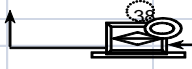
Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).



- LEYENDA**
- 1.- Tolva de gruesos 250 T.M.
  - 2.- Apron feeder
  - 3.- Grizzly estacionario 35" x 64" ( abert. 11/2").
  - 4.- Chancadora primaria 15" x 24"
  - 5.- Faja transportadora N° 1 (24"x1/2"x26m.)
  - 6.- Zaranda vibratoria 4' x 8' (malla 1/2")
  - 7.- Faja transportadora N° 2 (24"x1/2"x19m.)
  - 8.- Faja transp. N° 3 (20"x1/2"x 9.5m. escalonada)
  - 9.- Chancadora secundaria Symons 3'
  - 10.- Tolva de finos metálica 300 T.M.
  - 11.- Faja alimentadora N° 4 (20"x1/2"x10m.)
  - 12.- Faja alimentadora N° 5 (20"x1/2"x 10.5m.)
  - 13.- Molino de bolas 6' x 6' N° 1
  - 14.- Molino de bolas 6' x 6' N° 2
  - 15.- Bomba SRL 5" x 4"
  - 16.- Hidrociclón N° 1 D-15
  - 17.- Bomba SRL 4" x 3"
  - 18.- Hidrociclón N° 2 D-10
  - 19.- Molino de bolas 4' x 5'
  - 20.- Celda WS 8' x 8' Rhg. Cu
  - 21.- Celda WS 6' x 6' Rhg. Cu
  - 22.- Banco de 6 celdas 18sp Rhg. y Clnr. Cu
  - 23.- Banco de 6 celdas 18sp Scv. Cu
  - 24.- Celda W.S. 5' x 5' Rhg. Zn
  - 25.- Celda WS 8' x 8' Rhg. Zn
  - 26.- Banco de 6 celdas 18sp Rhg. y Clnr. Zn
  - 27.- 4 Bancos de 4 celdas 18sp Scv. Zn
  - 28.- Bomba SRL 2" x 2" Cc. Zn
  - 29.- Espesadora de Conc. de Cu
  - 30.- Filtro de discos 6' Conc. Cu
  - 31.- Bomba de vacío 700
  - 32.- Bomba SRL 2" x 2" Cc. Zn
  - 33.- Espesadora de Conc. Zn
  - 34.- Filtro de discos 6' Con. de Zn
  - 35.- Reservorio de agua (1000 m³)
  - 36.- Cancha de relaves.
  - 37.- 4 Estanques de decantación agua de relave
  - 38.- 5 Bombas Hidrostral 40-250 en 3 estaciones.
  - 39.- Sub estación eléctrica.



Agua de recuperación de relave general hacia Planta Concentradora



<b>MINERA SHUNTUR S.A.C.</b>	
PLANTA CONCENTRADORA SHUNTUR	
DIB.: ING. W.PALOMINO	REV.: ING. J.ZEVALLOS
FECHA: ENERO 2010	ESC.:

## **VII DEFINICION DE TERMINOS**

Este proceso es quizás el más importante de los desarrollados para el procesamiento de los minerales y que hacen posible la recuperación de valores de baja ley.

Siempre se pensó que era un arte el lograr que una partícula se vuelva hidrofóbica, se junte a una burbuja de aire y (formando un conjunto de menor densidad que el agua) flote hacia superficie.

La selectividad y el desarrollo logrado finalmente en la flotación hasta nuestros días (sean la flotación en celdas de gran volumen y en columnas), hacen que estos conceptos se entiendan cada vez mejor. En este capítulo se alcanzan algunos conceptos que leídos atentamente podrían dar la explicación del “arte” denominado

### **1.- FLOTACIÓN.**

La flotación difícilmente será reemplazada en el tiempo, su relevancia en la metalurgia del procesamiento de minerales aun no ha sido medida en su real magnitud-influye tanto en la metalurgia extractiva que sin este proceso, difícilmente hubieran podido desarrollarse sistemas posteriores como los de: tostación, conversión, fusión y refinación.

Esto se debe al gran volumen que hubiera sido necesario. Este proceso comenzó en el siglo anterior y es seguro que permanecerá en el tercer milenio.

Del total de las reservas de minerales metálicos no ferrosos del territorio peruano, una proporción mayoritaria corresponde a yacimientos de sulfuros que contienen metales básicos como Cu, Pb, Zn, y elementos secundarios (aunque no siempre menos valiosos) como la plata, el bismuto, arsénico, antimonio, cobalto, molibdeno, oro selenio, telurio y otros.

La aplicación de estrategias adecuadas para la obtención de concentrados colectivos (bulks) o individuales de los minerales extraídos de estos yacimientos

debe apoyarse en un adecuado conocimiento de los fundamentos básicos del beneficio de minerales por flotación.

Los conceptos generales son todos conocidos pero es conveniente hacer hincapié en algunos de ellos.

## 2.- CONCENTRACION

Para obtener metales desde los minerales extraídos de la corteza terrestre, se requiere de operaciones y procesos metalúrgicos complementarios de concentración y extracción.

La concentración es la operación que se efectúa sobre el mineral con el objeto de realizar una separación sólido-sólido para segregar los compuestos valiosos, en un producto llamado concentrado, de los materiales estériles, de los denominados relaves.

Los procesos de metalurgia extractiva transforman los concentrados en metales de alta pureza o productos de uso industrial. En la figura N°1 se puede apreciar la secuencia de estos procesos.

### ETAPAS DE LA OBTENCIÓN DE UN METAL

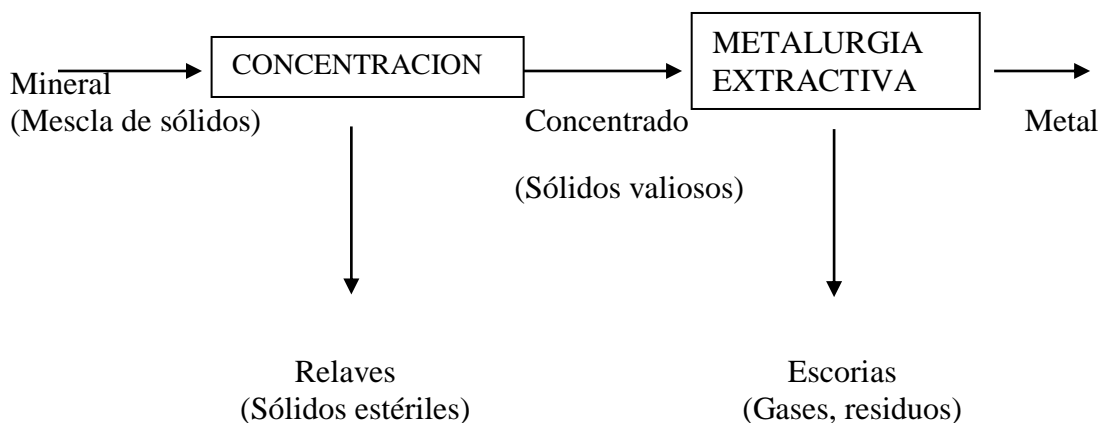


Figura N°1.- Etapas de obtención del Metal Fuente: Elaborado por Shuntur (2018).



Las operaciones de concentración se realizan utilizando diferencias entre propiedades específicas de los minerales.

### **3.- TIPOS DE FLOTACIÓN**

#### **3.1 FLOTACIÓN POR ESPUMA**

Es el proceso que separa minerales que están en suspensión en agua (pulpa), atacan dándolos con una burbuja de aire que selectivamente hace que el grupo de minerales valiosos floten a superficie. Es el proceso más común que se aplica para concentrar minerales, los mismos que posteriormente serán fundidos hasta lograr mayor parte de metales.

Los minerales flotables son de dos tipos: Polares y No Polares, se hace esta distinción de acuerdo al enlace superficial.

La superficie de los MINERALES NO-POLARES tiene enlaces relativamente muy débiles, difíciles para hidratar. En consecuencia estos son HIDROFOBICOS. Los minerales no-polares (que incluyen al grafico, azufre, molibdenita, carbón y talco), son todos naturalmente flotables al estado puro. Los minerales de estas menas requieren normalmente la adición de algunos colectores tipo: aceites, petróleo, keroséne y/o destilados del carbón. Estos reactivos ayudaran a incrementar la hidrofobicidad de la fracción flotable.

Los MINERALES POLARES tienen superficialmente fuertes enlaces covalentes o iónicos con alta energía libre, La hidratación de la superficie es muy rápida debido a la fuerte reacción con las moléculas de agua formando rápidamente capas sobre la superficie mineral. Así es que se hacen HIDROFILICAS o mojables. Los minerales se agrupan según la magnitud de la polaridad.

### **3.2. FLOTACIÓN BULK**

Es un término no muy preciso. Generalmente es una flotación de una sola etapa, con desbaste y agotamiento, donde un mineral simple o un grupo de minerales valiosos son separados de las gangas.

El ejemplo mas simple es la flotación de diversas especies de sulfuros de cobre de una mena que también contiene pirita e insolubles.

### **3.3. FLOTACIÓN DIFERENCIAL**

El termino de flotación diferencial se aplica a la flotación menas de uno o mas especies mineralógicas de sulfuros complejas, mediante la separación individual de minerales de flotación similar cobre, plomo, zinc, plata y oro de una sola mena, o molibdenita de un concentrado de cobre justificando económicamente el proceso y que involucra el uso de reactivos (colectores, espumantes, depresantes y activantes) dejando simultáneamente en los relaves a especies mineralógicas de otro tipo (sulfuros y óxidos) deprimidas por reactivos adecuados.

### **3.4. FLOTACIÓN SELECTIVA**

Debido a la variedad de especies presentes en los minerales, con sus diferentes leyes, y siendo unas, subproductos de las otras, es conveniente obtener separadamente concentrados de cada una de los productores valiosos. Por ejemplo la pirita en minerales de cobre constituye una impureza o ganga que hay que eliminar.

La flotación selectiva tiene una serie de alcances, respecto de subproductos, impurezas, ganga. Se aplica a:

Sulfuros de metales pesados y subproductos.

Polimetálicos

Eliminación de impurezas

Selectividad frente a la ganga

Se trabaja con:

- Depresantes: oxidantes, reductores, complejantes, precipitantes

- Activadores
- Dispersantes de ganga.

Ejemplo:

1. Separación de Cu -Mo
2. Activación de esfalerita
3. Separación Pb - Cu - Zn - Fe
4. Separación Cu -Ni - Co

#### **4. POTENCIAL ZETA**

El potencial entre la capa de referencia y el resto de la solución es el POTENCIAL ZETA. Este potencial zeta depende de la carga superficial de la partícula y, puesto que puede ser determinado más fácilmente que la carga superficial, se toma como una medida conveniente de carga. La mayoría de terminaciones de potencial zeta se basan en métodos electroforéticos y miden la movilidad de partículas individuales suspendidas, cargadas bajo la influencia de un potencial aplicado, el aparato de medida se conoce como zetameter.

Finalmente se debe remarcar que la importancia del "Potencial cero" radica en que el signo de la carga superficial tiene un mayor efecto de absorción que de todos los otros iones y particularmente de aquellos cargados aparentemente en la superficie ya que funcionarían como contra-iones para garantizar la electro-neutralidad (los colectores de flotación generalmente tiene una función de contra-iones activadores superficiales).

## 5. REACTIVOS EMPLEADOS EN FLOTACIÓN

La mayoría de minerales son mojables (hidrofilitos) por naturaleza, si ese es el caso, para lograr la flotación de una especie mineral y separarla de otras es necesario convertir su superficie selectivamente en hidrofóbica (no se moje). Ello se logra regulando las condiciones generales de la solución acuosa del sistema (eliminación de iones, pH ajustado, etc.) y agregando seguidamente un reactivo denominado COLECTOR que se adsorbe selectivamente a la superficies de las especies minerales deseadas y las hace hidrofóbicas. Aunque se presente el caso de especies minerales no mojables por naturaleza (tipo de carbones y molibdenita), se prefiere agregar de todos modos un colector suplementario.

Es necesario dar cuenta también del caso en que algunas especies minerales pueden hacerse hidrofóbicas sin el uso de colectores. Ello ocurre cuando se usa un exceso de sulfuro de sodio en el tratamiento de mesas sulfuros y que tiene como resultado la formación de películas superficiales bastante estables e hidrofóbicas, posibles de lograr la flotación (irregular) sin la adición de un colector en especial.

Cuando se hace referencia a la regulación de la química de solución acuosa, puede considerarse la adición específica de reactivos ACTIVADORES, que incrementan la selectividad aumentando la adsorción o, DEPRESANTES, que previenen o retardan la adsorción del colector. En este mismo aspecto es posible también considerar la adición de DISPERSANTES para lograr que las superficies minerales se vean libres de partículas finas o lamas que pudiesen estar recubriéndolas

Finalmente se hace especial referencia a que también se puede regular el aspecto químico de la solución por control del pH para lograr que el colector se encuentre en solución de la forma mas adecuadamente posible.

Otro grupo importante de reactivos de flotación son los ESPUMANTES, que tienen básicamente dos funciones. (1) alcanzar la dispersión de pequeñas burbujas dentro de la pulpa, y 2") controlar las características de la espuma. Por lo general: modificadores interfaciales de tensión superficial, modificadores químicos de superficie y/o floculantes. La clasificación los divide en tres tipos: (1) colectores,

muchas veces denominados promotores, (2) espumantes, (3) modificadores: activadores y depresores

## **6. ESPUMANTES**

En flotación se requiere espumante para hacer que la espuma formada en la zona inmediata a la de pulpa en reposo de la celda no se frágil. Si es que se rompen estas espumas, las partículas captadas caerían nuevamente a la pulpa perdiéndose recuperación, pero el límite contrario de la estabilidad de la espuma es que una vez evacuada de la celda debe ser fácilmente destruida con la menor cantidad de agua de chisquete para mejorar los niveles de recirculación y evitar perjuicios en las etapas de bombeo por menor dilución.

Son reactivos de activación superficial que ayudan en la estabilización de las espumas o burbujas de aire. Los agentes espumantes comúnmente empleados son alcoholes poco solubles en agua, o los espumantes más modernos, que son variedades éteres de poliglicol, que son en su mayoría, completamente miscibles en agua.

Los espumantes son reactivos orgánicos solubles en agua que se adsorben en la interfase aire-agua. Son moléculas heteropolares: el grupo polar que provee la solubilidad en el agua y el otro, no polar, grupo hidrocbonato.

Otro aspecto importante es que el espumante no debe adsorberse sobre la superficie mineral, si el espumante actúa como colector, la selectividad del colector propiamente dicho se ve disminuida. Se ha determinado en la práctica que para un mejor control en la planta, la interacción entre colector y espumante debe ser mínima.

Es común detectar que escoger un espumante o una mezcla de espumantes para una aplicación particular depende del mecanismo que involucra la formación de espuma. Para la flotación de sulfuros muchas veces fueron necesarios mezclar dos

o tres espumantes como un complemento del colector utilizado y al mismo la eficiencia de flotación depende de una buena columna de espumas.

En la mayoría de los casos, un espumante contiene una parte de alcohol- como el MIBC- y también podrían contener un espumante de alto peso molecular tal como el aceite de pino o el propilen glycol, estas adiciones tienen la finalidad de modificar las propiedades físicas de el espumante y/o controlar el tamaño de burbujas cuando se trate de flotar particular gruesas.

## **7. COLECTORES**

Esta denominación refleja la opinión particular de cada metalurgista. Algunos consideran que en un sistema de flotación, la función primaria del colector es acelerar la velocidad de este proceso, otros consideran que actúan aglomerando partículas finas. Los COLECTORES son reactivos que cubren y/o reaccionan con la superficie de los minerales, haciéndola repelente al agua y que se le pueden adherir burbujas de aire. Los colectores de sulfuros minerales contienen azufre y son thiones o pueden hidrolizar a tilo. Los minerales no-sulfuros y no-metálicos son flotados normalmente empleando colectores tipo acido graso, aminas, compuestos de amonio cuaternario, sulfonato o petróleo

Es el reactivo de flotación de uso mas critico, generalmente son moléculas orgánicas o iones que se adsorben selectivamente sobre las superficies minerales para hacerla hidrofóbica. Muchos colectores son ácidos débiles, bases o en su defecto sales. Son heteropolares conformados por dos partes: una iónica, que puede ser adsorbida sobre la superficie mineral, sea por reacción química o por atracción física electrostática a la superficie. La otra parte, es una cadena o grupo orgánico que provee realmente la superficie hidrofóbica al mineral.

Existen algunos colectores que son no-ionizados, pero aun así son adsorbidos superficialmente haciéndola hidrofóbica similarmente a como si se tratara de un heteropolar. Los colectores heteropolares se subdividen en tres grandes grupos: ANIONICOS, CATIONICOS Y NO IONICOS.

## **7. AGENTES MODIFICADORES**

No existe mucha claridad entre la función de un agente inorgánico como ayuda de flotación. Por ejemplo para controlar el pH, se usa cal, pero como este producto contienen el catión calcio y se sabe que este es depresante de pirita, para flotaciones de cobre y depresor de cuarzo y talco en flotaciones de minerales de plata, por esto es que la cal debe ser considerada como un modificador de dos funciones contrapuestas.

Los silicatos y fosfatos actúan como modificadores cuando son usados para controlar el efecto de las impurezas aniónicas o catiónicas en la flotación del agua, pero pueden también actuar como activadores o depresantes para otros sistemas de flotación. Otro ejemplo de esta dualidad de funciones es el del anión sulfhidrico que puede ser depresante para sulfuros de cobre (especialmente en la separación cobre/molibdenita), pero bajo un control estricto de su concentración puede resultar un buen sulfidizante para activar óxidos de cobre.

## **8. AGENTES ACTIVADORES**

Son productos químicos cuyo uso permite la flotación de determinados minerales que sin ellos serian imposibles de flotar con el solo uso de colector y espumante. Facilitan la unión de un colector con un mineral; intensifican la acción del colector sobre los minerales. Algunos son activadores con determinados minerales y depresores en relación a otros. Por ejemplo, el sulfuro de sodio activa la flotación de muchos minerales oxidados no ferrosos, pero es un depresor para minerales sulfurados.

Ejemplos de activadores

1. Sales solubles de metales pesados no ferrosos (Cu, etc), los cuales activan la pirita, esfalerita, cuarzo y ciertos sulfuros minerales.
2. Las sales solubles de metales alcalinos térreos (Ca, etc.) activan la flotación del cuarzo y otros minerales no sulfurados.
3. Sulfuro de sodio y otros sulfuros solubles son usados en la activación de minerales metálicos no - ferrosos oxidados. (Ej. Cerusita, malaquita, etc.)

4. Oxígeno (como oxígeno atmosférico) activa la flotación de sulfuros y de un número de minerales no sulfurados.

## **9 AGENTES DEPRESORES**

Son reactivos usados para flotación diferenciales, cuando la flotabilidad de dos especies es muy similar ante un mismo colector. Después de la cal, el cianuro es el depresante de mayor uso. Actúan haciendo superficie mineral inadecuada a la acción del colector.

### **EFFECTO DEPRESOR DE LOS CIANUROS**

Los cianuros son usados en la flotación selectiva de cobre - zinc y minerales polimetálicos plomo - cobre - zinc, como depresor de la blenda, pirita y ciertos sulfuros de cobre.

## **10. MODIFICADORES DE PH**

Tal como la cal, soda cáustica, ácido sulfúrico, etc. Pueden ser considerados activadores porque la relación mineral/reactivo tiene un pH crítico de flotación.

Como la flotación es un fenómeno de superficie y que es extremadamente sensible al contenido de iones del agua de flotación, las sales solubles del mineral serán muy importantes a considerar ya que ellas estarán en la pulpa, definitivamente no se trata solo de modificar el pH, sino que el modificador pueda variar el mismo neutralizando los iones que puedan afectar la flotación.

Ese es el problema por el cual algunas flotaciones diferenciales plomo-cobre-zinc no pueden ser muy bien logradas debido a que los iones cobre activan a la esfalerita en el primer circuito bula. Elegir entre cal o soda para modificar el pH no es solo un asunto de costo.

1. Promueven o suprimen la ionización de reactivos.
2. Controlan la adsorción de los reactivos en la superficie mineral.
3. Controlan interacción entre reactivos.



## **11. CLASIFICACION Y TIPOS DE MOLINOS**

Dependiendo de la fineza del producto final, la molienda se dividirá a su vez en sub-etapas llamadas primaria, secundaria y terciaria. El equipo más utilizado en molienda es el molino rotatorio, los cuales se especifican en función del **Diámetro** y **Largo** en pies (DxL).

### **1. CLASIFICACION DE MOLIENDA**

La molienda se clasifica en:

Molienda Convencional

Molienda no Convencional

### **2. TIPOS DE MOLINOS**

#### **MOLINOS DE BARRAS**

Este tipo de molinos, son utilizados preferentemente en la molienda primaria, utilizando barras de acero.

Los molinos de barras son usados principalmente para la molienda primaria de material chancado en el rango de hasta 50mm de material suave o de hasta 20-30mm en material duro, y como preparación del material para la alimentación de los molinos secundarios de bolas.

#### **MOLINOS DE BOLAS**

Este tipo de molinos son utilizados en la molienda secundaria y terciaria , utilizando bolas de acero como medio de molienda.

Los molinos de bolas son usados como molienda secundaria y terciaria. Los molinos de bolas son molinos secundarios usualmente usados en la preparación del material para los procesos de concentración posteriores.

## **MOLINOS DE GUIJARROS**

Se usan en molienda secundaria donde la minimización de la contaminación del mineral procesado y de los costos operativos, son de gran importancia. El rango de aplicación es similar al de molinos de bolas.

## **MOLINOS AG O AUTÓGENOS**

Es la molienda de la ENA por si misma. En menas adecuadas, esta técnica elimina los costosos medios de molienda y pueden producir menor porcentaje de finos que la molienda convencional.

Los molinos autógenos y semi-autógenos, son diseñados para molienda primaria directamente del mineral de mina o de mineral proveniente de un chancado primario.

## **MOLINOS SAG O SEMIAUTÓGENOS**

Es una combinación de Molienda SAG más una carga reducida de bolas (de 6% a 11% del volumen interno del molino). Ambas operan generalmente en húmedo, lo que evita los problemas de moler en seco entre los que se tienen:

- Proceso difícil de controlar.
- Generación de problemas ambientales (polvo, ruido, etc.)

En el caso de la molienda AG, la alimentación debe estar compuesta de una suficiente cantidad de rocas grandes que se muelan a lo menos con igual velocidad que las partículas pequeñas

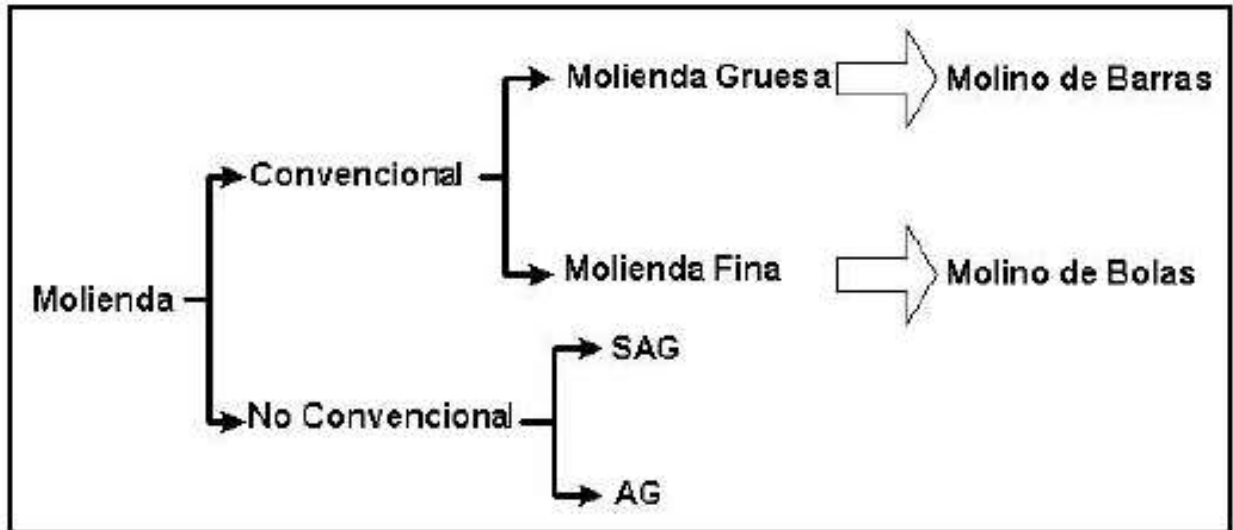


Fig. 6.1  
Tipos de Molienda.

**Grafico 2.6**

## 12.- COMPARACION Y USOS ENTRE EL HIDROXIDO DE SODIO Y LA CAL

### LA CAL.

La cal es el regulador de alcalinidad y pH que mas comúnmente se usa. Generalmente se usa en flotación en forma de cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , La cantidad de cal que se requiere en la operación varia considerablemente dependiendo del pH deseado y de la cantidad de constituyentes consumidores de cal que se encuentran presentes naturalmente en la mena.

Casi en todas partes la cal es mas barata que el hidroxido de sodio por esta razón se usa ampliamente en el tratamiento de menas sulfurosas, particularmente las de cobre y cinc. Generalmente se prefiere el hidroxido de sodio para el tratamiento de menas de sulfuro de plomo y de metales preciosos, la cal tiende a deprimir la galena y el oro metálico y su adición requiere un control mas cuidadoso.

Adema de ser un regulador de la alcalinidad, la cal es un depresor de los sulfuros, de hierro como pirita, pirrotita, marcasita y arsenopirita, así como sulfuros de cobalto y níquel. Para esta aplicación usualmente se usa junto con cianuro.

## **HIDROXIDO DE SODIO**

La soda cáustica (NaOH) se usa ocasionalmente en lugar del carbonato de sodio en algunas operaciones de flotación de plomo–cinc. El Hidroxido de sodio se utiliza para deprimir la estibinita .

En los casos en que las lamas de la ganga constituyen un problema serio, el Hidroxido de sodio puede ser muy efectivo para mejorar tanto la ley de concentrado como la recuperación. Como el Hidroxido de sodio produce un efecto dispersor, a veces se encuentran dificultades en el espesado y el filtrado de los concentrados de flotación y de las colas de un circuito en que se usa este reactivo

## CONCLUSIONES

- El porcentaje óptimo de la maya de liberación debe de ser de entre 53 – 56 por ciento, con la finalidad de que se dé una adecuada liberación del mineral disminuyendo el contenido de lamas en la pulpa, ya en niveles más altos como 63 -67 por ciento filtra demasiado material fino (lamas).
- Se debe buscar de mantener una alcalinidad del circuito y el pH no debe exceder el 12 para una flotación óptima.
- Al aplicar las modificaciones planteadas en el trabo se logra en la recuperación un incremento en los balances metalúrgicos, logrando un 46 - 48 % de Zinc en el Concentrado y 67%-72% de contenido metálico.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los cambios planteados estén aplicados en el ajuste de operaciones y estas deben estar acorde con las condiciones de flotabilidad del mineral, modificación de reactivos, maquinas y circuitos. Se deben seguir realizando pruebas por el cambio continuo de mineral que se manda desde de mina.
- Se recomienda que se evalué de una manera más específica en el proceso para que se afinen las modificaciones los concentrados no se desplazarán a los relaves, dándole solución a todos los problemas, estabilizando el proceso.

## BIBLIOGRAFIA

1. TARO YAMARE 1974 "Estadística" Editorial Harla, 3ra edicion, Mexico
2. DOUGLAS C. MONTGOMERY 1991 " Diseño y Analisis de Experimentos" Editorial Iberoamericana , 1ra Edicion , Mexico
3. O.A. MUHTADI AIME 1983 " Experimental Estadistical optimization of Zinc, Precipitación Parameters" 1ra edicion
4. J.MACKWAIK "Fisico –Quimica para metalurgistas" EditorialTecnos,Madrid
5. MURPHY T. 1977 "Desing and analysis of Industrial Experiments " Chemical Engineering.
6. TAGGART A. F. "Hand Book of Mineral Dressing " Chancado Molienda Flotacion
7. DOW CHEMICAL "Fundamentos de Flotacion"
8. BARD A. 1996 Chemical Equilibrium " Departament of Chemistry University of Texas a Hamper Edition,Tokyo
9. SUTULOV "Flotacion de Minerales"
10. FATHIHABASI,1980 "Extractive Metallurgy" Vol 2 Hidrometalurgia Edicion Gordon and Breahc
11. KIRD OTHOMER 1962 "Enciclopedia de Tecnologia Quimica " Tomo IV 1ra Edicion Editorial UTEHA , Mexico
12. MORRIS PUMP, INC. " Standart Testing Sieves and Laboratory
13. CYANAMID INTERNATIONAL "Manual de Productos Quimicos para la Minería"
14. DENVER "Modern Mineral Processing Flowsheets"
15. BRONW LEWAY BRUSTED 1993 "Quimica la Ciencia Central" editorial Prentice Hall Mexico
16. A.G. SHARPE 1976 "The Chemistry of The Transition Metals" London , Academic Press.
17. DOHEIM M. 1985 " Rapid Estimation for Correct Cut Point I Hidrocyclons" International Journal of Minerals Procesing

- 18.** MINERAL PROCESING TECHNOLOGY AN INTRODUCTON TO THE PRACTICAL ASPECTS TREATMENT AND MINERAL RECOVERY B. A. Wills
- 19.** ANALISIS Y SIMULACION DE PROCESOS ,David Himmelolau.
- 20.** CIRCUITOS DE TRITURACION Y MOLIENDA DE MINERALES , SU SIMULACION , OPTIMIZACION , DISEÑO Y CONTROL A. J. Lynch
- 21.** OPTIMIZACION EN INGENIERIA Ralph Pike.



## ANEXOS



**Fotos de la Planta**











**JURADO**

**PRESIDENTE.**

**SECRETARIO.**

**VOCAL.**

**ASESOR.**