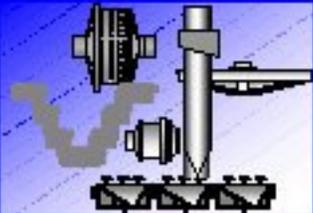




➤ Reactivos de Flotación II



Flotación

REACTIVOS DE FLOTACIÓN

Se clasifican en tres grupos principales:

❖ *Colectores:*

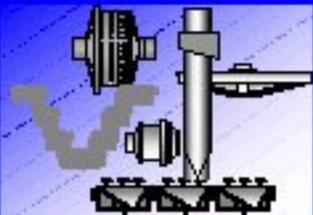
Su función principal es la de proporcionar propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales.

❖ *Espumantes:*

Permiten la formación de una espuma estable, de tamaño de burbujas apropiado para llevar los minerales al concentrado.

❖ *Modificadores:*

Sirven para crear condiciones favorables en la superficie de los minerales, principalmente para el funcionamiento selectivo de los colectores.



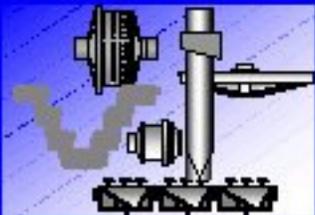
Flotación

Xantatos:

Son sales del ácido xantático, que se producen al reaccionar un alcohol con disulfuro de carbono.

Características principales:

- Bajo costo, aprox. 1,1 – 1,2 US\$/kg
- Fuertes propiedades colectoras y buena selectividad.
- Reactivos fundamentales para la flotación de sulfuros comunes (Cu, Zn, Pb, Fe, Co - Ni, etc.), para metales nativos (Cu, Ag, Au) y para minerales oxidados previamente sulfidizados.
- Se descomponen a pH bajos. Se usan en circuitos a pH alcalino o neutro.
- Son sólidos.
- Dosificación usual 10 – 100 g/t. Alimentación en solución al 10 – 20% en peso.
- Ejemplo nombre comercial: Xantato Aero 317, 343, etc. de la Cyanamid y SF 113, SF 114, etc. de la Shell.



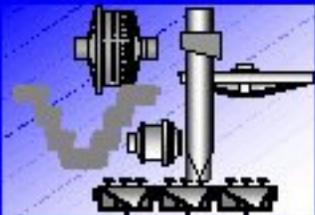
Flotación

Ditiofosfatos:

Son ésteres secundarios del ácido ditiofosfórico y se preparan haciendo reaccionar pentasulfuro de fósforo y alcoholes.

Características principales:

- Líquidos.
- Se recomienda agregarlos en la molienda o en el acondicionamiento. Diluidos (5 – 20%) o sin diluir dependiendo de cual se trate (en general tienen poca solubilidad en agua).
- Algunos tienen **propiedades espumantes** (Aerofloat 25, 31 y 33).
- Son colectores de menor potencia que los xantatos.
- Son **más selectivos** que los xantatos.
- Se usan en la flotación de sulfuros (Cu, Pb, Zn), algunos de ellos en la flotación de sulfuros de Fe, metales preciosos y óxidos no metálicos.
- Dosificación usual 25 – 100 g/t.
- Ejemplo nombre comercial: Aerofloats 25, 31, 33, ..., 238, 242, etc. de la Cyanamid (Cytec).
- La Cyanamid (Cytec) les llama promotor + el nombre comercial, ejm.: Promotor Aerofloat 238.

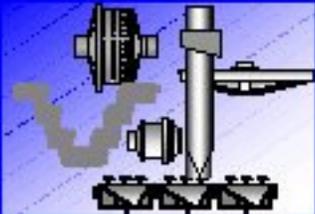


Flotación

Colectores Oxhídricos:

Carboxílicos (ácidos grasos y sus sales, y los jabones)

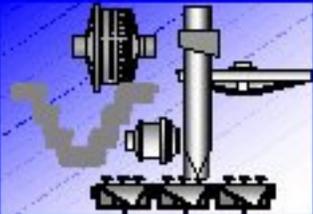
- Fuertes propiedades colectoras.
- Poco selectivos, lo que impide una eficiente separación de los sulfuros de sus gangas.
- Se usan actualmente en la flotación de **minerales oxidados, sales y no metálicos**, por ejemplo en la flotación de minerales de manganeso y hierro, y en la flotación de la malaquita.
- Mayor consumo que los colectores sulfhídricos (ácidos grasos 250 – 1000 g/t y jabones 100 – 1000 g/t).



Flotación

Sulfatos y Sulfonatos

- Se usan para la **flotación selectiva de minerales que contienen calcio y para la flotación de sales solubles** (cloruros y sulfatos).
- Pueden flotar sulfuros pero con menor eficiencia que los xantatos.
- Mayor consumo que los xantatos.
- Pueden flotar óxidos metálicos pero con un consumo muy elevado.
- Se pueden usar en circuitos ácidos.

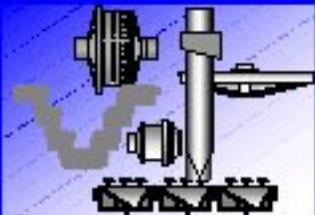


Flotación

Colectores Catiónicos

Características principales:

- Fácil adsorción y desorción (en algunos casos se pueden eliminar del concentrado al lavarlo con agua fría).
- Son menos selectivos que los colectores aniónicos.
- Se usan en la flotación de los siguientes minerales: talco, micas secundarias, sericita, caolinita y también, pero en menor grado, en la flotación de micas primarias, zirconio, cuarzo, silicatos, aluminosilicatos, **flotación de sales solubles (sivita KCl)**, varios óxidos etc..
- Tiene gran importancia en la flotación el pH.
- El aumento de temperatura en las pulpas favorece la recuperación.
- Se pueden usar en aguas muy duras.
- Poco selectivos.
- **Muy sensibles a las lamas** (baja la recuperación con su presencia).



Flotación

Modificadores:

Son reactivos que se usan cuando se necesita mejorar las condiciones de colección y/o cuando se necesita mejorar la selectividad del proceso. Bajo esta categoría se incluye:

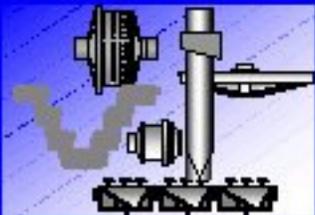
Activadores, Depresantes y los Reguladores de pH.

Activadores:

Estos reactivos sirven para aumentar la adsorción de los colectores sobre la superficie de los minerales o para fortalecer el enlace entre la superficie y el colector.

Hay distintas maneras de activar una superficie, éstas pueden ser:

- Limpiando la superficie del mineral afectado, por ejemplo, por un proceso secundario de oxidación. En este caso se puede agregar algún ácido para disolver las capas oxidadas de los sulfuros.



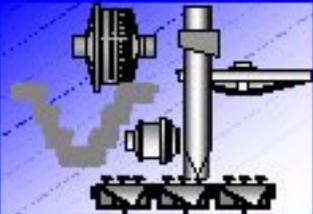
Flotación

- Formando en la superficie una capa particularmente favorable para la adsorción del colector. Un ejemplo de este caso es la **sulfidización (NaSH)** de los óxidos metálicos antes de la aplicación de colectores sulfhídricos.
- Reemplazando en la red cristalina los iones metálicos por otros que formen un compuesto más firme con los colectores. Ejemplos de esto:

La activación de la esfalerita o blenda (ZnS) por el **ión cúprico (sulfato de Cu)**:



La activación de la cerusita (PbCO₃) con **Na₂S**:



Flotación

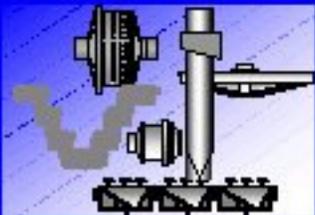
Depresantes:

Estos reactivos sirven para disminuir la flotabilidad de un mineral haciendo su superficie más hidrofílica o impidiendo la adsorción de colectores que puedan hidrofobizarla.

Este efecto se puede lograr introduciendo en la pulpa un ión que compite con el ión del colector por la superficie del mineral. Si, por ejemplo, el colector es aniónico, el ión del depresor también debe ser aniónico.

Ejemplos de depresantes:

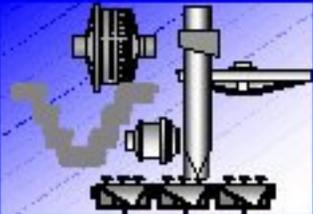
➤ **Sulfuro de sodio**, Na_2S , deprime a los sulfuros. Se usa por ejemplo para deprimir los sulfuros de cobre en la flotación selectiva de Cu – Mo.



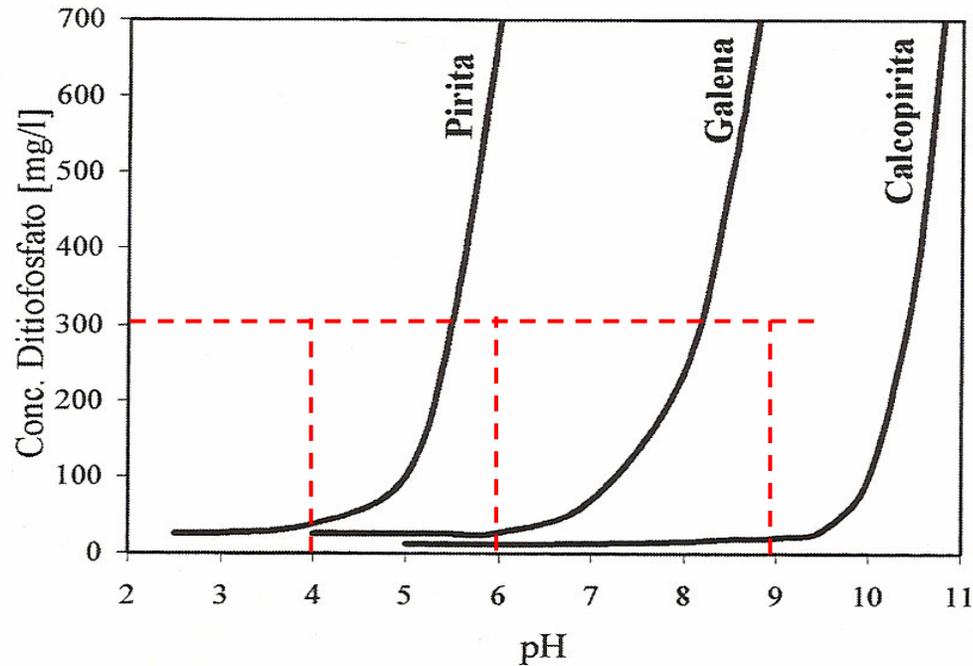
Flotación

Depresantes

- **Sulfhidrato de Sodio** NaSH, deprime a los sulfuros. Se usa por ejemplo para deprimir los sulfuros de cobre en la flotación selectiva de Cu – Mo.
- **Cianuro de sodio**, NaCN, no actúa sobre la galena (PbS) ni la molibdenita, pero deprime a la **blenda** (ZnS), a la **pirita** y a la **calcopirita** (50 – 500 g/t).
- **Cal**, deprime a la pirita (1 – 3 Kg/t), al oro.
- **Cromatos y bicromatos** ($K_2Cr_2O_7$) alcalinos, deprimen a la galena, pero no a la blenda o a los sulfuros de Cu.



Flotación



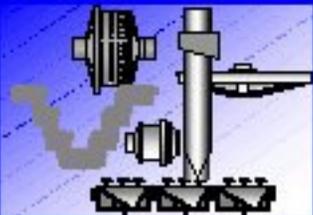
Curvas de contacto en función de concentración de colector y pH

Con una dosis de 300 mg/l

A pH 4 flotan todos

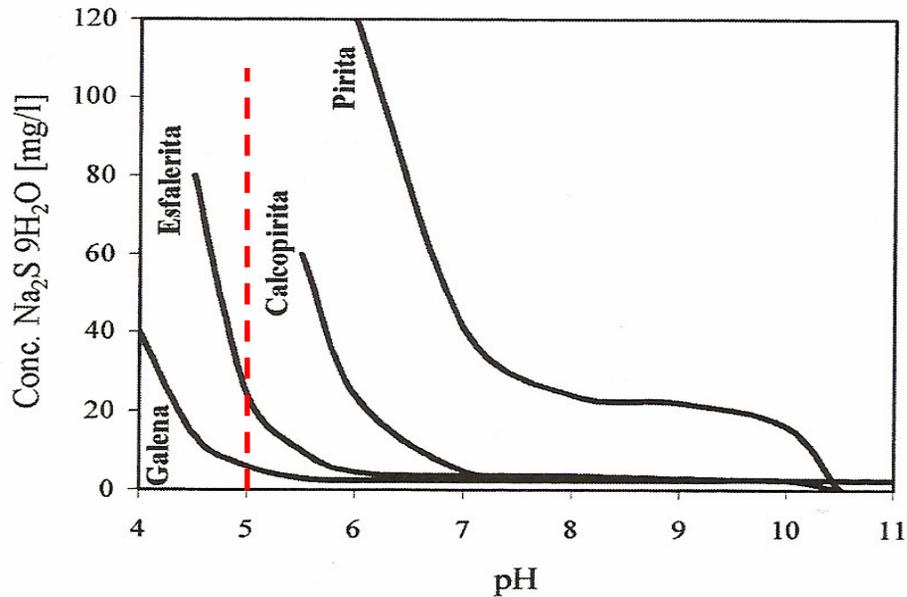
A pH 6 flotan galena de calcopirita

A pH 9 flota sólo la calcopirita



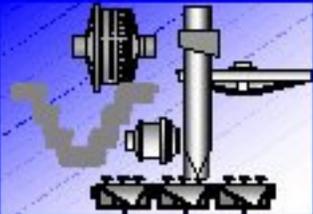
Concentración de Minerales

Flotación



Curvas de contacto en función de concentración de sulfidizante y pH
(Colector: Etil xantato de potasio, [25 mg/l])

**La galena es muy sensible a pequeñas dosis de Na_2S
A pH 5 y conc. $\text{Na}_2\text{S} > 5$ la galena no flota**



Flotación

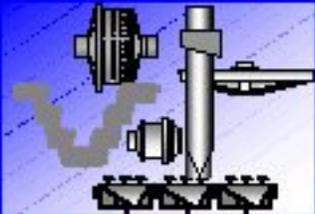
Reguladores de pH:

El regulador de pH más usado para operar en medio alcalino es la cal, la que puede agregarse como cal viva (CaO) o como cal apagada (Ca(OH)_2).

Otros reguladores de pH son:

Medio alcalino: soda ash (Na_2CO_3), agregada en seco y la soda cáustica (NaOH) agregada como solución. Se prefiere la cal por su menor costo, siempre que los iones Ca^{++} no afecten el proceso de flotación.

Medio ácido: solución de ácido sulfúrico.



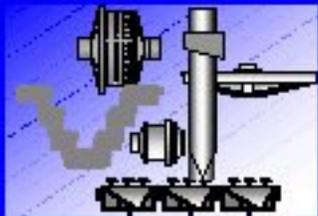
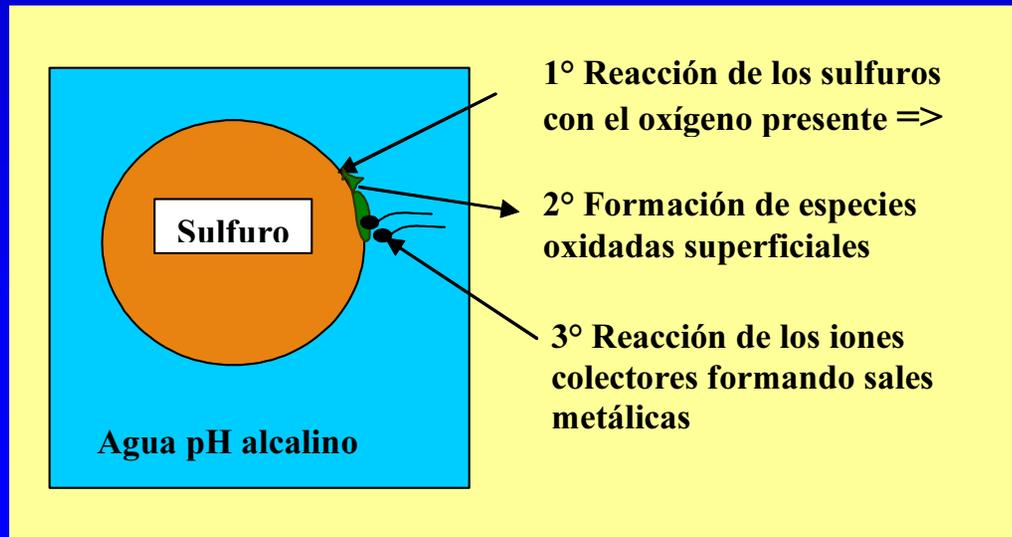
Flotación

Aspectos Generales de la Flotación de Sulfuros

En la flotación de los sulfuros la adsorción de los colectores sulfhídricos es fundamental, jugando un papel importante la presencia de oxígeno en ella. Hay dos teorías que explican el mecanismo de adsorción:

Teoría Química:

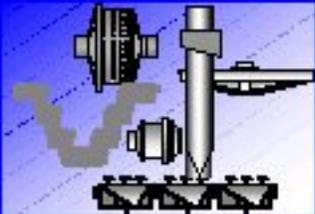
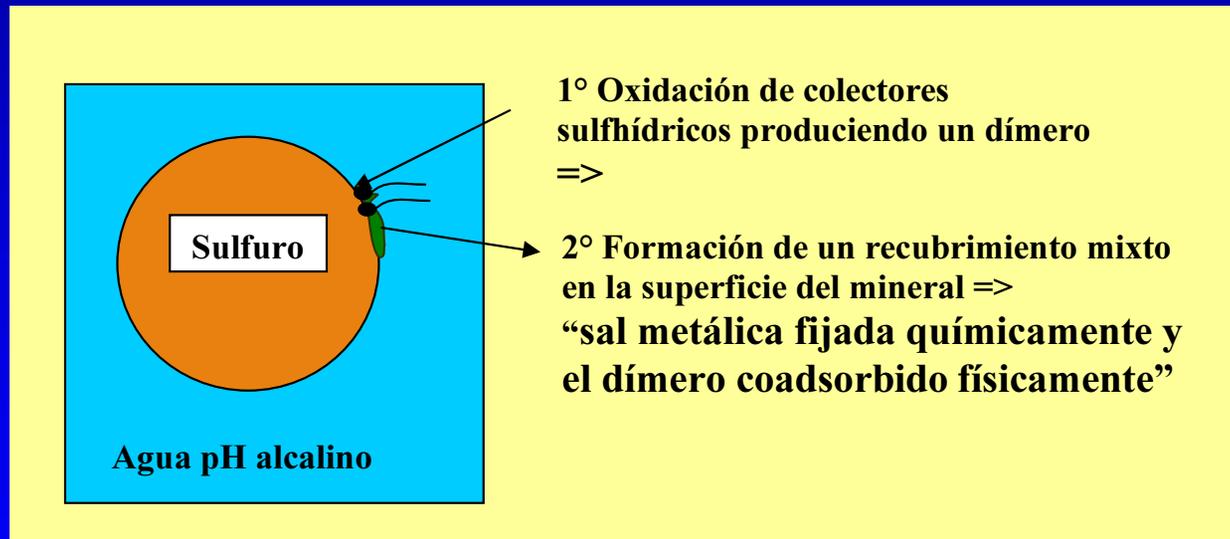
En un medio acuoso alcalino los sulfuros tienen una reacción previa con el oxígeno formándose especies oxidadas superficiales, las cuales reaccionan posteriormente con los iones colectores para formar sales metálicas de menor solubilidad que las especies oxidadas.



Flotación

Teoría Electroquímica (semiconductores):

En la superficie del mineral se producirá la oxidación de ciertos colectores sulfhídricos, formando un dímero que daría una naturaleza mixta al recubrimiento de la superficie del mineral (sal metálica fijada químicamente y el dímero coadsorbido físicamente).



Flotación

La adsorción del oxígeno modificaría los niveles de energía de los electrones de los sulfuros. El oxígeno como es un aceptor de electrones, tomaría los electrones libres de las capas superficiales de la red cristalina, transformando al semiconductor y haciendo posible la adsorción de los aniones xantatos y su oxidación a dixantógenos.

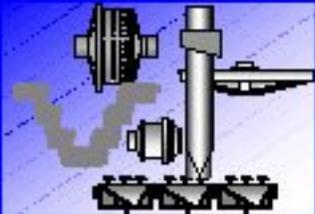
Dímeros:

“Productos de oxidación de los colectores sulfhídricos, se generan mediante un mecanismo de tipo electroquímico”. Los sulfuros al ser semiconductores se produce en su superficie reacciones anódicas y catódicas, por ejemplo en el xantato:

Reacción Anódica de oxidación de xantato => El xantato se oxida a **dixantógeno** (pierde electrones).

Reacción Catódica de reducción de oxígeno => El oxígeno se reduce (capta electrones).

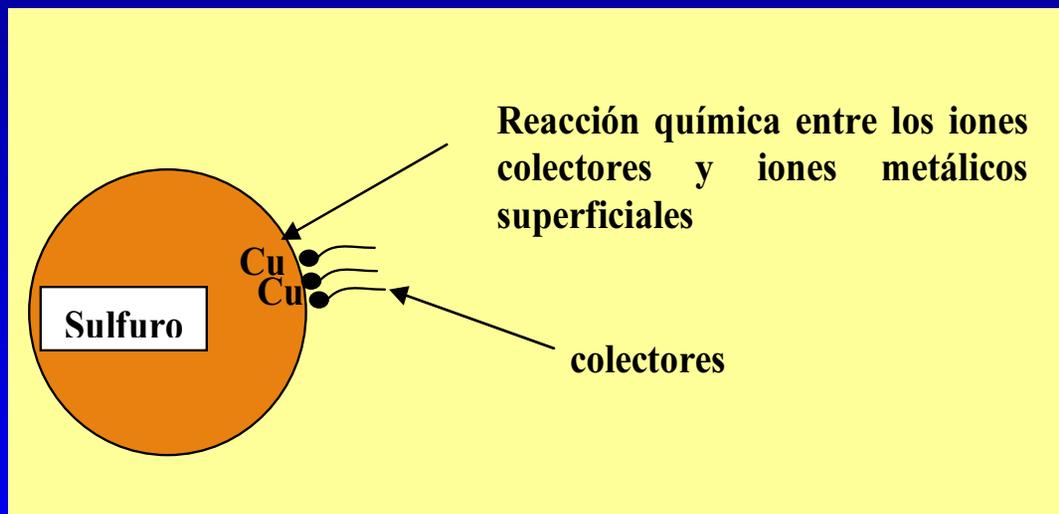
Reacción final:



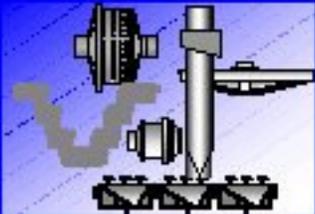
Flotación

Sales Metálicas:

Son producto de la reacción química entre los iones colectores y los iones metálicos superficiales.



La solubilidad de éstas depende del ión metálico y del colector, se puede encontrar **sales de baja y alta solubilidad**.



Flotación

Solubilidad baja => que son de difícil remoción de la superficie de minerales sulfurados de ese elemento. Ejm. los xantatos de plomo son de muy baja solubilidad comparado con los xantatos de cinc, por lo tanto la superficie de los minerales de plomo es más hidrófoba que las de los cinc.

Solubilidad Alta => son de fácil remoción de la superficie de minerales sulfurados de ese elemento. Los xantatos de cinc son de fácil remoción de la superficie por que son muy solubles.

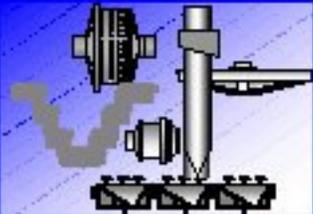
Para un mismo tipo de colector y ión metálico, la solubilidad de la sal disminuye para un mayor largo de la cadena. Ejemplo:

Etil xantato de Plomo (2 carbonos):

Producto de Solubilidad $2,1 \times 10^{-17}$

Amil xantato de Plomo (5 carbonos):

Producto de Solubilidad $1,0 \times 10^{-24}$



Flotación

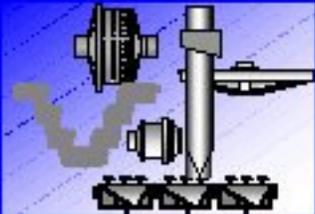
Para un mismo tipo de colector y largo de la cadena hidrocarbonada, distintos iones metálicos originan sales de distinta solubilidad.

Etil xantato de Plomo (2 carbonos):

Producto de Solubilidad $2,1 \times 10^{-17}$

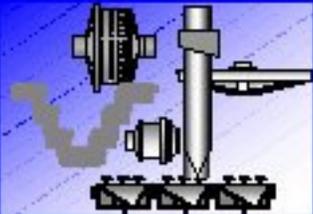
Etil xantato de Cinc (2 carbonos):

Producto de Solubilidad $4,9 \times 10^{-9}$





- **Flotación de sulfuros**
- **Flotación de óxidos**
- **Flotación de sales**

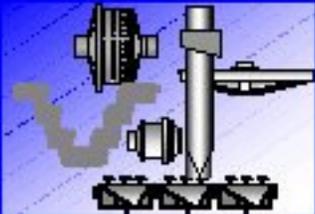


Flotación

❖ Flotación de Sulfuros

Los sulfuros metálicos tienen propiedades fuertemente hidrófobas, de manera que junto con los metales nativos son los minerales más fácilmente flotables. El gran problema que presenta la flotación de sulfuros es la separación entre ellos, es decir, la flotación selectiva de los sulfuros individuales a partir de concentrados colectivos.

Otro problema que se presenta en la flotación de los sulfuros es la influencia de la oxidación superficial de éstos sobre su flotabilidad. La oxidación superficial se produce por erosión y oxidación por el aire y aguas presentes en los yacimientos, produciendo una película de óxidos, sulfatos o carbonatos sobre la superficie de éstos.



Flotación

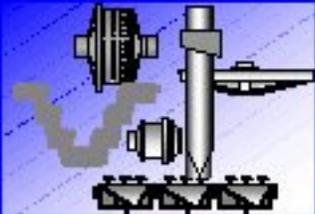
◆ *Flotación de Sulfuros de Cobre:*

Los principales minerales sulfurados de cobre son:

- Calcopirita (CuFeS_2)
- Calcosina (Cu_2S)
- Bornita (Cu_5FeS_4)
- Covelina (CuS)

Además: tenantita, tetraedrita, enargita, etc.

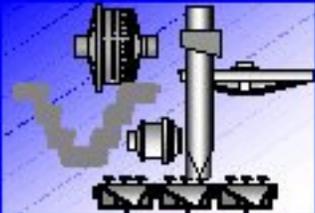
Los minerales de cobre frecuentemente están acompañados de molibdenita (MoS_2) y piritita (FeS_2), principalmente, además de: oro, plata, minerales de plomo, zinc, níquel, cobalto, etc.



Flotación

Antecedentes de su flotación:

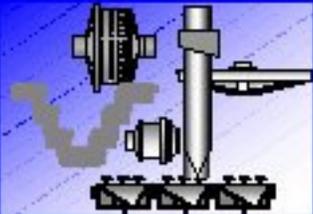
- Flotabilidad buena.
- Flota con cualquier colector sulfhídrico (xantatos, ditiofosfatos etc.) y con cualquier espumante (aceite de pino, MIBC, etc.).
- Su flotabilidad natural empieza a disminuir sólo cuando son afectados por la oxidación o por algunos fenómenos secundarios como la **depresión por lamas**.
- Los sulfuros de cobre están acompañados por pirita (FeS_2), la que también es muy flotable, particularmente en circuitos ácidos.



Flotación

- La flotación se realiza en circuito alcalino pH 9 - 12, para deprimir la pirita. En algunos casos se ayuda a la depresión de ésta agregando pequeñas cantidades de cianuro.
- Se usa generalmente cal para obtener el pH deseado por razones económicas (por lo general se agrega en molienda).
- La calcopirita se deprime con la adición de sulfuro de sodio (quimioadsorción de los iones sulfuro).
- No es muy sensible a la adición de cianuro como depresante comparado con la pirita.
- Resultados metalúrgicos típicos:

Leyes concentrado Cu:	28 – 50 %
Leyes relaves:	0,15 – 0,30 %
Recuperaciones Cu:	86 – 95%



Flotación

Ejemplo Andina:

➤ Alimentación a flotación:

d_{80} : 212 μm .
Ley de Cu: 1,01 %
Ley de Mo: 0,024 %

➤ Concentrado Colectivo Cu -Mo:

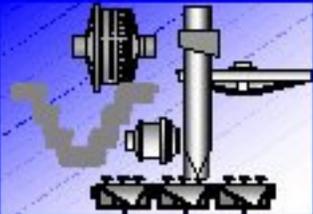
Ley de Cu: 30 % Rec Cu > 90 %
Ley de Mo: 0,46 % Rec Mo: 85%

➤ Concentrado de Mo (flot Moly)

Ley de Mo: 52%
Ley de Cu: 2%

➤ Concentrado de Cu (relave flot Moly)

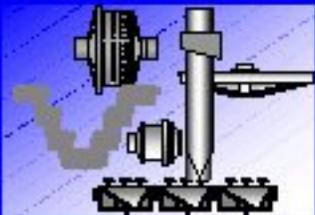
Ley de Cu: 30,2%
Ley de Mo: 0,07%



Flotación

Ejemplo Andina Reactivos:

- Colector SF-323 (Isopropil Etil Tiocarbamato) de la Shell, líquido, 21 (g/t)
Puntos de adición:
Alimentación molienda (43%) y en flotación primaria (53%)
- Espumante MIBC, 17 (g/t):
Puntos de adición:
Alimentación molienda (43%) y en flotación primaria (53%)
(en 1ra celda (50%), 3ra. Celda (40%) y 6ta. Celda (10%).
- Cal para pH 10,5
Punto de adición en molienda
- Sulfhidrato de sodio (NaHS) 5 (kg/t)
Puntos de adición:
Flotación selectiva Mo-Cu (flot primaria, flot barrido y
flot. De limpieza)



Flotación

Ejemplo Andina Reactivos:

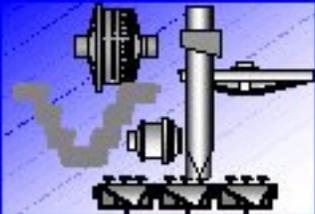
➤ Fuel oild

Puntos de adición:

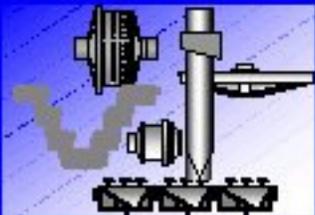
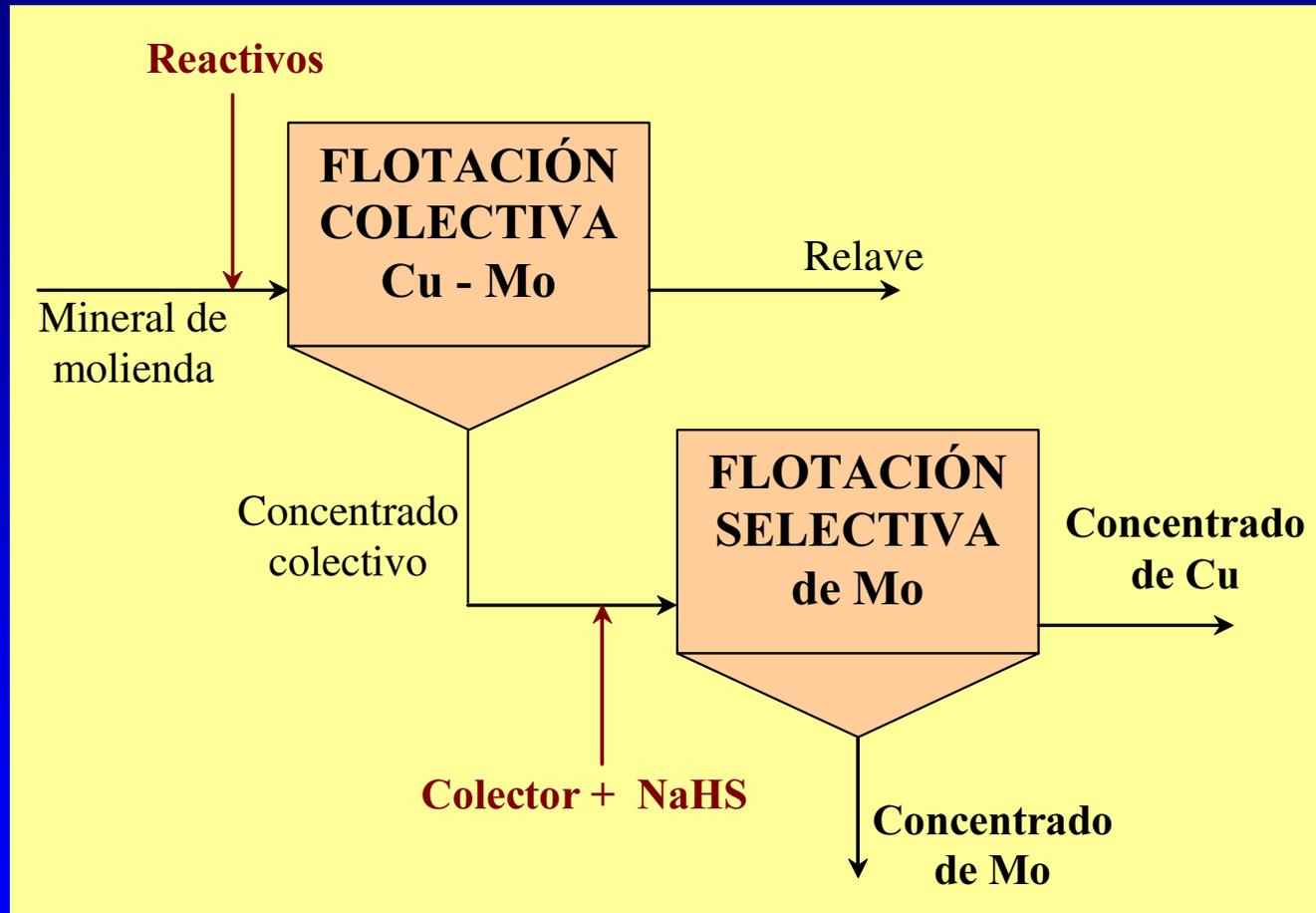
Alim. Flotación colectiva etapa de Barrido (junto con MIBC).

Flot. Selectiva (flot. Primaria, de barrido y de limpieza),

0,5 g/t conc.



Flotación



Flotación

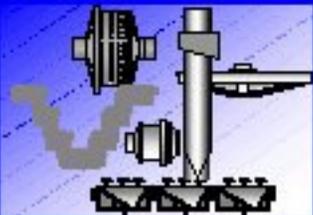
◆ Flotación de Sulfuros de Plomo y Cinc:

Los minerales de plomo y cinc se presentan juntos en los depósitos de valor económico y en la mayoría de los casos están acompañados de minerales de hierro, cobre, oro, plata y otros metales.

- El cinc se encuentra como **Esfalerita (ZnS)**.
- El plomo se encuentra generalmente como **Galena (PbS)**.

Esfalerita:

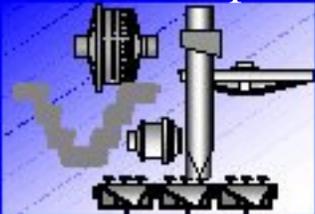
- Requiere activación con iones cuproso, cúprico, mercurioso, mercuríco, plata, plomo, cadmio y antimonio.
- Lo más común es usar **sulfato de cobre**, lo que genera que los iones Cu^{++} desplacen a los iones Zn^{++} de la red de la esfalerita.
- La activación no intencional más común de la esfalerita es con iones Cu^{++} y Pb^{++} . Esto puede evitarse agregando cianuro para evitar la activación con iones Cu^{++} y agregando sulfato de cinc para evitar la activación con iones Pb^{++} .



Flotación

Flotación de la Galena:

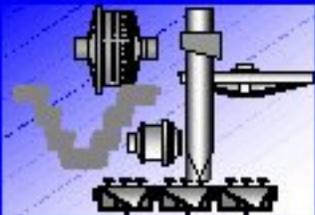
- En ausencia de colector, el oxígeno cambia el PCC de 2,6 a 7,9.
- La depresión de la galena ocurre en presencia de iones hidroxilos, **sulfuros, cromatos** y cianuros (este último sólo en conc. muy grandes).
- La depresión en ambiente alcalino se debe a la formación de hidróxidos de plomo como la plumbita ($\text{Pb}(\text{OH})_3^-$), de mayor estabilidad que el xantato de plomo.
- La depresión con **cromato (bicromato de potasio)** se debe a la formación de cromato de plomo sobre la superficie de la galena, que es un compuesto poco soluble. La depresión es atribuida a la fuerte hidratación del cromato adsorbido en la superficie (la superficie se hace menos hidrófoba).
- La depresión con iones sulfuros se debe a la formación de sulfuro de plomo, compuesto muy insoluble, sobre la superficie de la galena en lugar de la formación de xantato de plomo.
- La depresión con cianuro no es efectiva en cantidades moderadas.



Flotación

Antecedentes de su flotación:

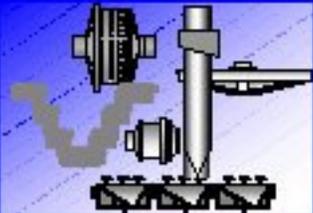
- Se debe realizar una flotación selectiva Pb -Zn.
- Se flota la galena deprimiendo la esfalerita **con cianuro de sodio** (también puede emplearse sulfato de cinc o ambos).
- El relave de la flotación de la galena, que contiene a la esfalerita, es flotado en otra etapa agregando **sulfato de cobre** para activar la superficie de los sulfuros de cinc.
- El **cianuro** además de deprimir los sulfuros de cinc **deprime a la pirita**.
- La presencia de los sulfuros de hierro convierten a la mena en acídica con la producción de sulfatos e hidróxidos de hierro, plomo y cinc, los cuales afectan la superficie de los minerales de plomo y cinc. Su efecto es:
 - ✓ La galena tiende a ser deprimida por el empañamiento de la superficie y la esfalerita tiende a ser activada por los iones plomo.
 - ✓ Las sales disueltas tales como el sulfato ferroso, consumen xantato y cianuro (alto consumo de reactivos).



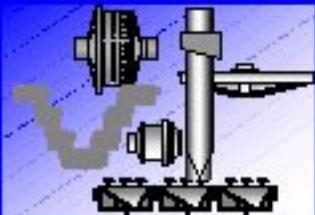
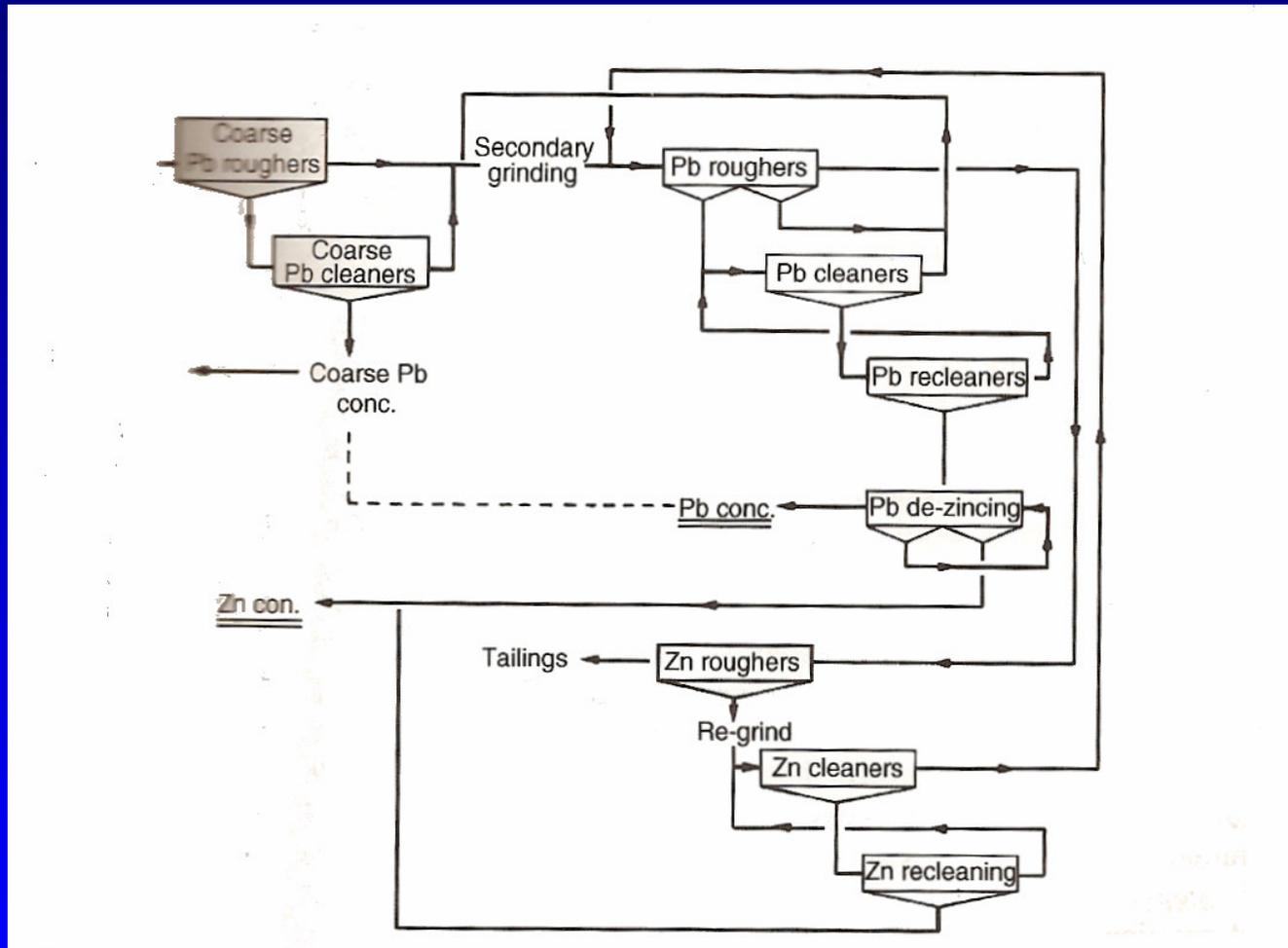
Concentración de Minerales

Flotación

- Se usa cal para ajustar el pH de manera que las sales disueltas precipiten. Un exceso de ésta en el circuito del plomo deprime la galena.
- La flotación de plomo se realiza con colectores sulfhídricos (xantatos, etc.), con aceite de pino, ácido cresílico o alcoholes como espumantes, **pH 8 – 10**.
- La flotación de cinc se realiza con colectores sulfhídricos (xantatos, etc.), con espumante convencionales, **pH 12**.
- Ley del concentrado de plomo es del orden del 70% y ley del concentrado de cinc es del orden del 62%



Flotación



Flotación

Flotación de Sulfuros de Plomo, Cinc y Cobre:

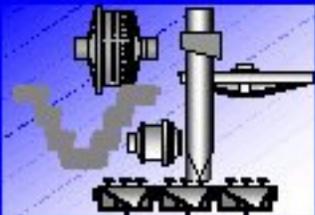
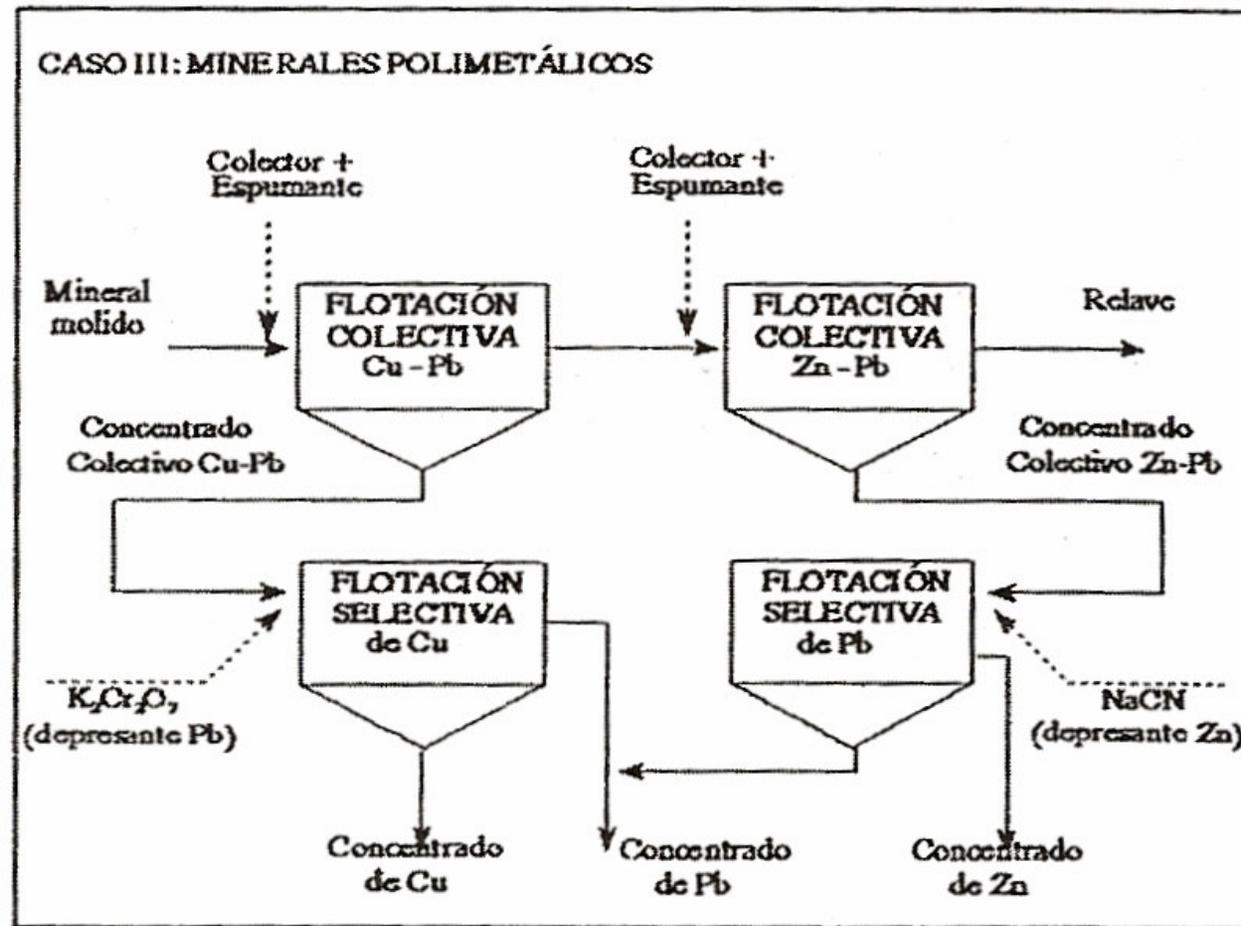
La principal dificultad de esta flotación radica en la similar flotabilidad que tienen los minerales sulfurados de cobre y cinc.

Antecedentes de su flotación:

- Se debe realizar una flotación selectiva Pb – Cu / Zn – Pb.
- Se flotan conjuntamente los minerales sulfurados de cobre y plomo.
- Se flotan colectivamente los sulfuros de plomo y cinc de las colas de la flotación anterior.
- Se flota selectivamente Cu de Pb, deprimiendo los minerales sulfurados de Pb con bicromato de potasio (si estos está en cantidades menores que los minerales sulfurados de Cu o los minerales de Cu son calcosina o covelina, que no son deprimidas por cianuro). En caso contrario se puede deprimir los minerales de cobre con cianuro.
- Se flota selectivamente Pb de Zn, deprimiendo el Zn con NaCN.

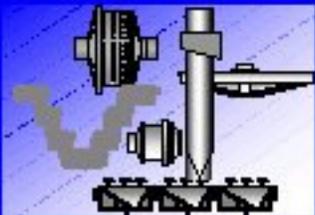
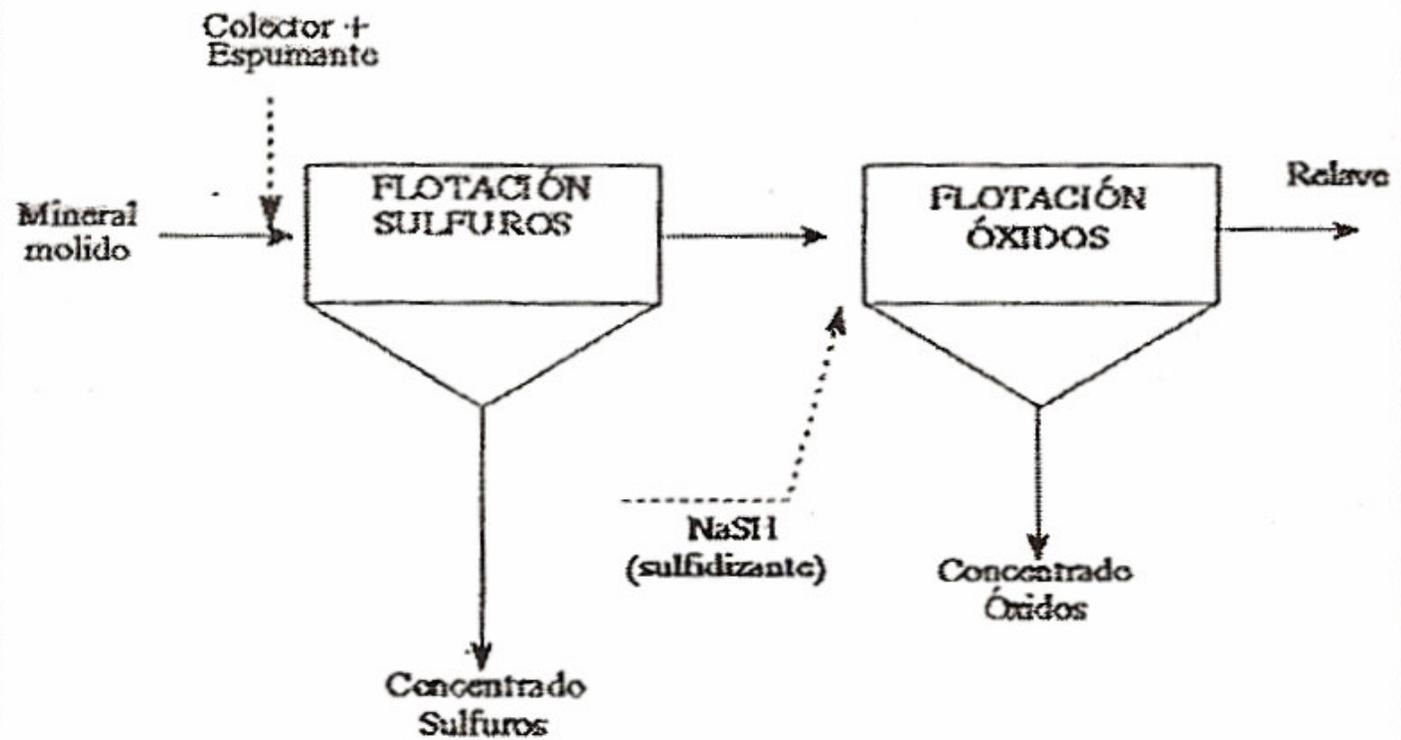


Flotación



Flotación

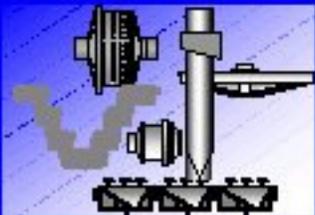
CASO II: MINERALES MIXTOS DE Cu



Flotación

❖ Flotación de Óxidos y Silicatos

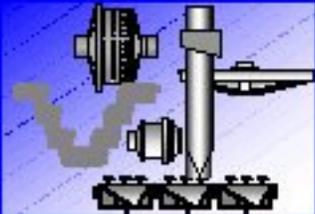
Mineral	PCC (pH)
Casiterita (SnO_2)	4,5
Corindón (Al_2O_3)	9,0 - 9,4
Cromita ($\text{Cr}_2\text{O}_8 \text{ FeO}$)	5,6 - 7,0 - 7,2
Crisocola ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$)	2,0
Cuarzo (SiO_2)	1,8
Goetita (FeO OH)	6,7
Hematina (Fe_2O_3)	5,0 - 6,0 - 6,7
Magnetita (Fe_3O_4)	6,5
Pirolusita (MnO_2)	5,6 - 7,4
Rutilo (TiO_2)	6,7



Flotación

Características principales de la flotación:

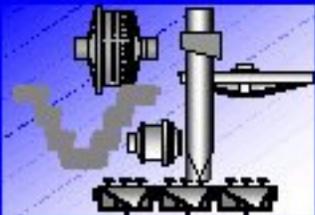
- En general se realiza con colectores que normalmente se adsorben por interacciones de tipo físico (electrostático).
- Es importante tener antecedentes respecto del tipo de carga de la superficie del mineral y de los posible colectores, del punto cero de carga, de la variación de éste frente a reactivos modificadores, etc.



Flotación

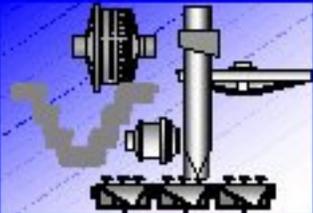
Flotación del Cuarzo:

- El cuarzo tiene escasa solubilidad, en forma pura no es flotable.
- Para la flotación de cuarzo se realiza previamente un lavado y eliminación de lamas y arcillas.
- Se activa con iones metálicos tales como los de **calcio, bario, cobre, hierro, plomo** y otros, siendo los más importantes los de **Cu^{2+} y Fe^{3+}** .
- La activación del cuarzo se utiliza cuando se requiere flotar junto con el la fluorita (CaF_2) y la barita (BaSO_4).
- El cuarzo activado flota con colectores aniónicos: **ácidos grasos y sus jabones**, en circuitos a pH 4 a 5.



Flotación

- Si el cuarzo está activado, por ejemplo con iones Cu^{2+} , para su **depresión** se utiliza **cianuro**. Otros reactivos muy utilizados para la depresión del cuarzo activado son el **silicato de sodio** y el **carbonato de sodio**.
- El cuarzo no activado flota con colectores **catiónicos** tipo **aminas**, en circuitos a pH entre 8 y 10.
- En el caso que se desea flotar además del cuarzo, la **mica**, **hierro** y **feldespatos**, se utilizan colectores **catiónicos** (aminas).

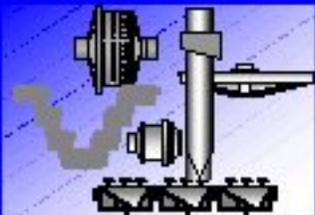


Flotación

Flotación de la Hematita:

La separación por flotación de la hematita del cuarzo constituye un caso de interés industrial, debido a que en muchos países que carecen de magnetita, la hematita es su principal fuente de hierro. De acuerdo con las características de estos minerales, existen varios procedimientos de separación, entre los cuales destacan:

- Flotación de la hematita usando un sulfonato a $\text{pH} \approx 2 - 4$. La flotación resulta de la adsorción del colector aniónico sobre la hematina cargada positivamente. En este rango de pH el cuarzo está cargado negativamente.
- Flotación de hematita con un ácido graso a $\text{pH} \approx 6 - 8$. El ácido graso se quimioadsorbe sobre la hematita y no sobre el cuarzo.
- Flotación de cuarzo con una amina a $\text{pH} \approx 6 - 7$. La amina se adsorbe sobre la superficie muy negativa del cuarzo pero no se adsorbe sobre la hematita, con superficie aproximadamente neutra.



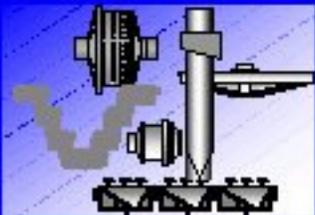
Flotación

Flotación de la Hematita:

➤ Flotación de cuarzo activado con iones calcio a $\text{pH} \approx 11 - 12$, usando un jabón de ácido graso junto con **almidón para deprimir la hematita**. Las macromoléculas hidrofílicas de almidón se quimioadsorben sobre la hematita a través de los grupos carboxílicos. **Sin almidón, la hematita podría flotar** en estas condiciones.

A modo de ejemplo, se presenta a continuación algunos datos operacionales de la mina “Republic” en Michigan, EE. UU.:

Mineral:	Hematita
Proceso:	Flotación
Capacidad de tratamiento [t/d]:	22.000
Condiciones de Flotación:	
▪ Colector	568 [g/t] de ácido graso
▪ Cp	65%
Productos:	
▪ Alimentación	36,5% Fe
▪ Concentrado	65,4% Fe, 5% SiO ₂
▪ Recuperación	46%



Flotación

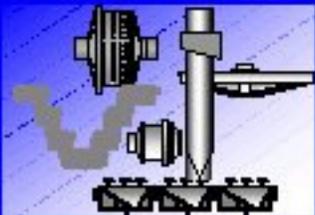
❖ Flotación de Sales Semi-solubles o Minerales tipo Sal

Carbonatos	Fosfatos	Otros
Calcita (CaCO_3) Cerusita (PbCO_3) Malaquita ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$)	Fluor Apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \text{F}$)	Fluorita (CaF_2) Anglesita (PbSO_4)

Características principales de la flotación:

Las especies minerales que conforman este grupo están caracterizadas por sus enlaces iónicos y moderada solubilidad en agua. El PCC de estos minerales está determinado por la concentración de los iones hidrógenos.

Por lo general es difícil alcanzar una selectividad alta, requiriendo deslame en muchos casos.



Flotación

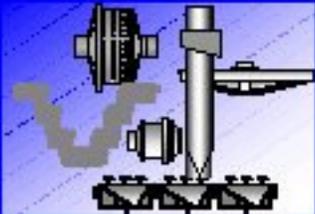
Reactivos típicos:

◆ *Colectores:*

- Aniónicos, en particular los ácidos carboxílicos y colectores sulfhídricos de cadena larga.
- La apatita, la calcita y la fluorita, cargadas negativamente, responden bien a la flotación con oleato, en medio alcalino.
- Para la anglesita, la cerusita y la malaquita se utiliza ácidos grasos de cadena larga.

◆ *Espumante:*

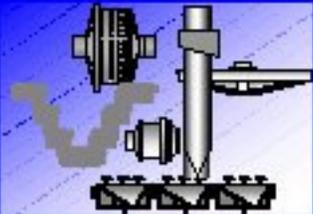
Aceite de pino.



Flotación

◆ *Modificadores:*

- Ajuste de pH con soda ash en lugar de cal para evitar la activación de los silicatos de la ganga con calcio y para evitar la precipitación de sales de calcio del colector.
- Los depresantes más típicos son: carbonato de sodio, silicato de sodio, quebracho y almidón.



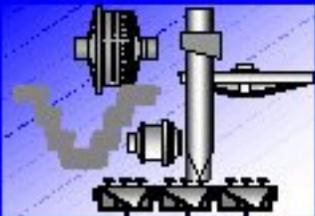
Flotación

❖ Flotación de Sales Solubles

Cloruros	Nitratos	Sulfatos
Halita (NaCl) Silvita (KCl)	NaNO ₃ KNO ₃	K ₂ SO ₄

Características principales de la flotación:

- Flotación en soluciones acuosas saturadas en la(s) sal(es) a flotar (salmuera). La salmuera debe ser deslamada y flotada a un Cp alto (soluciones saturadas).
- Las fuertes propiedades de espumación de las soluciones de sales concentradas, permiten a menudo una flotación sin adición de espumantes especiales y, algunas veces, incluso sin ningún reactivo.
- El valor del pH no es una variable tan importante como en la flotación de minerales insolubles, aunque tiene una cierta incidencia especialmente como factor limitante.



Flotación

Reactivos típicos:

◆ *Colectores:*

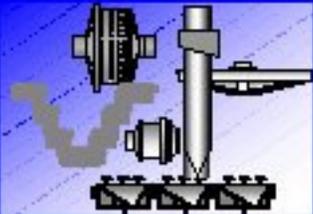
- Ácidos grasos (halita), dosis 250 – 1000 g/t
- Aminas con 6 a 12 carbonos (silvita), dosis 50 – 100 g/t
- Alkil sulfatos y alkil sulfonatos (silvita)

◆ *Espumante:*

- MIBC, dosis 25 – 50 g/t

◆ *Modificadores:*

- Almidón 50 – 100 g/t (depresor de la halita en la flotación de la silvita).



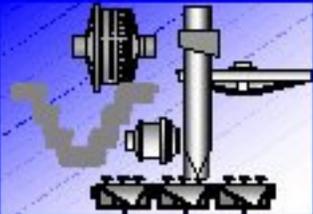
Flotación

❖ Flotación de Carbones

Clase	% de Carbono	Ángulo de Contacto
Antracita	92 – 98	45°
Bituminoso	78 - 86	60°
Subbituminoso		27°
Lignítico		0°

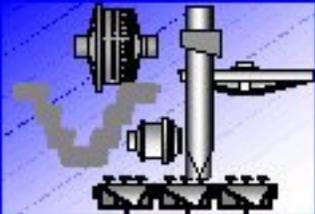
Características principales de la flotación:

- Tamaño máximo de partículas hasta 5 mm (generalmente 20#).
- Problemas con las lamas, uso de dispersantes.
- Uso de poca agitación y aireación.
- Se puede realizar la flotación con agua de mar.



Flotación

- Se opera a bajos porcentaje de sólido ($C_p : 5 - 12\%$), para evitar el arrastre mecánico de partículas de la ganga al concentrado. Por su baja densidad y para evitar alta concentración de partículas en volumen, se debe operar a C_p bajos.
- Una alternativa de limpiar (concentrar) carbones es la flotación inversa, vale decir remover por flotación el azufre contenido.



Flotación

Reactivos típicos:

Colectores:

Kerosene o Hidrocarburos, dosis 250 - 1000 g/t
(se agrega como emulsión)

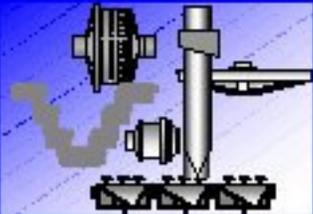
Espumante:

Aceite de pino o alcoholes alifáticos (MIBC),
dosis 50 - 250 g/t.

Modificador:

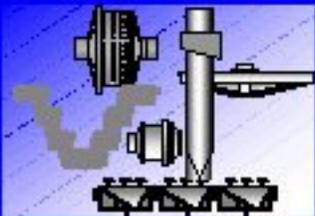
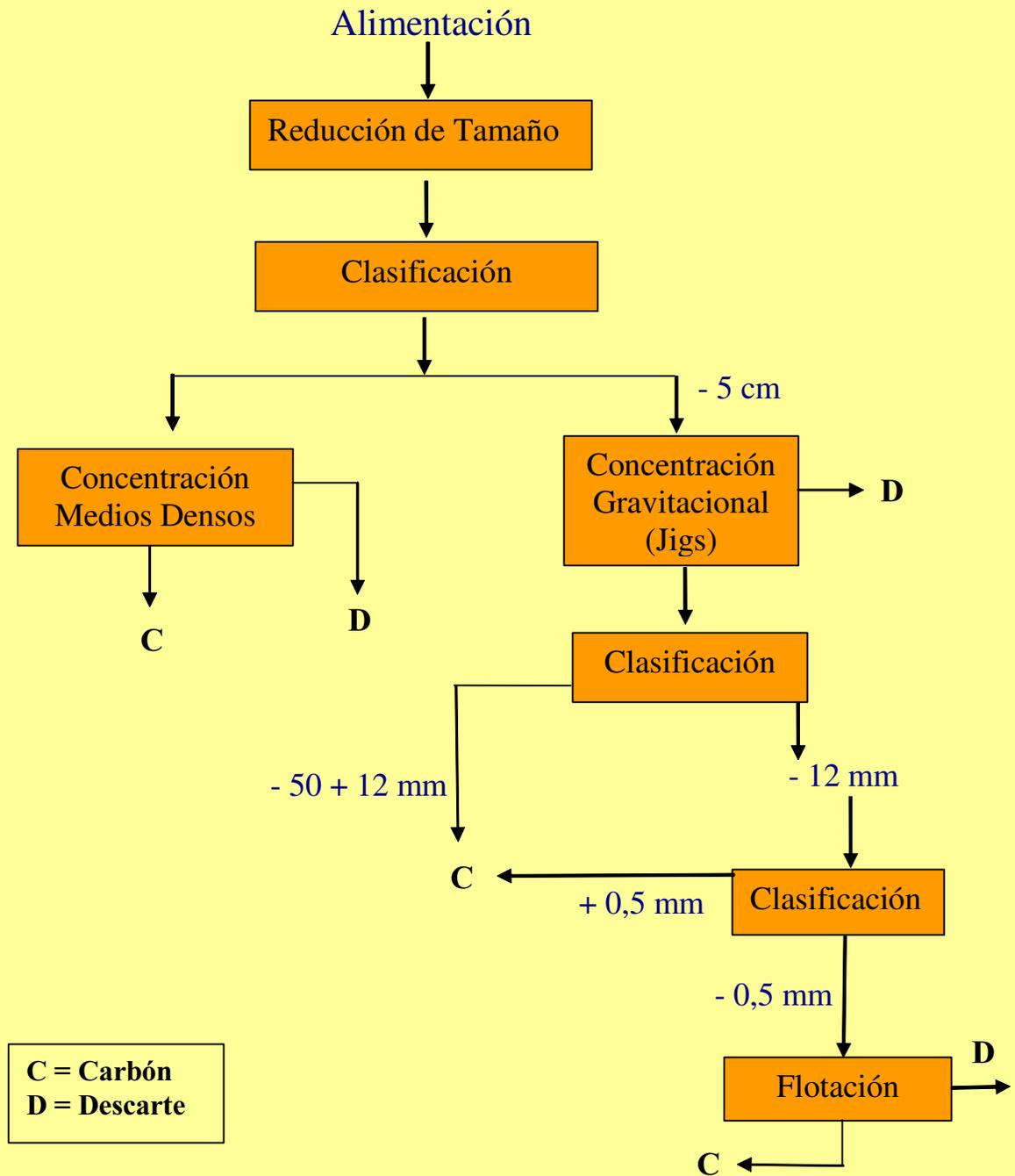
pH casi neutro o un poco ácido entre 6 y 7,5.

Como dispersantes se utilizan los carbonatos,
silicatos o fosfatos
de sodio (para evitar el efecto depresor de las
lamas de la ganga).

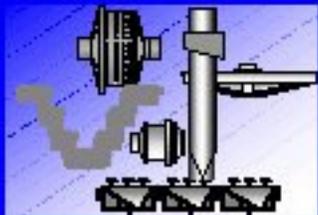


Concentración de Minerales

Flotación



Flotación



Concentración de Minerales