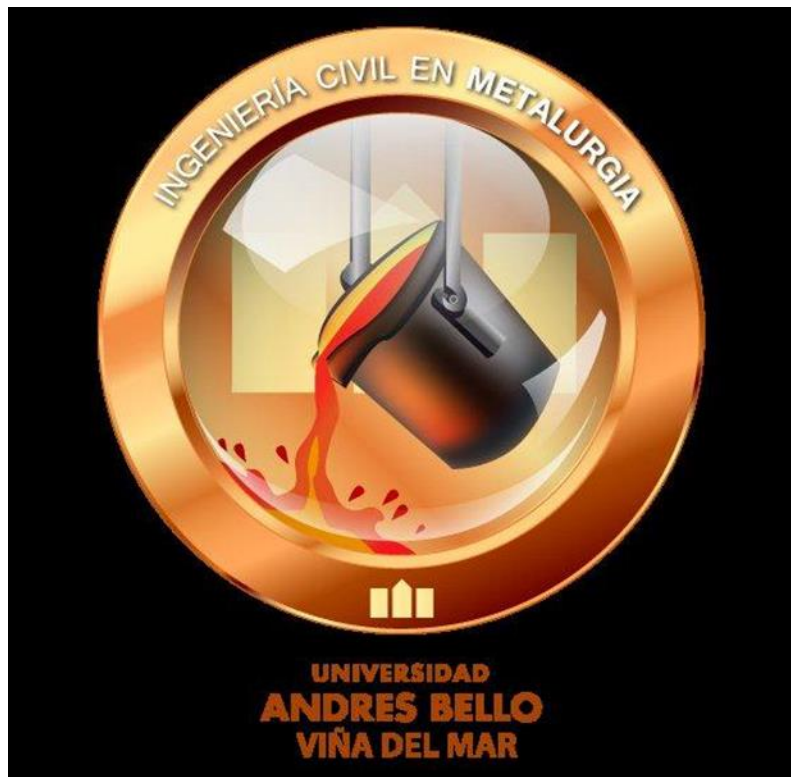




UNIVERSIDAD ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL EN METALURGIA



HIDROMETALURGIA AVANZADA

Dr. Germán Cáceres Arenas

2016

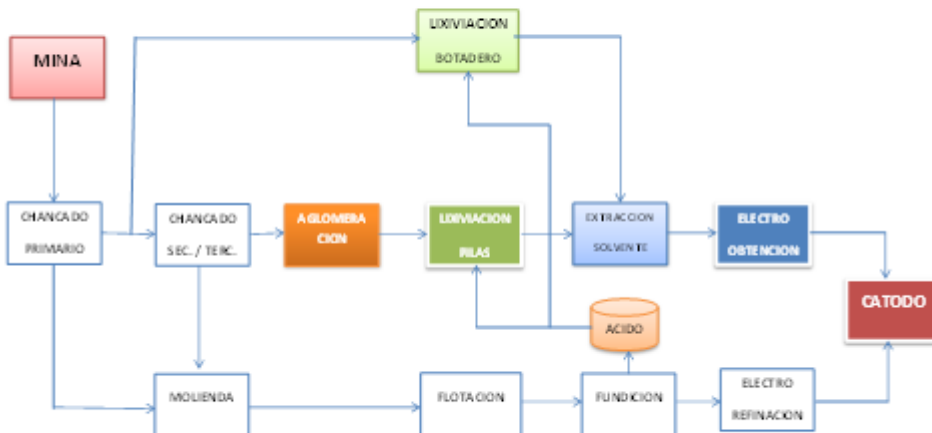
Extracción por solventes

1. Introducción

Uno de los métodos de purificación que ha tenido un espectacular desarrollo en este último tiempo, ha sido el proceso de extracción por solventes o proceso SX. Ello se ha traducido en la instalación de numerosas plantas que operan actualmente en el mundo en la separación, purificación y concentración de más de una treintena de elementos químicos, como cobre, níquel, cobalto, zinc, uranio, molibdeno, tungsteno, vanadio, tierras raras, zirconio, hafnio, niobio, tantalio, boro, germanio, arsénico, renio, torio, el grupo de los metales del platino, berilio y otros.

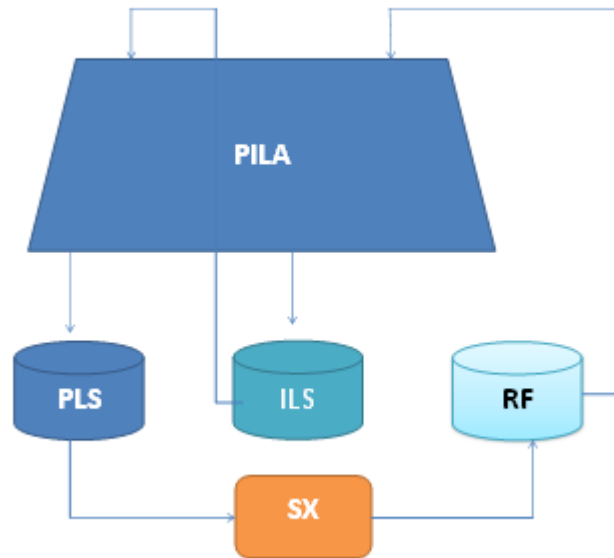
En estos apuntes, para más claridad, se tomará como ejemplo la extracción por solventes del cobre, de uso masivo en Chile.

TECNOLOGIA ACTUAL PROCESAMIENTO COBRE

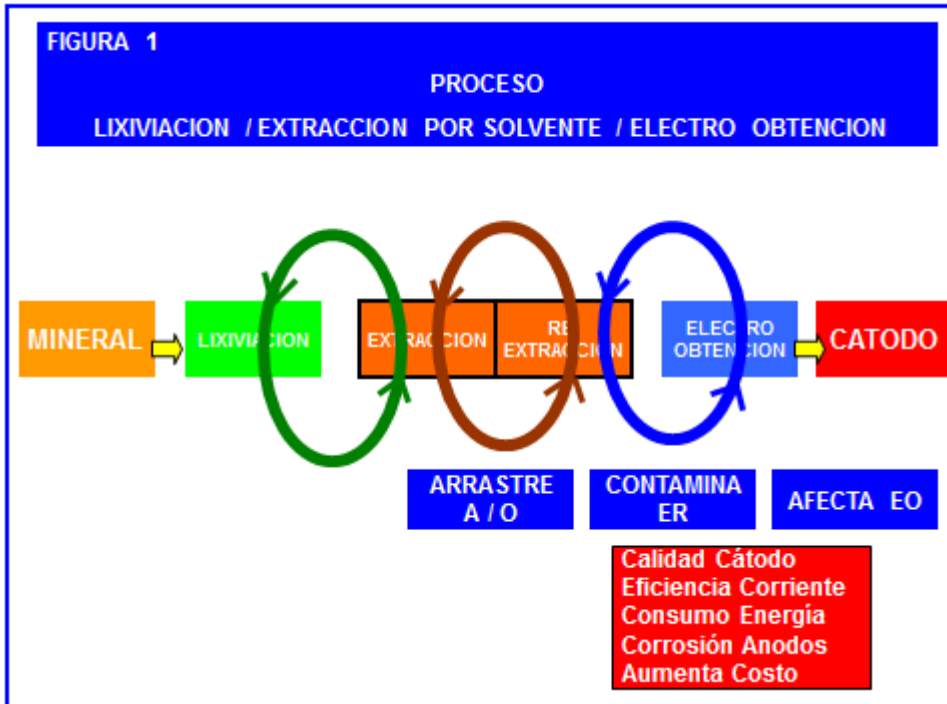


2. Proceso SX - EW de Cobre

3. LIXIVIACION EN PILAS - Descripción



El proceso de extracción por solventes, conocido en la hidrometalurgia del cobre también como SX (del inglés Solvent Extraction), consiste en la extracción selectiva del cobre contenido en las soluciones de lixiviación mediante un solvente orgánico, para luego transferirlo a una solución de sulfato de cobre pura y concentrada, denominada electrolito rico.



2.1. Descripción general

La planta SX recibe la solución rica generada en la etapa de lixiviación en pilas de minerales de cobre. Esta solución se caracteriza por tener una baja concentración de cobre disuelto, junto con impurezas como el Fe, Cl, Al, Mn, Mg, Na y otros disueltos durante el proceso (Figura 4.4).

El objetivo del proceso SX es extraer selectivamente el cobre contenido en esta solución rica impura, mediante intercambio iónico entre la fase acuosa (solución rica) y el reactivo orgánico. Este reactivo es capaz de descargar el cobre en una etapa posterior del proceso a una solución de alta pureza y concentración de cobre y ácido, formando un electrolito apto para ser electrodepositado en el sector EW (Figura 4.5).

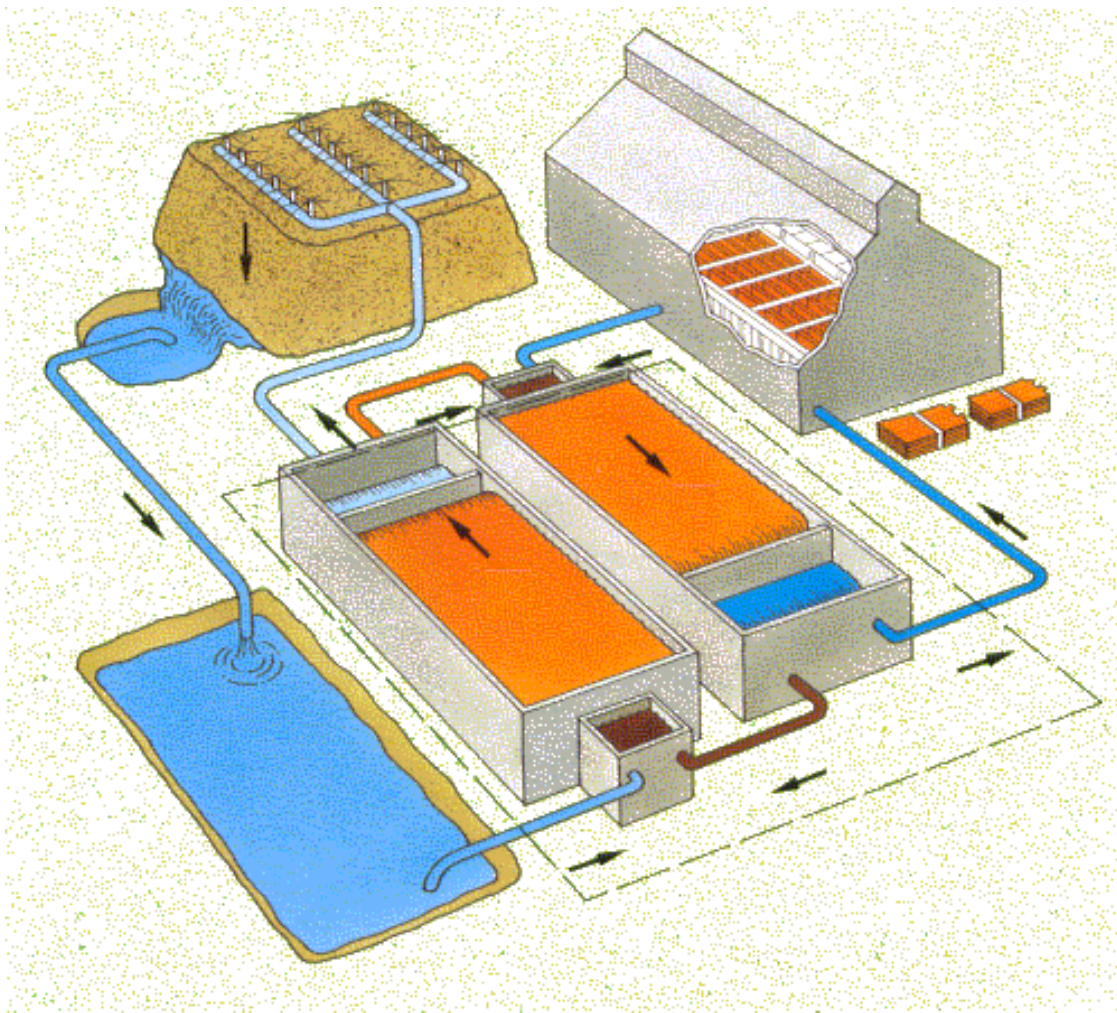


Figura 4.4, Planta extracción por solventes en una operación de lixiviación de cobre.

Extracción (Extraction)

La solución rica proveniente de las pilas es mezclada con la fase orgánica (orgánico descargado), para extraer SELECTIVAMENTE el cobre obteniendo una solución pobre en cobre, llamada refino, que es reciclada a la etapa de lixiviación en pilas. Se obtiene en esta etapa una fase orgánica cargada, que es avanzada a la siguiente etapa.

Reextracción (Stripping)

El orgánico cargado se pone en contacto con electrolito pobre proveniente del proceso de electroobtención, de alta acidez (150-200 gpl H_2SO_4). El cobre pasa de la fase orgánica a la fase acuosa, obteniéndose una fase orgánica descargada que se recicla a la etapa de extracción y un electrolito rico que avanza hacia la electroobtención.

EN RESUMEN, LA EXTRACCIÓN POR SOLVENTES TRANSFIERE EL COBRE DESDE LA SOLUCIÓN RICA AL ELECTROLITO, POR INTERMEDIO DE LA FASE ORGÁNICA.

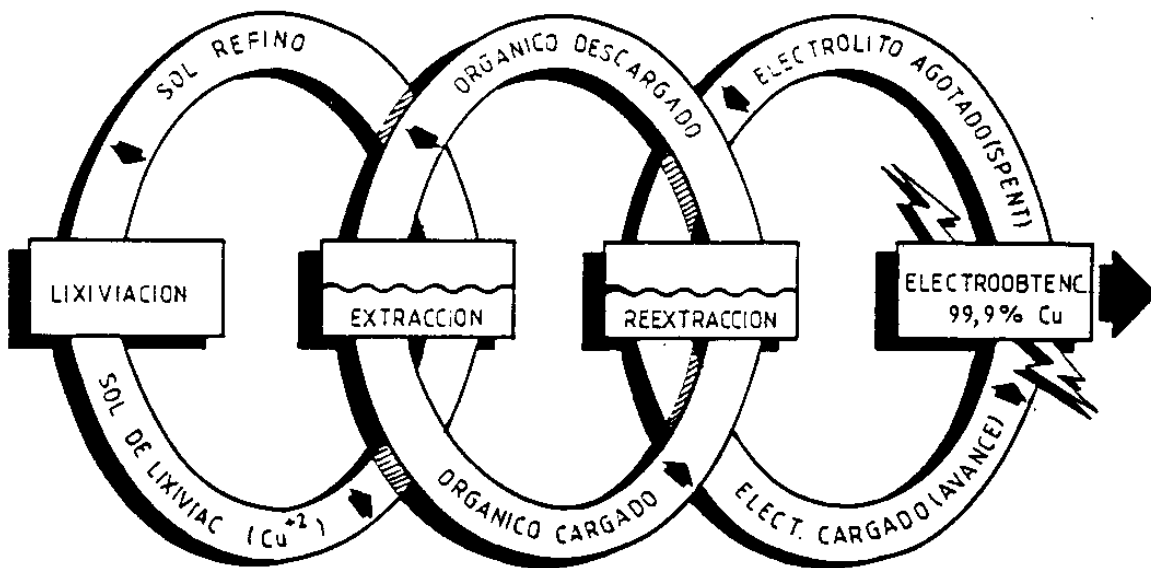
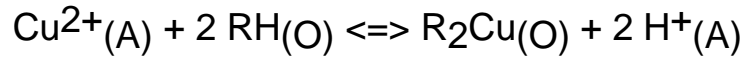


Figura 4.5, Esquema cíclico (Concepto de anillos) del proceso lixiviación - extracción por solventes - electroobtención de Cu.

2.2. Mecanismo de la transferencia de cobre

El proceso SX se basa en la siguiente reacción REVERSIBLE de intercambio iónico :



en la cual el sentido de reacción está controlado por la acidez o pH de la solución acuosa.

En la etapa de extracción, el reactivo orgánico se contacta con la solución acuosa impura de lixiviación y extrae selectivamente desde la fase acuosa los iones de cobre, incorporándolos en la fase orgánica. El ion cúprico reacciona con el extractante formando un compuesto organometálico insoluble en agua, totalmente soluble en el solvente orgánico (Kerosene, ...), con la cual se produce la extracción del cobre desde la fase acuosa a la orgánica. Mediante este mecanismo, cada ion de cobre se intercambia con dos iones de hidrogeno que pasan a la fase acuosa donde se regenera ácido sulfúrico en una proporción de 1.54 (kg de ácido / kg de cobre).

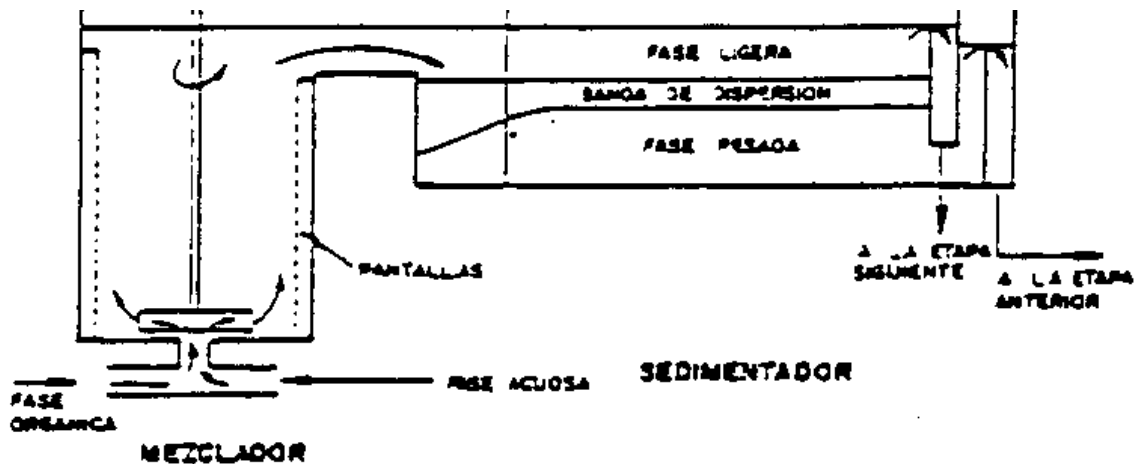
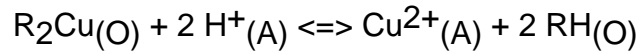


Figura 4.6, Esquema de un mezclador – sedimentador para operaciones de extracción y reextracción.

La etapa de reextracción ocurre por efecto del cambio de acidez en la fase acuosa, revertiendo la reacción y generando un electrolito de alta pureza y alta concentración en cobre.



2.3. Configuración de plantas SX

Las plantas de extracción por solventes, tanto en la extracción como en la reextracción, están configuradas en UNA, DOS O TRES ETAPAS DE CONTACTO de las fases acuosa y orgánica, con el objeto de aumentar el tiempo de contacto entre ambas fases y mejorar la transferencia de cobre. El contacto de las fases orgánica y acuosa se realiza EN CONTRACORRIENTE.

Además, en algunos casos, se debe incorporar una etapa de lavado del orgánico cargado, con el objeto de eliminar impurezas dañinas en la electroobtención, por ejemplo el cloro.

Se presenta en la figura 4.7 una configuración típica de una planta de extracción por solventes, compuesta por 2 etapas de extracción y 1 etapa de reextracción (2 E-1S). La figura 4.8 representa una planta 3 E-2 S.

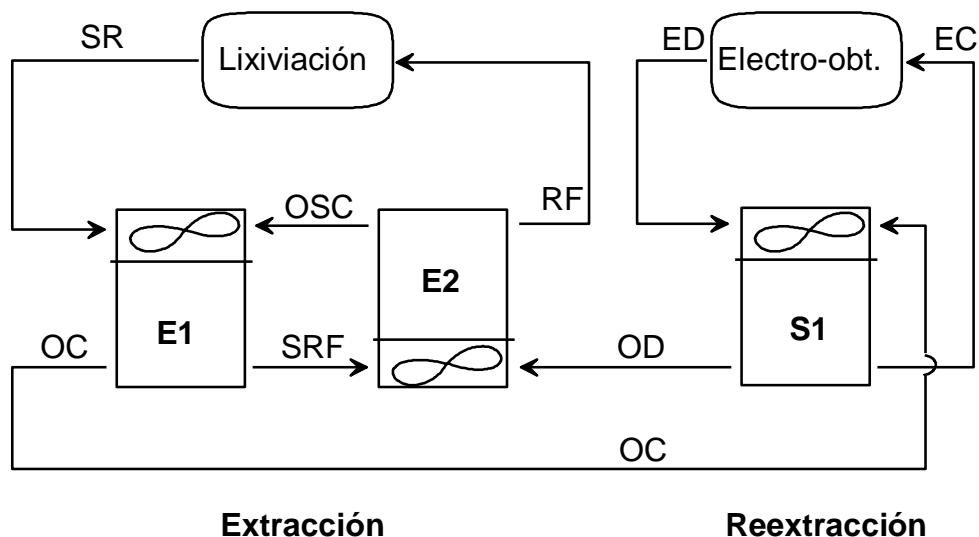


Figura 4.7, Configuración 2 E - 1 S (o 2 E - 1 R E).

Tabla 4.3, Soluciones, concentraciones y acidez.

Nombre	Definición	[Cu] típica(g/l)	[ácido](g/l)
Solución Rica (SR)	Solución proveniente de la etapa de lixiviación, que alimenta a la planta SX.	6	5pH=1.8
Refino (RF)	Solución diluida en cobre que sale de la planta SX	0.5	12
Orgánico	Mezcla en volumen de un extractante orgánico y un diluyente (8 a 25 % v/v).		
Extractante	Es un reactivo orgánico especial que forma un complejo con el cobre en la fase orgánica. Es bastante viscoso.		
Diluyente	Es un solvente orgánico, de tipo parafina, que sirve para diluir el extractante organico y reducir su viscosidad.		
Orgánico descargado (OD)	Es el orgánico con una menor concentración de cobre, que sale de la etapa de reextracción.	4	
Orgánico cargado (OC)	Es el orgánico cargado con cobre. Transfiere el cobre de la etapa de extracción a la etapa de reextracción.	10	
Electrolito	Es la solución de sulfato de cobre de la planta de ElectroObtención.		
Electrolito Descargado (ED)	Es el electrolito que viene de la etapa de electroobtención.	35	180
Electrolito Cargado (EC)	Es el electrolito que se cargo de cobre en la etapa de reextracción.	50	160
(OSC)	Orgánico semi-cargado	6	
(SRF)	Semi-refino	2	

Continuous Liquid Ion Exchange Unit

Organic
Aqueous

Extraction

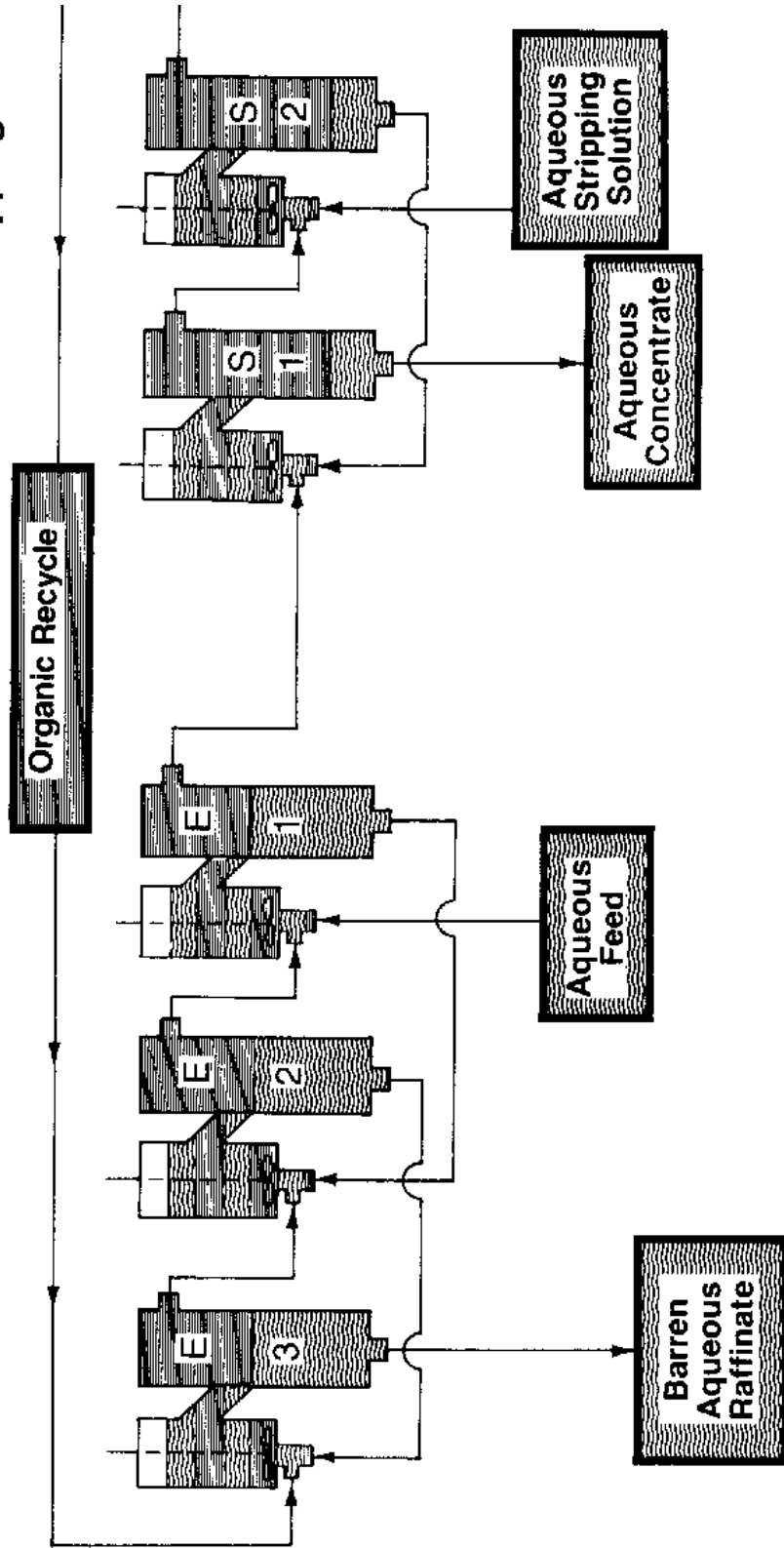


Figura 4.8, Configuración 3 E - 2 S

3. Conceptos Fundamentales

3.1. Coeficiente de distribución

Un sistema de extracción por solventes implica una transferencia de masa del elemento acuoso desde una fase a otra. La extracción o la reextracción se produce por la dispersión de una fase en la otra en forma de pequeñas gotitas, que favorece la transferencia de materia y se realiza por medio de agitación mecánica.

Al contactar una solución acuosa que contiene al elemento M que interesa extraer con una fase orgánica inmiscible, el elemento se distribuirá entre las dos fases hasta alcanzar el equilibrio. La concentración del elemento en el equilibrio dependerá de su afinidad relativa (o solubilidad) por ambas fases.

La razón entre la concentración del metal en la fase orgánica y acuosa, en el equilibrio, define al coeficiente de distribución D (o coeficiente de extracción E_a^O) :

$$D = \frac{\text{Concentración de M en la fase orgánica}}{\text{Concentración de M en la fase acuosa}} = \frac{M_O}{M_A} = E_A^O \quad (4.1)$$

El coeficiente de re-extracción (stripping) se define del mismo modo :

$$S_O^A = \frac{M_A}{M_O} \quad (4.2)$$

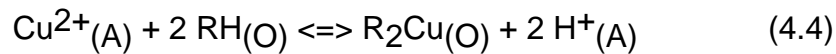
3.2. Selectividad

La existencia de más de una especie química en solución dará lugar a que dichas especies se distribuyan entre las fases acuosa y orgánica de acuerdo a sus respectivas solubilidades. Las diferencias en las solubilidades entre ambas fases se pueden aprovechar para extraer las especies más solubles y separarlas de las menos solubles. de este modo, se puede establecer el concepto de factor de separación como la relación de los coeficientes de distribución de dos especies distintas (D_M y D_N), que realmente mide la posibilidad de separación de las especies M y N y que se conoce con el nombre de selectividad.

$$S = \frac{D_M}{D_N} \quad (4.3)$$

3.3. Influencia del pH

En el caso de agentes de extracción que formen especies químicas con iones de cobre en solución, la reacción de extracción por solventes se puede escribir como:



Con una constante de reacción definida por :

$$K = \frac{|\text{R}_2\text{Cu}|_0 |\text{H}^+|_A^2}{|\text{RH}|_0^2 |\text{Cu}^{2+}|_A} \quad (4.5)$$

Reemplazando (4.1) en (4.5) se tiene la siguiente expresión para la constante K :

$$K = D \frac{(\text{H}^+)_A^2}{(\text{HR})_0^2} \times F \quad (4.6)$$

D : Coeficiente de distribución

F : Producto de los coeficientes de actividad de $F = \frac{\gamma_{\text{R}_2\text{Cu}} \gamma_{\text{H}^+}^2}{\gamma_{\text{RH}}^2 \gamma_{\text{Cu}^{2+}}}$

K es una característica del sistema y sólo depende de la temperatura. Aplicando logaritmos a esta última expresión, resulta :

$$\log D = \log \frac{K}{F} + 2pH + 2\log(\text{HR})_0 \quad (4.7)$$

que relaciona el coeficiente de distribución con el pH e indica que la extracción esta afectada por el pH de la solución. En la figura 4.9 se puede observar este efecto y su importancia para la extracción individual de los elementos como para la separación de varios metales acuosos. Por ejemplo, se aprecia que en la extracción

de cobre con una oxima comercial, a $\text{pH} = 2$, ni el Co^{2+} ni el Ni^{2+} podrían ocasionar problemas de pureza en la solución a obtener.

La ecuación (4.4) es una reacción reversible, dependiente de la acidez de las soluciones contactadas. En la extracción del metal acuoso, y para obtener una alta transferencia de masa de M a la fase orgánica, el pH de la solución debe ser moderadamente alto para que D aumente. Por el contrario, en la recuperación del metal desde la fase orgánica, el coeficiente de distribución debe ser bajo, lo cual se consigue contactando la fase orgánica cargada con una solución acuosa de alta acidez ($150\text{-}200 \text{ gpl H}_2\text{SO}_4$), es decir, disminuyendo drásticamente el pH de la solución.

En este caso, de la reacción (4.) se observa que no solo el metal es devuelto a otra fase acuosa, sino también se regenera el reactivo orgánico, el que se recicla a la sección de extracción.

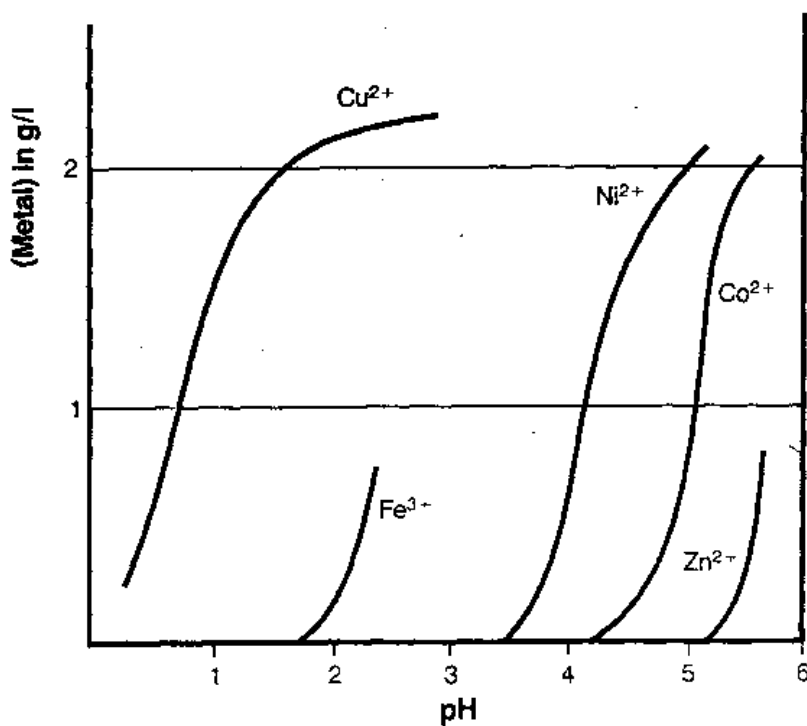


Figura 4.9, Extrabilidad de elementos metálicos disueltos, en función del pH , con una oxima comercial (LIX 84).

4. Determinación del número de etapas de extracción y re-extracción

4.1. Isoterma de Distribución

La ISOTERMA DE DISTRIBUCIÓN es un gráfico de la concentración de la especie extraída en la fase orgánica versus la concentración de la misma en fase acuosa, en el equilibrio y a una temperatura dada, y puede ser preparada para extracción como para reextracción.

Normalmente la forma más utilizada para construir la isoterma de extracción es contactar en diferentes proporciones el acuoso y el orgánico, y analizar por el elemento metálico una vez logrado el equilibrio. Las fases orgánicas y acuosas se ponen en contacto en un embudo decantador (250 cc) y se agita durante 3 minutos. Luego se deja decantar las fases. Generalmente se emplean razones O/A de 10/1, 5/1, 2/1, 3/2, 1/1, 1/2 y 1/5.

La figura 4.11 muestra la construcción de una isoterma de distribución cuando se ponen en contacto A ml de solución rica conteniendo X_0 g/l de metal disuelto con O ml de orgánico fresco. Después de la puesta en equilibrio, el refino contiene X_1 g/l y el orgánico Y_1 g/l de metal. El balance de masa se puede expresar como :

$$Y_n = -\frac{A}{O}(X_n - X_0)$$

y para cada razón existe un coeficiente de distribución diferente :

$$D = \frac{Y_n}{X_n}$$

PUNTO DE SATURACIÓN : Composición del extractante dónde el a alcanzado su capacidad máxima de carga (a la derecha del gráfico).

Isotermas de extracción y de re-extracción pueden ser generados de manera similar (ver laboratorio). Los isotermas son válidos solamente para condiciones similares a las condiciones que se emplearon para su determinación. Por ejemplo, si cambia la concentración de reactivo en el orgánico, la concentración de metal en solución en la fase acuosa u orgánica, el pH de la solución rica, la concentración de ácido del

electrolito descargado, etc..., entonces habrá que generar otra isoterma de distribución.

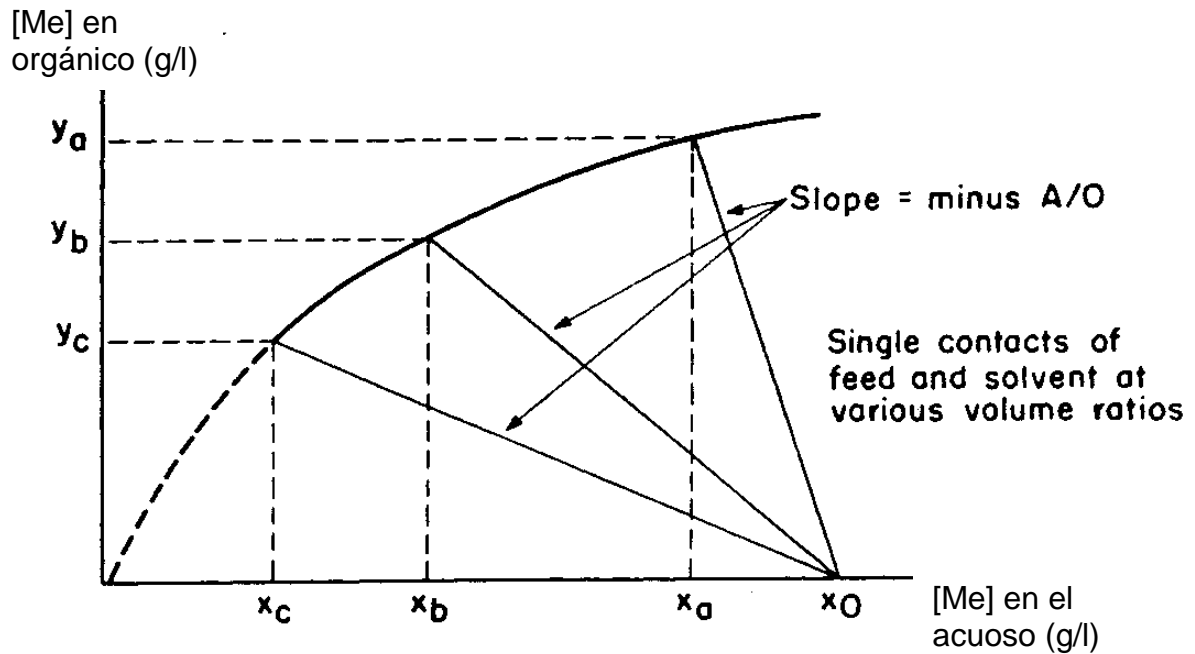
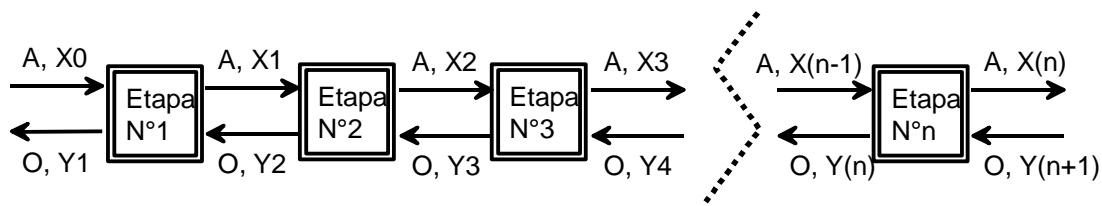


Figura 4.11, Construcción una isoterma de extracción.

4.2. Recta de operación

Como se ha señalado, la mayoría de los procesos industriales de SX operan con un sistema de contacto múltiple en contra corriente. La figura 4.10 representa esquemáticamente la operación de la parte extracción de una planta de SX para lo cual se han supuesto n etapas de extracción. En un proceso de extracción en contra corriente, la solución acuosa y la solución orgánica fluyen en direcciones opuestas. Entonces, el orgánico descargado se contacta con el refino, pobre en Cu, mientras que el orgánico cargado está en contacto con la solución rica en Cu. El proceso de extracción en contra corriente permite tener una buena extracción del metal contenido en la solución acuosa, y a la vez usar eficientemente el reactivo orgánico.



A : Flujo de acuoso (m³/h)
 O : Flujo de orgánico (m³/h)
 X(n) : Concentración de metal en el acuoso que sale de la etapa n (g/l)
 Y(n) : Concentración de metal en el orgánico que sale de la etapa n (g/l)

Figura 4.10, Esquema de una extracción en contra corriente

El balance de masa para la primera etapa es :

$$OY_{n+1} + AX_{n-1} = OY_n + AX_n$$

y para la etapa N° n :

$$OY_{n+1} + AX_0 = OY_1 + AX_n \quad (4.8)$$

El balance de masa global para n etapas es :

$$Y_{n+1} = \frac{A}{O}(X_n - X_0) + Y_1 \quad (4.9)$$

La composición de la fase orgánica que entra en la etapa n es una función lineal de la composición de la fase acuosa que abandona la n^{sim}a etapa, y vice versa. La ecuación (4.9) es la ecuación de una línea recta llamada RECTA DE OPERACIÓN en el diagrama de McCabe-Thiele, el cual se describe en el parrafo posterior.

4.3. Diagrama de McCabe-Thiele.

La combinación de la isoterma de distribución y la línea de operación constituye el DIAGRAMA DE OPERACIÓN o DIAGRAMA DE MCCABE-THIELE, el que es utilizado para ESTIMAR EL NÚMERO TEÓRICO DE ETAPAS o pisos en un sistema SX. La isoterma de distribución es fija, y depende sólo de la química de sistema (concentración de reactivos, pH, ...). La línea de operación se basa en el balance de masa, varía con la razón A/O y las concentraciones de metal en la entrada y salida del sistema.

Un diagrama típico de operación se presenta en la figura 4.12. Se supone que el orgánico descargado que entra en la última etapa de extracción contiene 1.80 g/l Cu y que los flujos del orgánico y del acuoso son iguales (razón A/O =1). Conociendo eso, una recta de operación puede ser determinada, partiendo del punto donde el orgánico descargado intercepta a la isoterma de extracción y dibujando la recta hacia arriba y la derecha con una pendiente igual a la razón A/O (=1 en este caso).

Para determinar el número de etapas de extracción, se dibuja una línea vertical representando la concentración de la solución rica (feed = 2.50 g/l Cu) hasta que intercepte la recta de operación. Después, se traza una recta horizontal hasta la isoterma de extracción y de ahí una recta vertical hasta la recta de operación, creando de esa forma un escalón correspondiente a la primera etapa de extracción. Se repite este procedimiento para crear un segundo escalón correspondiente a la segunda etapa de extracción. En este sistema, un refinado de 0.22 g/l Cu y un orgánico cargado de 4.24 g/l Cu se predicen para una extracción en dos etapas.

Aunque el diagrama de McCabe-Thiele que se muestra en la figura 4.12 representa solamente una aproximación del sistema, resulta muy útil para determinar el número de etapas necesarias para alcanzar una cierta extracción. Un diagrama de McCabe-Thiele más preciso podría dibujarse a partir de la figura 4.12, dibujando la recta de operación a partir de un punto situado a igual distancia de la isoterma de extracción y de la recta vertical representando la composición del refinado. Entonces, se hace de nuevo el diagrama de McCabe-Thiele, y se obtienen valores de 0.15 g/l Cu en el refinado y 4.17 g/l Cu en el electrolito cargado. La construcción de un verdadero diagrama de McCabe-Thiele es un proceso iterativo.

Equilibrium Extraction Isotherm
Organic: 8.7 V/V% LIX[®]984 in Escaid 110
Aqueous: Cu = 2.50 g/l, Fe (total) = 1.30 g/l, pH = 1.80

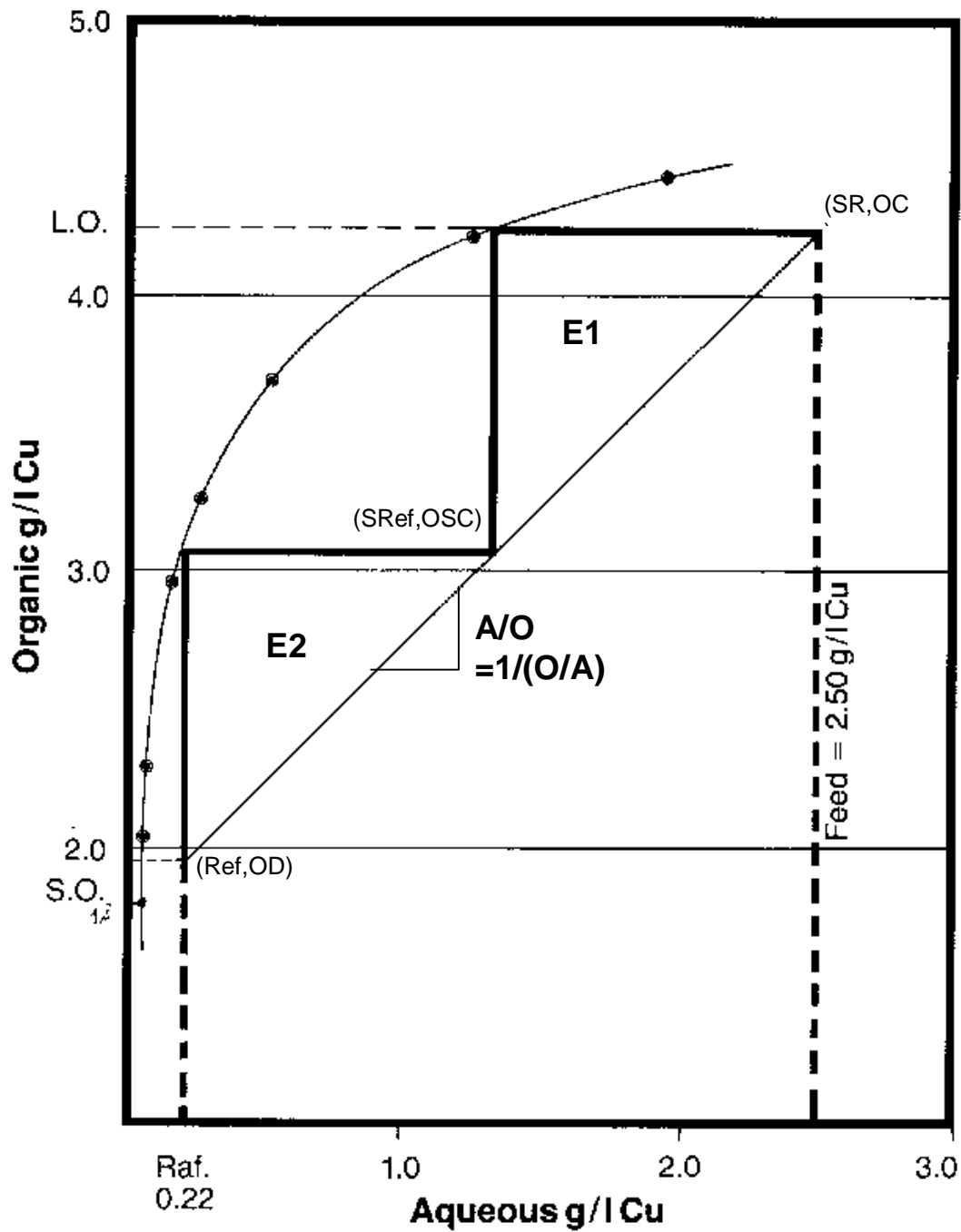


Figura 4.12, Diagrama de McCabe-Thiele para una extracción en 2 etapas de cobre contenido en una solución rica de 2.5 g/l Cu .

En los mezcladores industriales, no se alcanza la concentraciones de cobre en el orgánico y el acuoso al equilibrio, pero solamente un 90% de extracción respecto del equilibrio, como lo muestra la figura 4.13, que representa las etapas de una operación industrial.

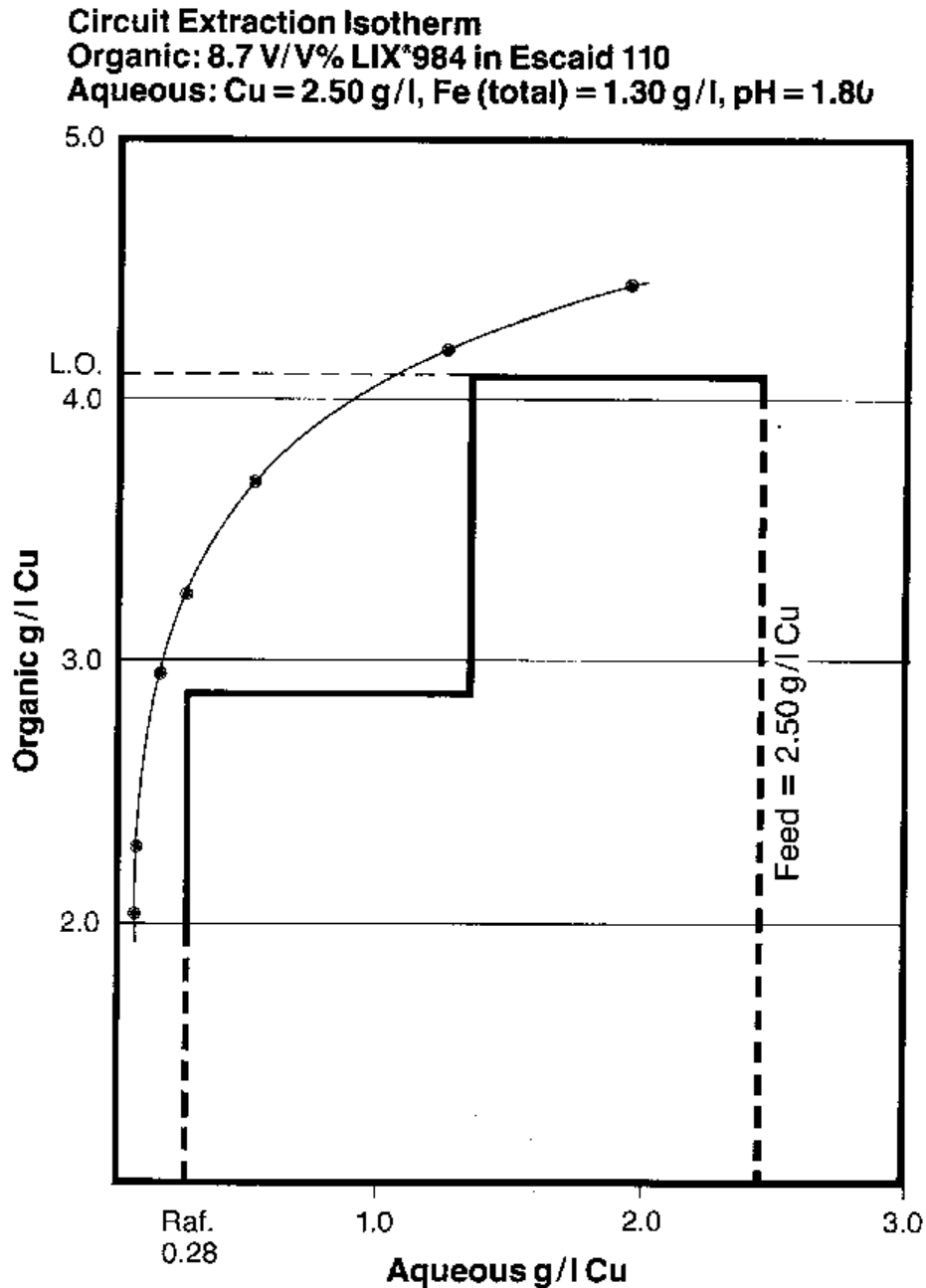


Figura 4.13, Extracción de cobre en una planta industrial, dónde no se alcanza el equilibrio (isoterma de distribución)

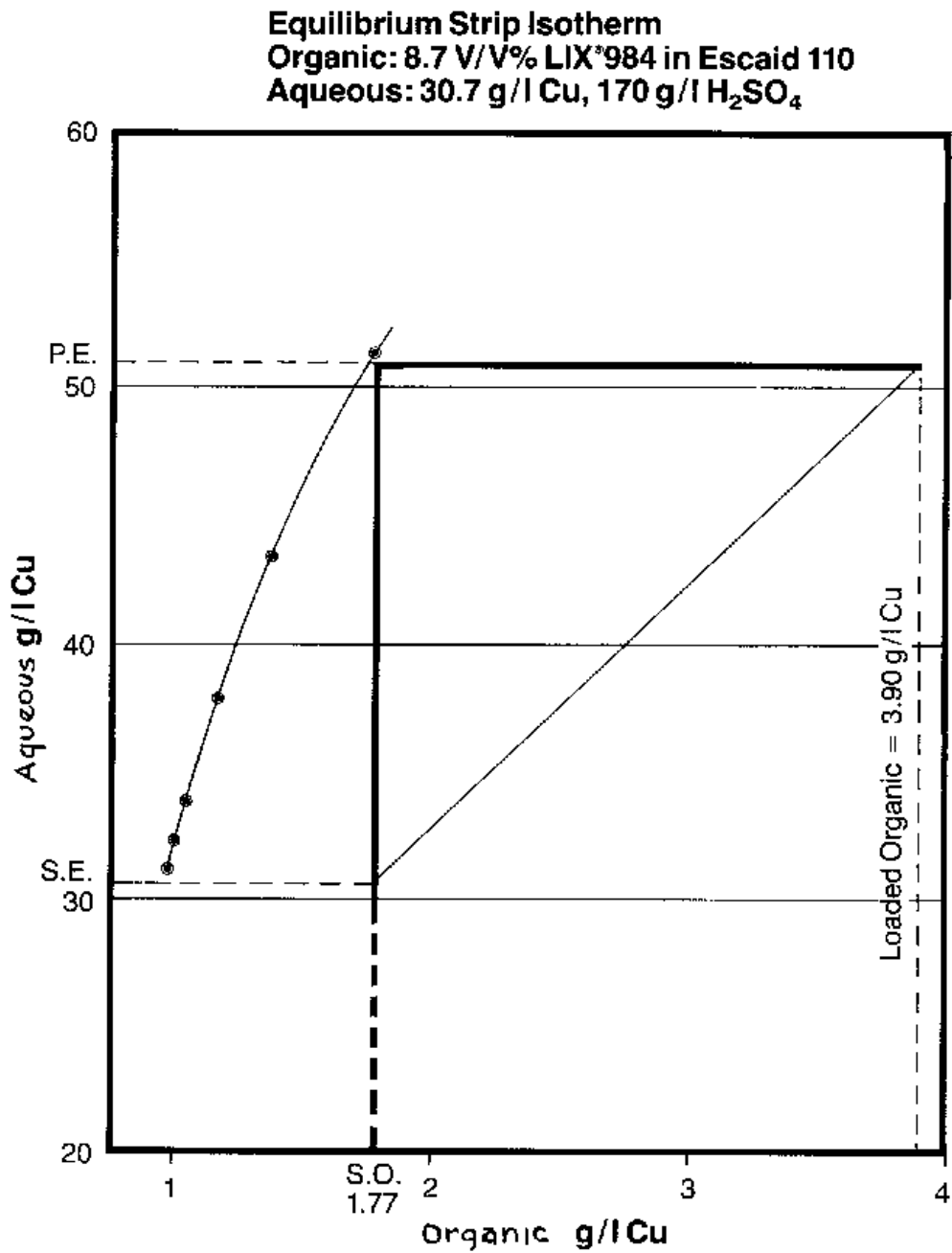


Figura 4.14, Diagrama de McCabe-Thiele para una reextracción en 1 etapa de cobre contenido en un orgánico cargado de 3.9 g/l Cu .

5. Reactivos utilizados en SX de cobre

5.1. Química de los extractantes

Los extractantes se disuelven en un solvente orgánico tipo parafina, generalmente en una proporción de 8 a 25 % v/v (% en volumen).

Los extractantes industriales forman complejos de Cu solubles en la fase orgánica. Actúan según un mecanismo de quelación : toman el ion de cobre entre sus " pinzas " (Fig. 4.16).

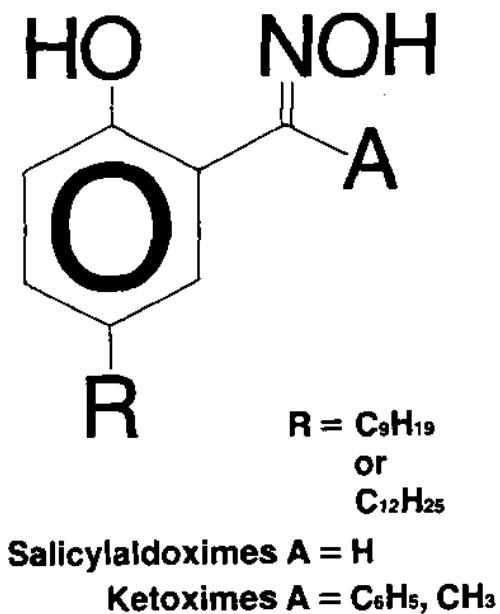
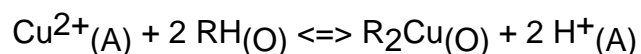


Figura 4.15, Estructura química general de las Oximas utilizadas comercialmente para la recuperación de cobre.

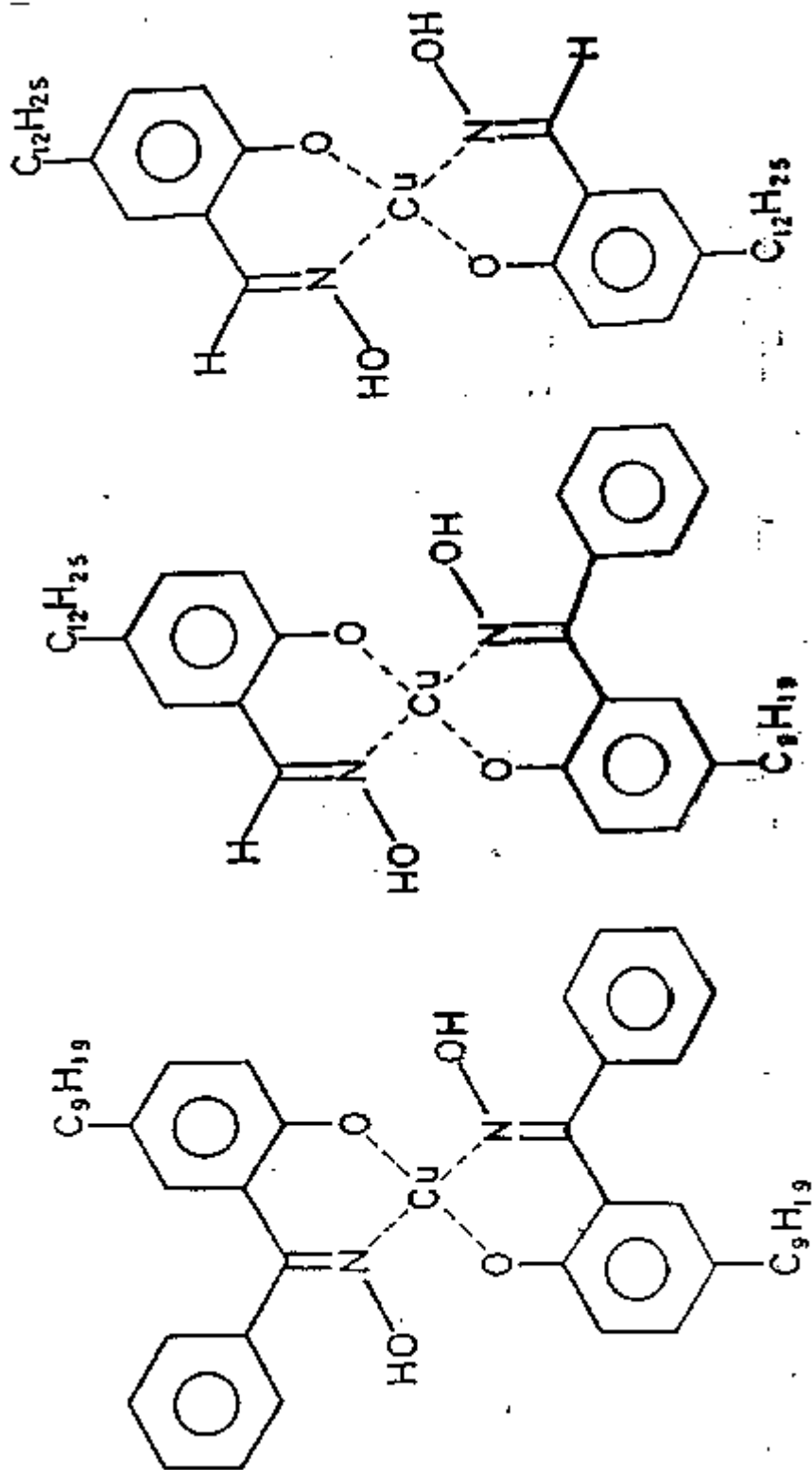


Figura 4.16, Estructura de los complejos formados.

5.2. Tipos y características de reactivos

Reactivos extractantes

Los tipos más usados son : LIX 984N (Henkel), PT 5050 (Acorga) y MOC 45 (Allied Signal).

Sus características principales son (en promedio) :

Densidad	:	0.91 g/cc
Color	:	ámbar
Punto de inflamación	:	70 °C
Selectividad Cu/Fe	:	> 2000
Carga máxima (a 10% v/v)	:	5.2 g/l de Cu a pH =2
Transferencia neta (10% v/v)	:	3.0 g/l de Cu
Separación de fases	:	< 90 segundos
Cinética de extracción	:	> 95% en 60 segundos

Diluyentes

Los tipos de diluyentes más usados son : ESCAID 103 (Exxon) y OXIMIN (Oxiquim).

Sus características principales son :

Densidad	:	0.81 g/cc
Punto de inflamación	:	79 °C

Modificadores

Los modificadores son compuestos que aumentan la solubilidad del extractante orgánico y del metal en la fase orgánica. Mejoran la velocidad de separación de fases y extracción de cobre, favoreciendo la coalescencia.

Los modificadores más usados son el TRIDECANOL y el ESTER.

5.3. Tipos de extractantes

Ketoximas

Las KETOXIMAS fueron los primeros reactivos usados comercialmente para la extracción de cobre desde soluciones diluidas y fueron usados exclusivamente durante 12 años. Sus principales propiedades eran : excelente separación de fases, bajas pérdidas de orgánico por arrastre y baja formación de crud. Su uso, sin embargo fue limitado, debido a dos desventajas principales : Extractante moderados de cobre y cinética lenta a bajas temperaturas. El reactivo típico fue el LIX 64N.

Salicilaldoximas

Para superar estas desventajas se desarrollaron las SALICILALDOXIMAS, lo que permitió reducir circuitos 4E+3S o 3E +2S a 2E+2S o 2E + 1S, incluso para altas concentraciones de cobre y bajo pH (40 gpl Cu y pH 1.5). Sin embargo, estos reactivos son extractantes tan fuertes que requieren un modificador para realizar eficientemente la reextracción.

El uso de modificadores (tridecanol o nonifenol) presentan las siguientes desventajas : hidrólisis y degradación del reactivo, mayor transferencia de Fe al electrolito, mayor pérdida de orgánico por arrastre físico y mayor formación de crud. Reactivos típicos son el LIX 860 y el Acorga PT-5050.

Mezclas Salicilaldoximas - Ketoximas.

Estas mezclas no contienen modificadores. El LIX 984, por ejemplo, es una mezcla de LIX 860 (salicilaldoximas) y LIX 84 (Ketoxima). Combina la capacidad extractiva y cinética rápida de la salicilaldoxima con la estabilidad y propiedades físicas de las Ketoximas.

Una lista de los reactivos actualmente en uso se indica en la tabla 4.4.

*Tabla 4.4, Reactivos en uso actualmente
(Revista Minería Chilena, sept. 1994)*

Reactivo	Extractante	Modificador
Acorga	PT5100	Nonil Fenol
	PT5050	Tridecanol
	M5640	Ester
LIX	84	No
	984	No
	622	Tridecanol
	860	No
MOC	45	No
	55	No

6. Arrastres

6.1. Continuidad

Al mezclarse en un mixer 2 fases inmiscible, una de ellas debe encontrarse dispersa en la otra. Se presentan dos casos :

- (1) Cuando la fase acuosa está dispersa en la fase orgánica, se habla de continuidad orgánica, y
- (2) cuando la fase orgánica está dispersa en la fase acuosa, se habla de continuidad acuosa (Fig. 4.17)

Mezcla Orgánico/Acuoso: Continuidad de fase

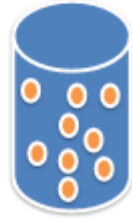
CONTINUIDAD DE FASE



Continuidad Orgánica

Orgánico Continuo

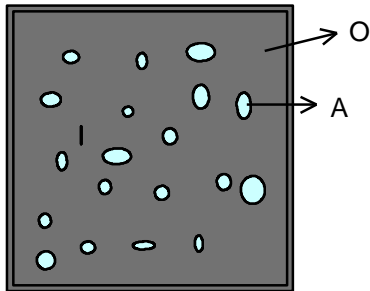
Orgánico arrastre Acuoso



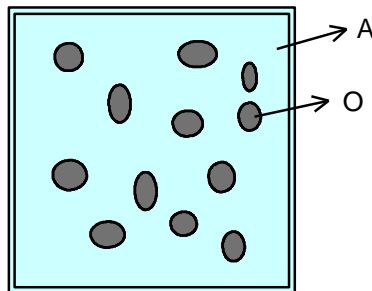
Continuidad Acuosa

Acuoso Continuo

Acuoso arrastre Orgánico



Continuidad orgánica



Continuidad acuosa

Figure 4.17, Tipos de continuidad.

6.2. Recuperación del orgánico

El principal costo de operación en una planta de SX es la reposición de extractante, el cual se pierde por arrastre físico en el refino y electrolito. Diferentes sistemas han sido implementados para reducir estas pérdidas.

Electrolito

El mayor énfasis se ha puesto en el electrolito, puesto que el orgánico afecta la calidad de los cátodos. La práctica normal es pasar el electrolito por filtros rellenos con sílice, granate y antracita, el cual ha demostrado ser insuficiente por sí solo. Por lo tanto, se han desarrollado e implementado diferentes combinaciones para reducir la transferencia del orgánico al electrolito, por ejemplo :

- Uso de post-decantadores o columnas de flotación convencionales o Jameson antes de los filtros.
- Uso de celdas de sacrificio en electroobtención.

Refino

El método normal es recuperar el orgánico arrastrado desde la piscina de refino.

6.3. Remoción de acuoso

De manera similar a los arrastres de orgánico, existen arrastres de acuoso en la fase orgánica, los que constituyen la principal fuente de contaminación del electrolito. El Cl y Mn, además de Fe, son actualmente las mayores impurezas. El método normal de remoción de acuoso es el diseño del estanque de orgánico con tiempo suficiente y facilidades para eliminar periódicamente el acuoso acumulado. Este método puede ser suficiente para el Fe, pero no así para el Cl y Mn, cuyas concentraciones permisibles en el electrolito son muy inferior a las de Fe (30 ppm Cl y 100 ppm Mn vs 1.5-2.0 gpl Fe). En este caso se pueden implementar los siguientes métodos :

- Uso de una o más etapas de LAVADO.
- Diseño del estanque de orgánico como post-decantador.
- Uso de coalescedor del tipo desarrollado por Chuquicamata.
- Combinación de cualquiera de las alternativas anteriores, dependiendo de la concentración de las impurezas presentes.

6.4. Diseño alternativo de Mezcladores Decantadores

Además de los diseños de Krebs y CMS de Davy, recientemente Outokumpu ha propuesto el VSF (agitación muy suave). Las principales ventajas atribuidas a este diseño son :

- Menores arrastres de orgánico y acuoso.
- Menor formación de crud.