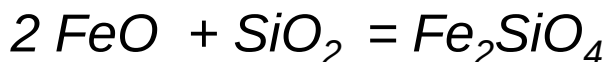
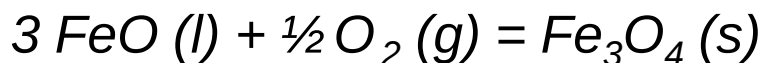
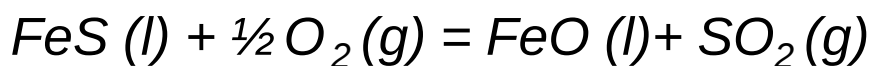


FUNDAMENTOS DE METALURGIA EXTRACTIVA

*MI4100-Pirometalurgia
Prof. Gabriel Riveros
30 de Agosto de 2010
Conversión de Mata*

Conversión de mata de cobre

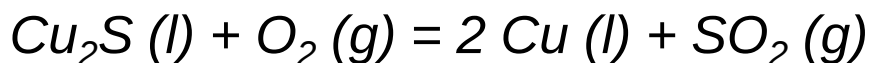
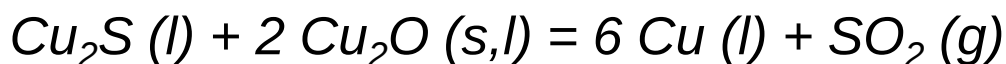
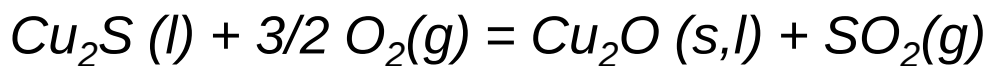
- Tiene por objetivo eliminar Fe, S y otras impurezas desde la mata para producir cobre metálico “blister” de 98,5 – 99,5 % Cu.
- La conversión se realiza en dos etapas química y físicamente distintas que involucran el soplado de aire a la fase de sulfuro fundido.
- **Soplado a escoria**



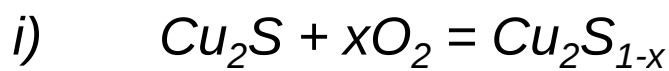
Esta etapa termina cuando la mata contiene menos de 1% de FeS, y se ha formado escoria fayalita con 10 – 20 % magnetita sólida y hasta 15 % Cu disuelto y atrapado.

Conversión de mata de cobre

- *Soplado a cobre.*



Hay 3 sub etapas en éste período. Ver Figura 1 puntos a) a d) a 1200 °C.



Reacción ocurre hasta que el azufre ha disminuido a 19,4 %, punto b)

ii) Soplado siguiente forma cobre blister con 1,2 % S, punto c). Crea una región de inmiscibilidad líquido-liquido, conteniendo metal blanco con 19,4 % S y cobre blister con 1,2 % S Figura 49 b.

iii) Finalmente el sistema pierde tanto S que sólo queda cobre blister con 1,2 % S. Este se remueve por soplado con aire, cuidando de no sobre oxidar a Cu_2O .

Conversión de mata de cobre

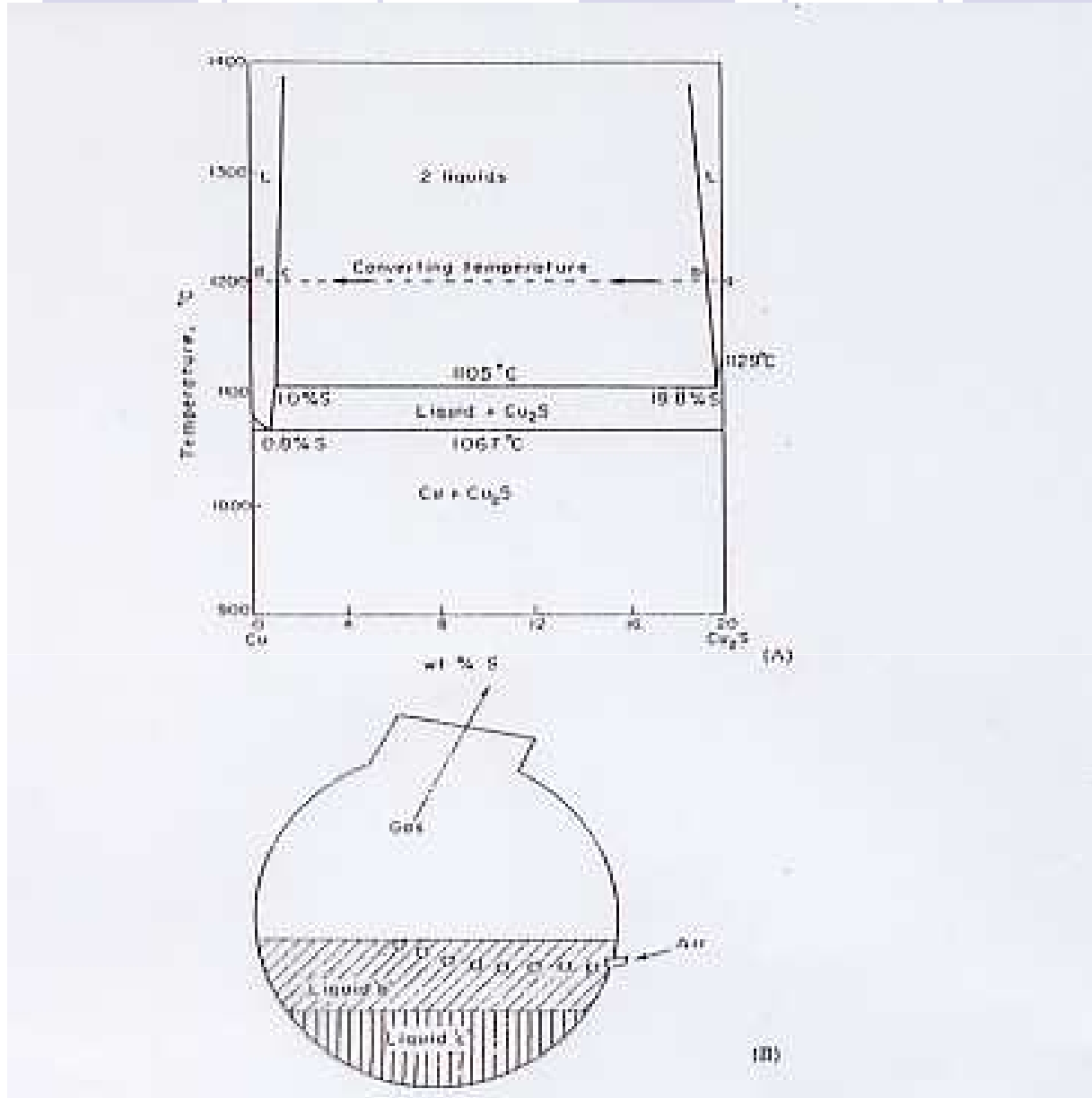
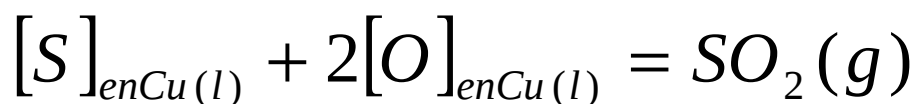


Figura 1 (a) Diagrama de equilibrio de fases Cu – Cu₂S. (b) Esquema de un convertidor y sus dos líquidos inmiscibles “b” y “c” durante la etapa de formación de cobre.

Conversión de mata de cobre

- El proceso se efectúa hasta que aparecen las primeras trazas de Cu_2O .
- Las solubilidades S y O a 1200°C se muestran en la Figura 2, que indica que $\underline{O}$ aumenta a medida que disminuye $\underline{S}$. El cobre blister contiene entre 0.02% S y 0,5 % O



$$K' = \frac{p_{\text{SO}_2}(\text{atm})}{(\%S)(\%O)^2}$$

Conversión de mata de cobre

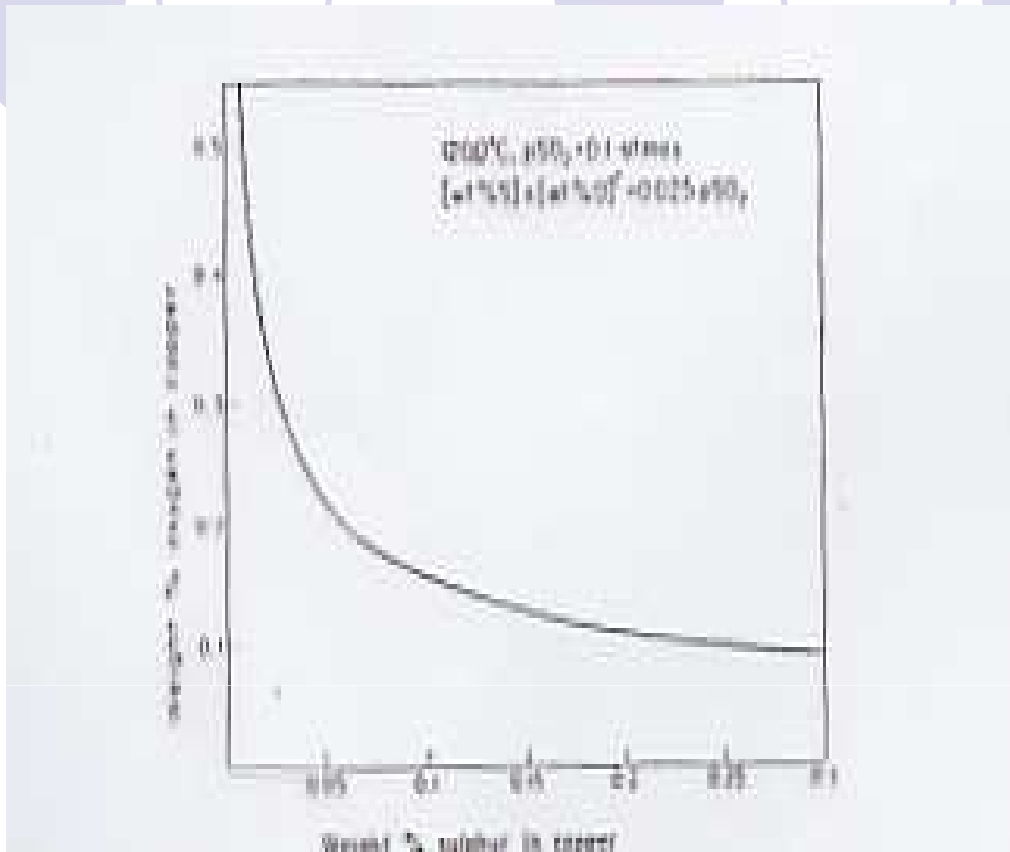


Figura 2. Concentración % en peso de Q versus concentración de S en cobre blister a 1200 °C.

Conversión de mata de cobre

Conversión en baño: **Convertidor Peirce-Smith**

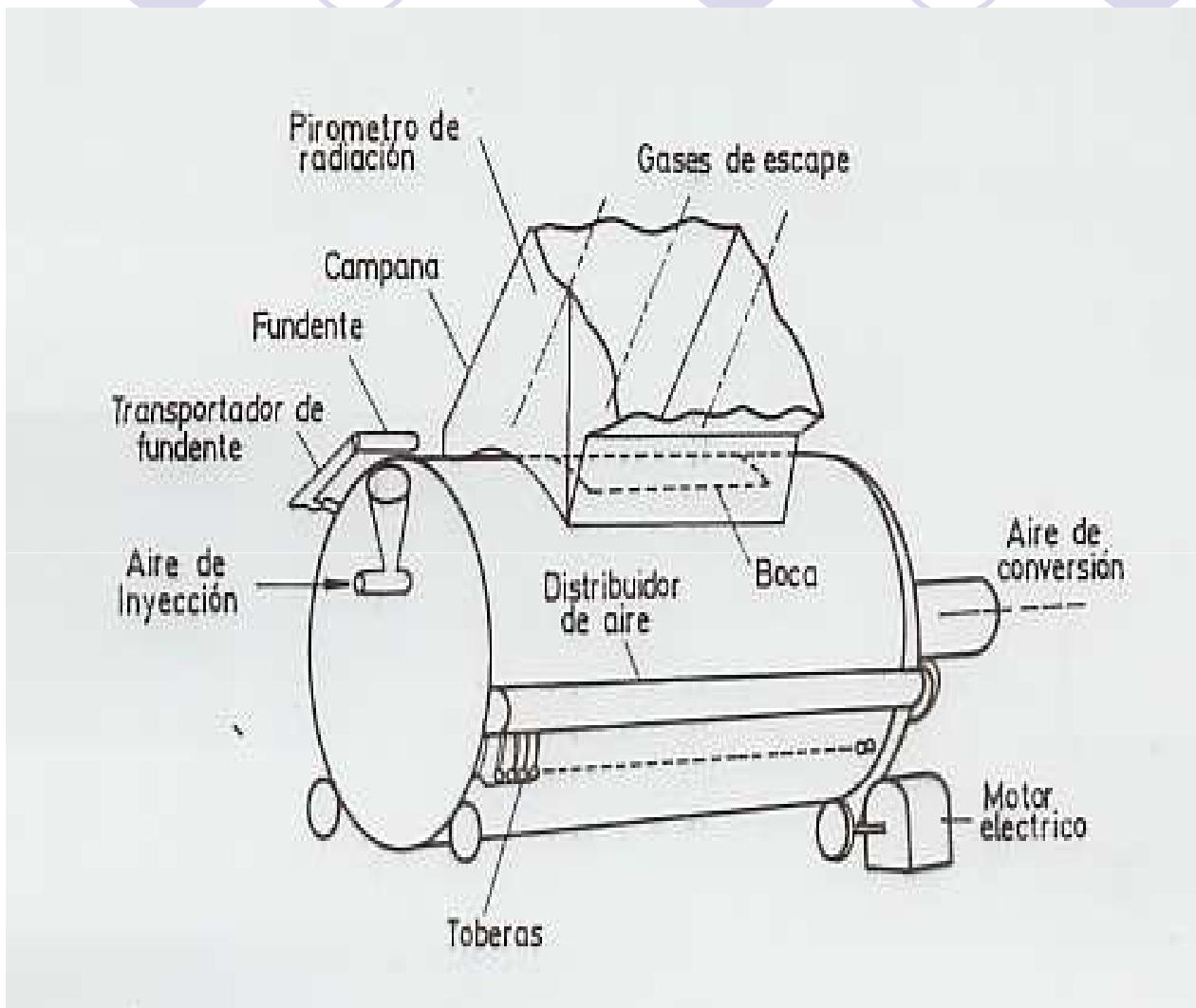


Figura 3. Esquema de un convertidor convencional Peirce-Smith

Conversión de mata de cobre

Conversión en baño: Convertidor Peirce Smith

- *Típicamente están contruidos con una plancha de acero de 4 – 5 cm de espesor, recubiertos con ladrillos de cromo magnesita de 25 – 75cm.*
- *Procesan de 300 – 500 t de mata/día para producir 100 – 200 t de cobre blister.*
- *Una fundición tiene de 3 a 6 convertidores, con uno en espera.*
- *El caudal soplado de 500 – 700 Nm³/min, y se utilizan de 40 – 50 toberas de 4-6 cm de diámetro.*
- *El convertidor esta provisto de un mecanismo de rotación para las operaciones de carga soplado y vaciado.*
- *El proceso discontinuo.*

Conversión de mata de cobre

Conversión en baño: **Convertidor Peirce Smith**

- *Requiere el traspaso de material líquido mediante tazas por grúas.*
- *Produce flujos de gases variables en concentración y cantidad.*
- *Productividad limitada por el soplado de aire; su límite está dado por excesiva salpicadura.*
- *La tasa de producción depende de a) la ley de la mata, y b) caudal de aire de soplado.*
- *El recubrimiento refractario dura de 100 – 200 días.*

$$\text{Eficiencia } O_2 = \frac{O_2 \text{ Calculado Estequiométricamente}}{O_2 \text{ Utilizado}} \times 100$$

Conversión de mata de cobre

Conversión en baño: **Convertidor Peirce Smith**

- *Las reacciones de conversión son exotérmicas y no requiere combustible fósil adicional.*
- *La mata se agrega a 1100 °C y al término del proceso el cobre blister tiene entre 1200 – 1250 °C.*
- *El calor de conversión se usa para refundir chatarra, cobre sólido y/o concentrado; siendo el objetivo final evitar las altas temperaturas y el desgaste de refractarios.*
- *Produce un alto contenido de cobre en las escorias por: i) escorias muy viscosas por su contenido de magnetita y ii) alto potencial de oxígeno que tiende a la formación de Cu_2O .*
- *Convertidores alternativos al P-S son el convertidor tipo sifón Hoboken y el convertidor TBRC de soplado por lanza superior.*

Conversión de mata de cobre

*Conversión en baño: **Convertidor Peirce Smith***

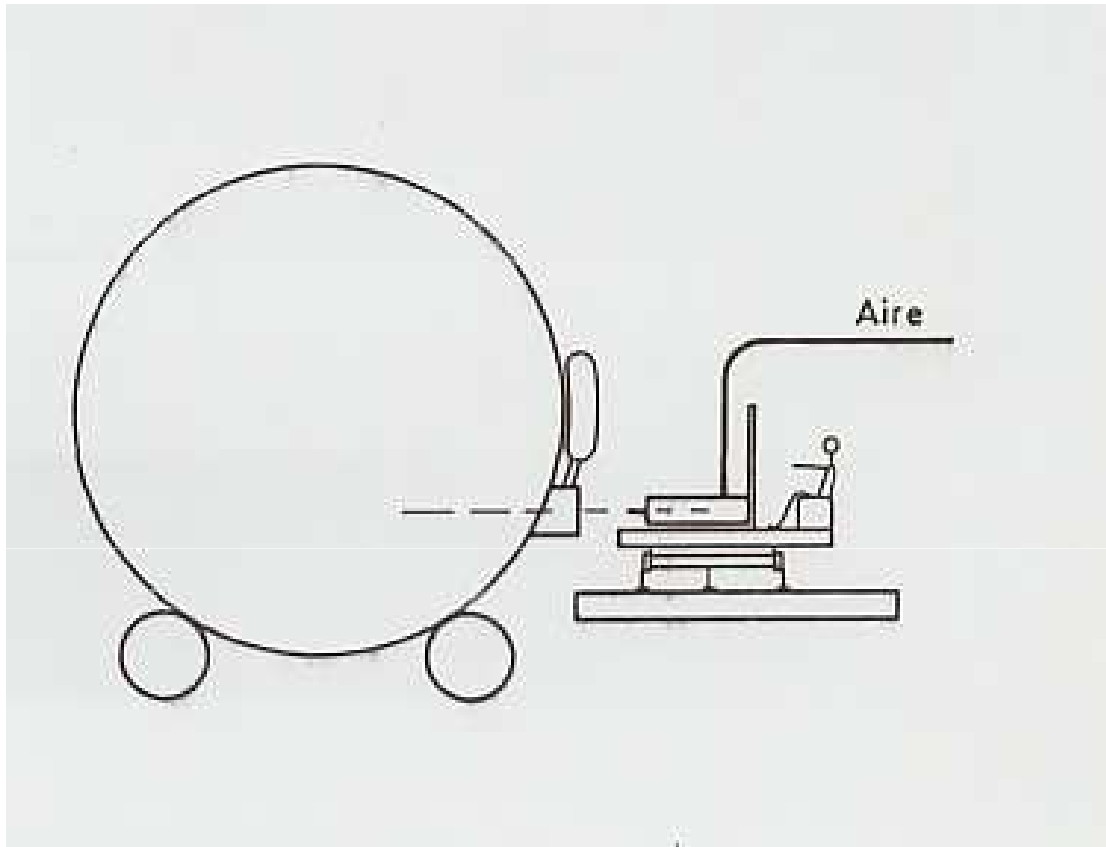


Figura 4. Diagrama esquemático de una máquina de punzado de toberas.

Conversión de mata de cobre

Conversión en baño: **Convertidor Hoboken**

- Fue diseñado por la fundición Hoboken de Bélgica
- Difiere con el convertidor P-S en el sistema de carguío y evacuación de gases y en una menor cantidad de toberas en la longitud del reactor
- Los gases salen por un sifón en el extremo del convertidor, por lo que se minimiza la dilución de gas manteniendo el flujo de gas concentrado.
- Se evitan las emisiones fugitivas a través de la boca.
- No permite el agregado de carga fría de grandes dimensiones. El producto de la conversión es cobre blister con análisis típico de 98,5 -99,0 %.
- Comparativamente, tiene menor capacidad que el CPS por un menor flujo de soplado.

Conversión de mata de cobre

- Conversión en baño: **convertidor Hoboken**

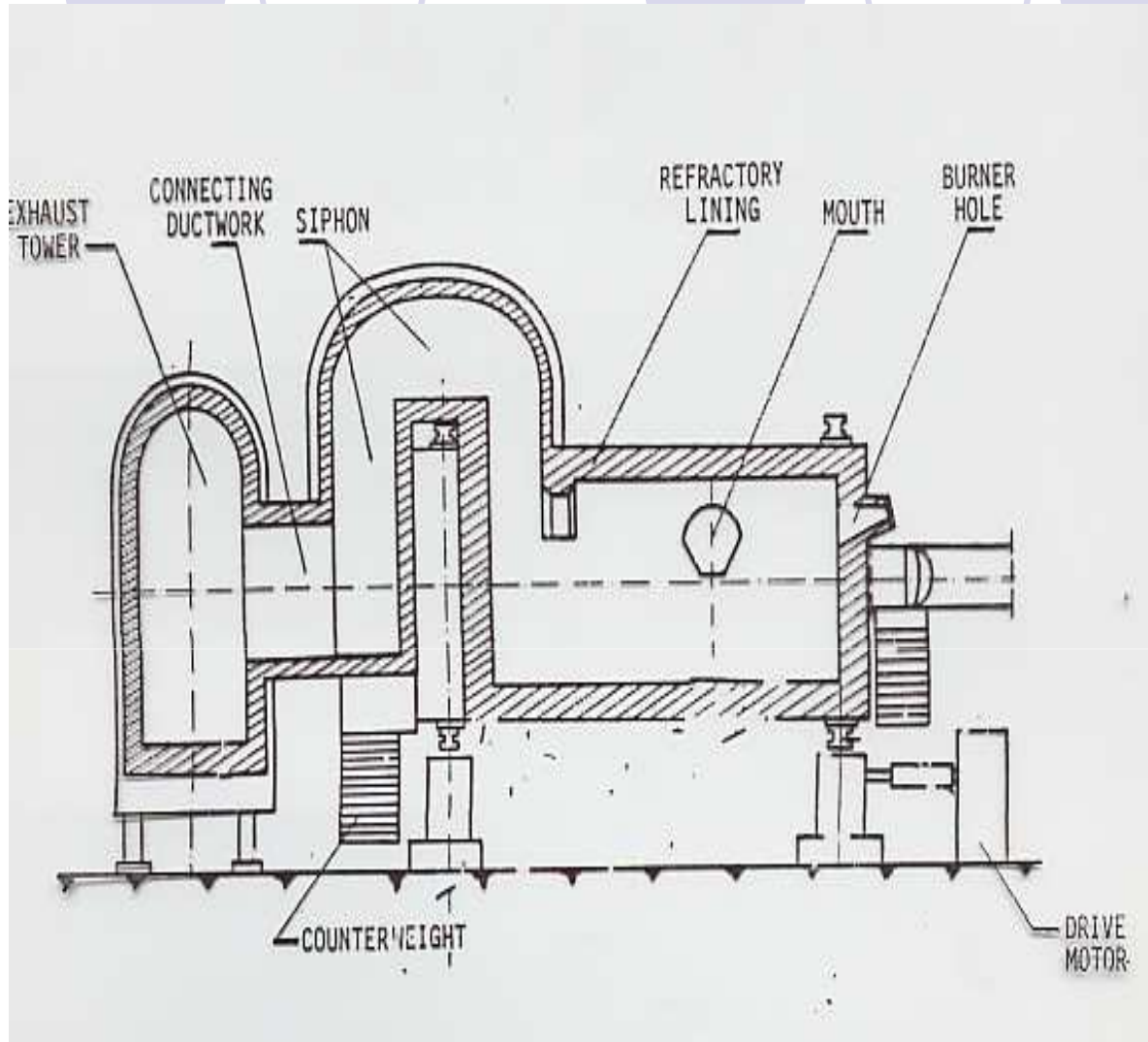
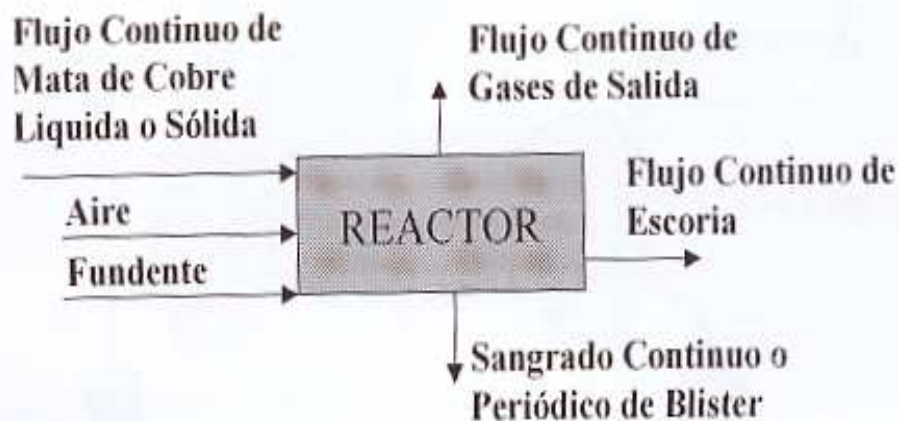


Figura 5. Sección en corte convertidor Hoboken

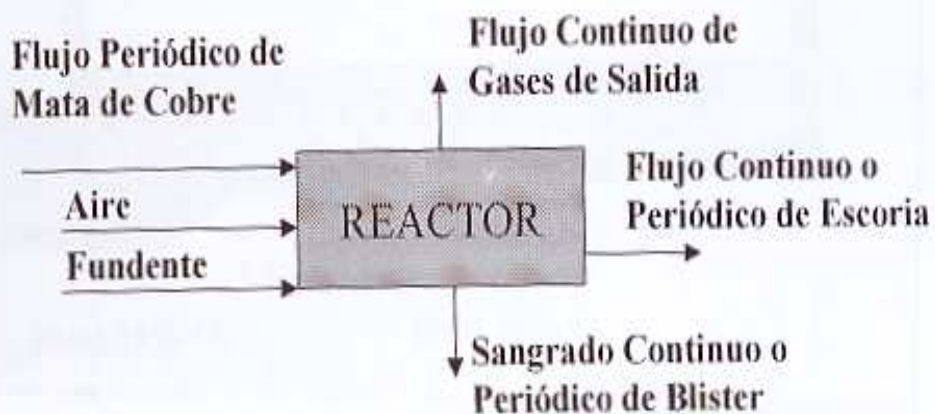
Conversión de mata de cobre

- *Conversión continua y semi continua*

I. Conversión Continua



I. Conversión Semi-Continua



Conversión de mata de cobre

Conversión continua y semi continua

Tipos de conversión:

I. Conversión en baño

- 1. Noranda*
- 2. Mitsubishi*
- 3. El Teniente CPS*
- 4. Ausmelt C3*

II. Conversión Flash

- 1. Kennecott - Outokumpu*
- 2. Inco*

III. Conversión en lecho

- 1. ENAMI - UCHILE*

Conversión de mata de cobre

En **conversión continua** se debe notar:

- En todo momento hay cobre blister a 1220 °C
- Formación escoria altamente oxidada contiene Cu, Fe^{+3} y $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})$

Por tanto, cobra relevancia

1. **Impurezas.** El Cu metálico tiende a absorber parte de las impurezas. En el proceso discontinuo el Cu reside sólo el 30 % del ciclo. En conversión continua todo el ciclo, lo que implica que en la alimentación se debe minimizar su contenido.
2. **Espumación.** Los convertidores tienden a formar espuma de escoria por la sobre oxidación del Fe.
3. **Minimización de escorias.** Las escorias de conversión continua poseen entre un 10 a 20 % de cobre que deben ser recicladas ó tratadas separadamente. Si se reciclan al proceso de fusión para recuperar el cobre se debe minimizar su cantidad.

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Mitsubishi



Figura 6. Vista del convertidor continuo Mitsubishi

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Mitsubishi

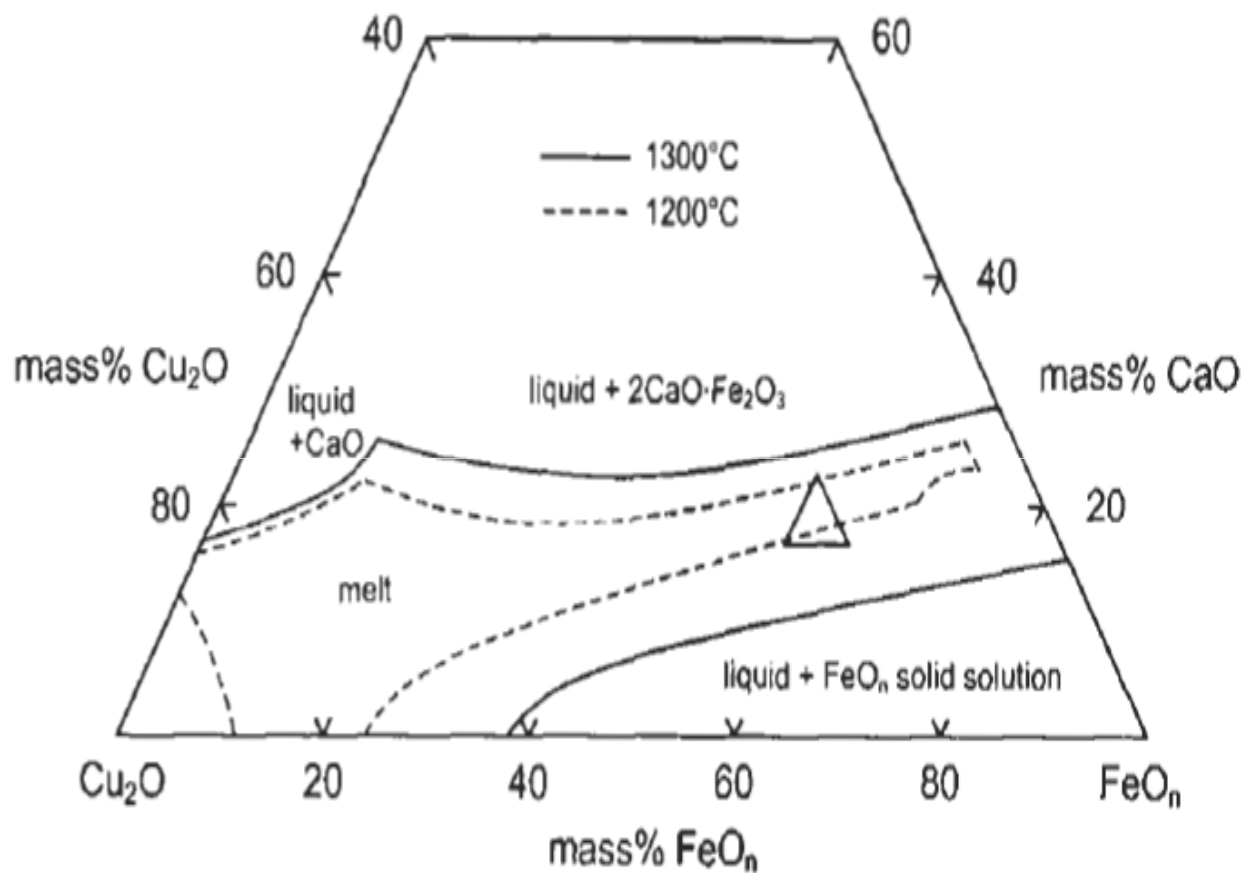


Figura 7. Escorias del convertidor Mitsubishi

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Kennecott-Outokumpu

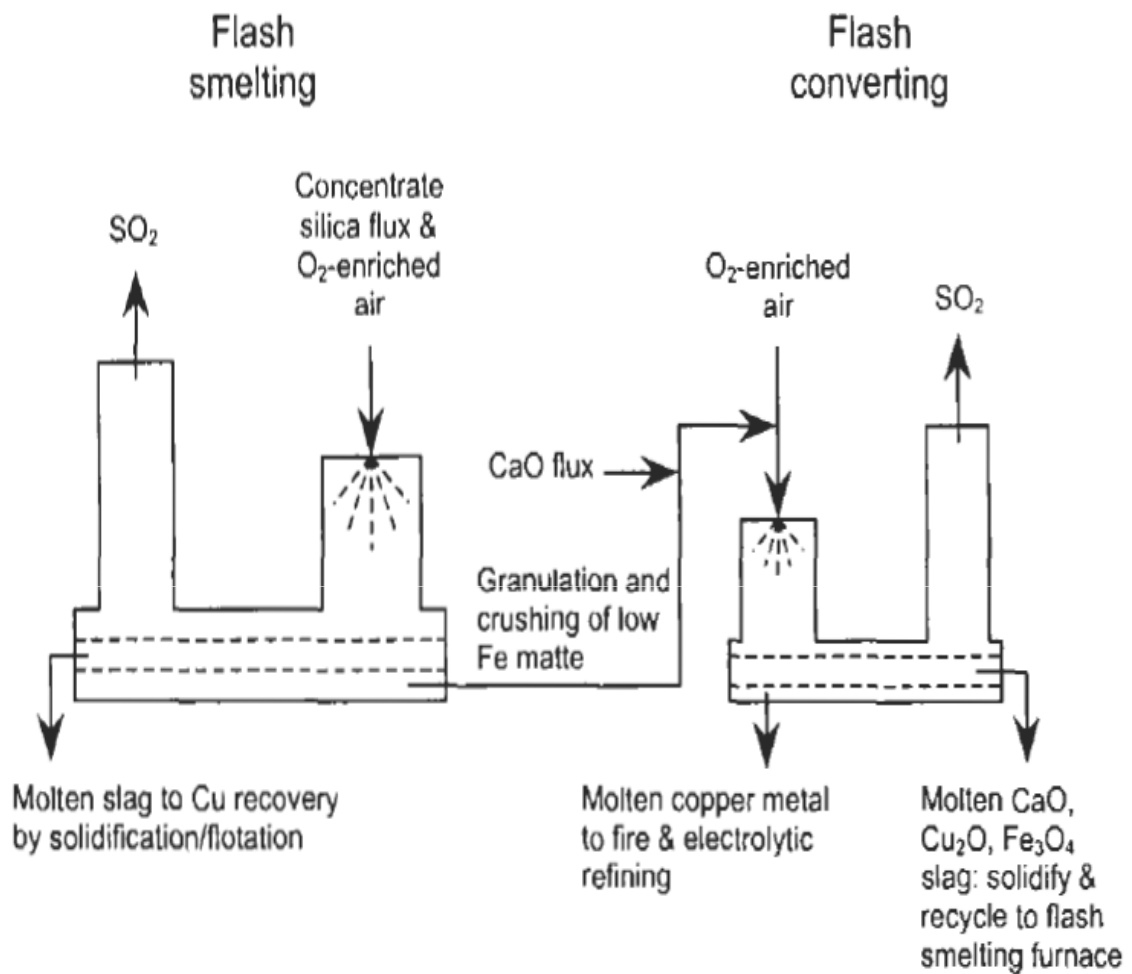


Figura 8. Diagrama de fusión y conversión flash

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Kennecott-Outokumpu

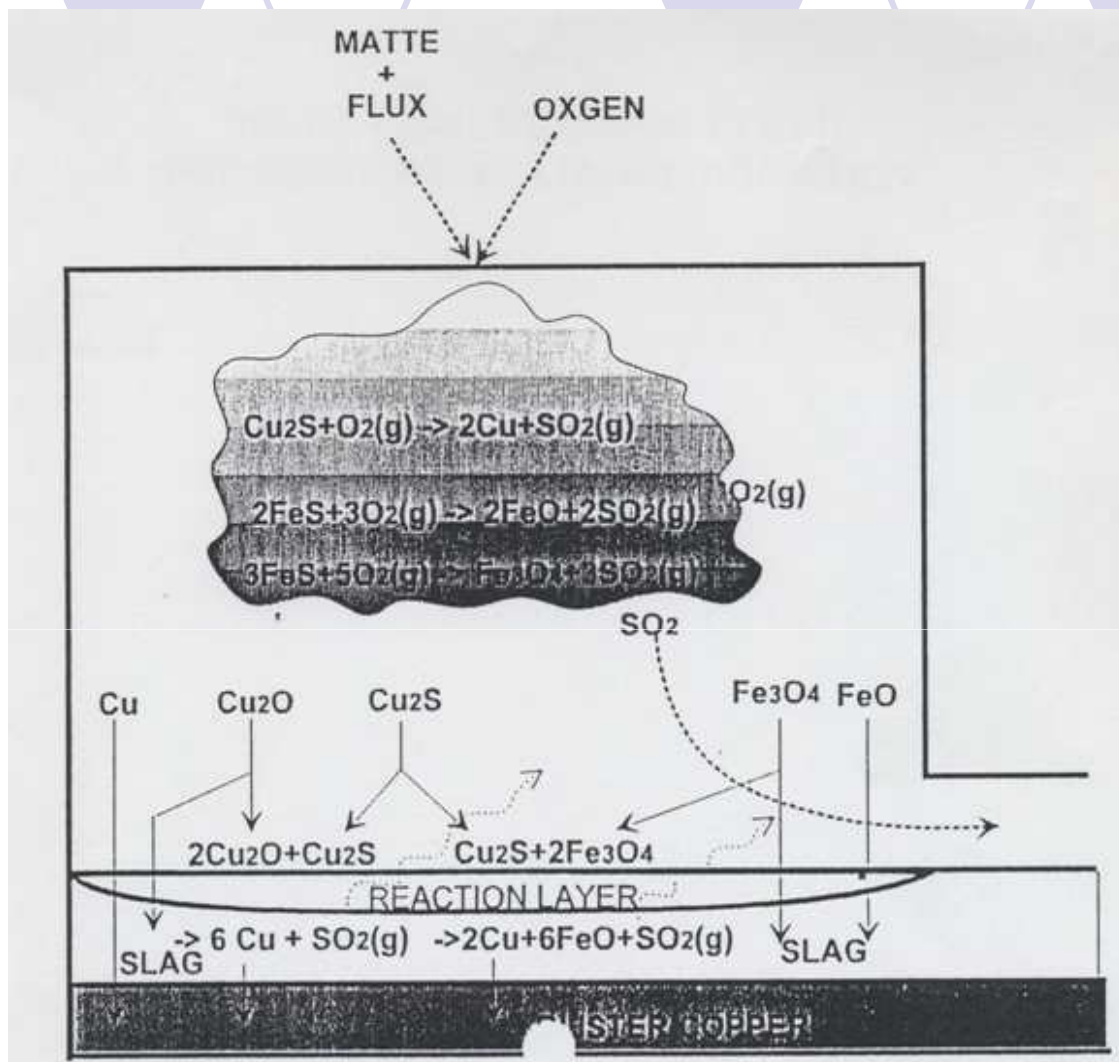


Figura 9. Reacciones convertidor flash Kennecott-Outokumpu.

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Ausmelt C3



Figura 10. Vista convertidor Ausmelt C3.

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Ausmelt C3

T = 1200 to 1250 C

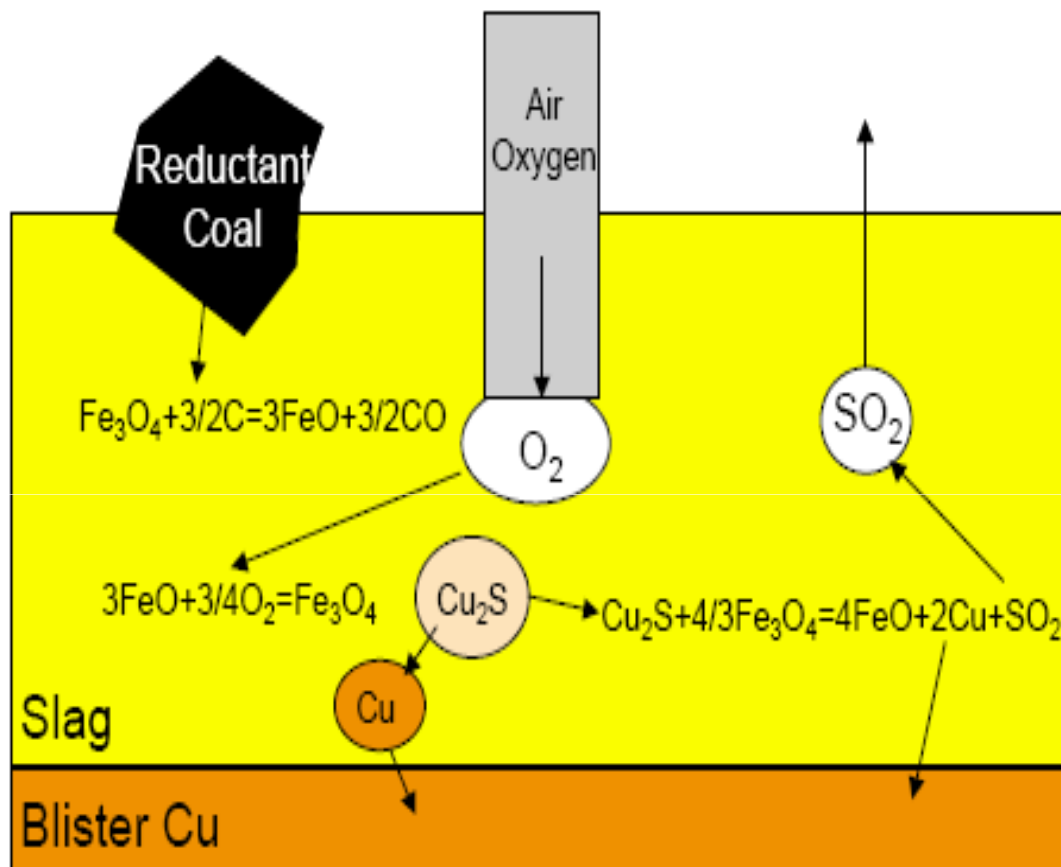


Figura 11. Reacciones Convertidor Ausmelt C3.

Conversión de mata de cobre

Conversión continua Enami- Uchile

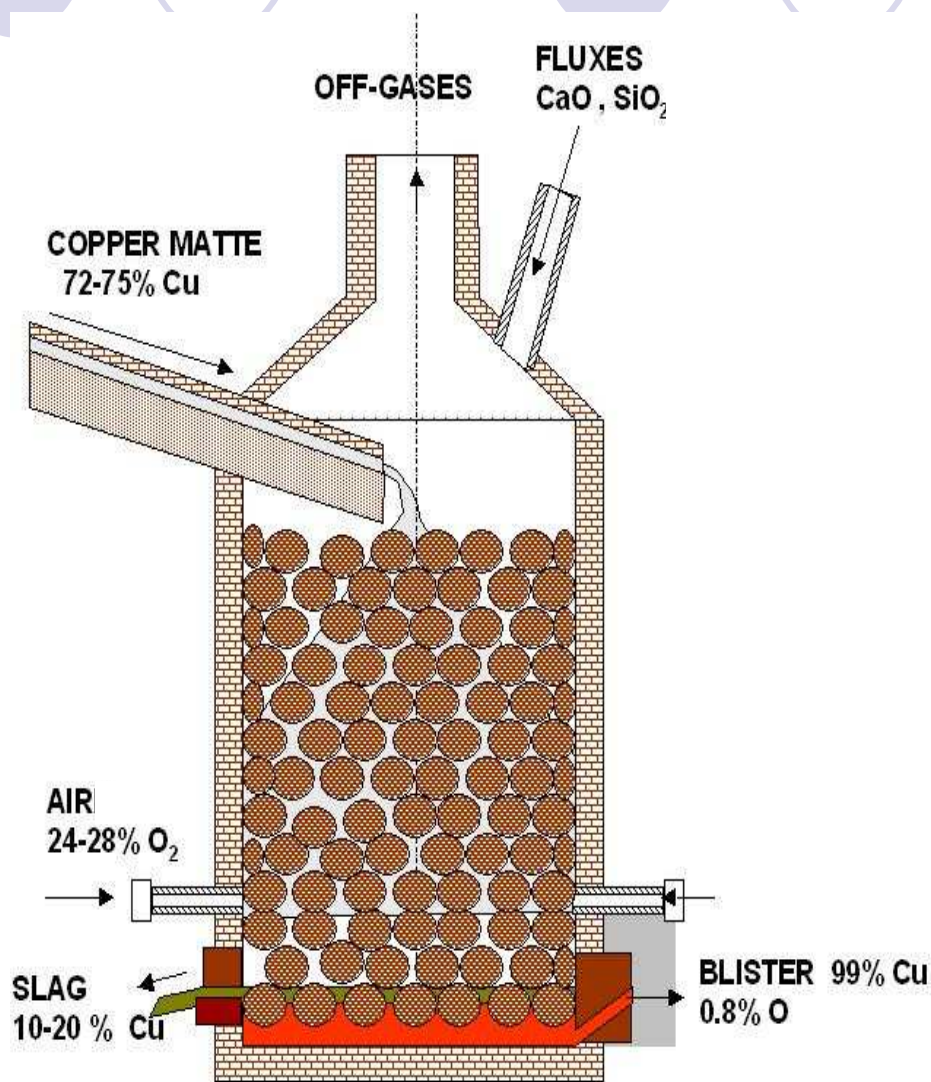


Figura 12. Esquema convertidor en lecho empacado CCE .

Conversión de mata de cobre

Comparación procesos conversión continua

	CPS	Mitsub	KOk	A C3	Lecho CCE
Nº Plantas	> 200	4	1	Estudio	Estudio
Modo operación	Batch	Continuo	Cont	Cont	Cont
Cu (t/año)	variable	> $120 \cdot 10^3$	> $200 \cdot 10^3$	> $200 \cdot 10^3$	variable
Tipo Alimentación	Líquida	Líquida	Sólida	Sólida/líquida	Sólida/Líquida
%Cu escoria	2-15	14-16	14-20	20	6
%S Blister	0,001-0,03	0,7-0,9	0,2-0,4	0,2	0,2-0,05
Fijación S gases	75-90	>95	>95	>95	>95
Duración refractario	3 meses	>2 años	>2 años	>2 años	>2 años
Sistema Escoria	Fayalita	Ferrítica calcio	Ferrític calcio	Olivina	Alúmino olivina
Fases operación	Escoria/metal blanco	Escoria/metal	Escoria/metal	Escoria/metal	Escoria/metal
Reactor independiente	No	Difícil	Sí	Sí	Sí