

# ***FUNDAMENTOS DE METALURGIA EXTRACTIVA***

*MI4100-Pirometalurgia  
Prof. Gabriel Riveros  
26 de Agosto de 2010  
Fusión Concentrado  
Tecnología*

# ***Fusión de concentrado***

- *Fusión por calentamiento - **Horno de reverbero***
- *Ruta convencional de producción: 1900 – 1970*

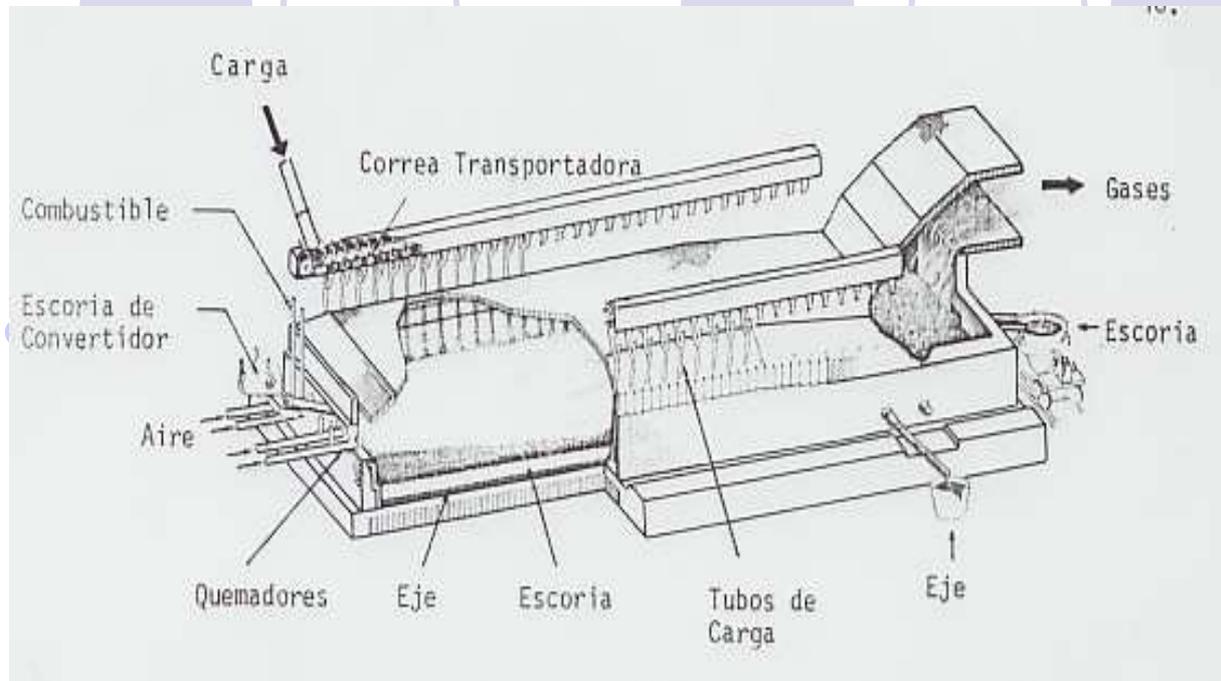
*Razones:*

  - Bajo costo de energía,*
  - Bajo costo de producción,*
  - Alto precio de venta.*
- *Estudio de alternativas*

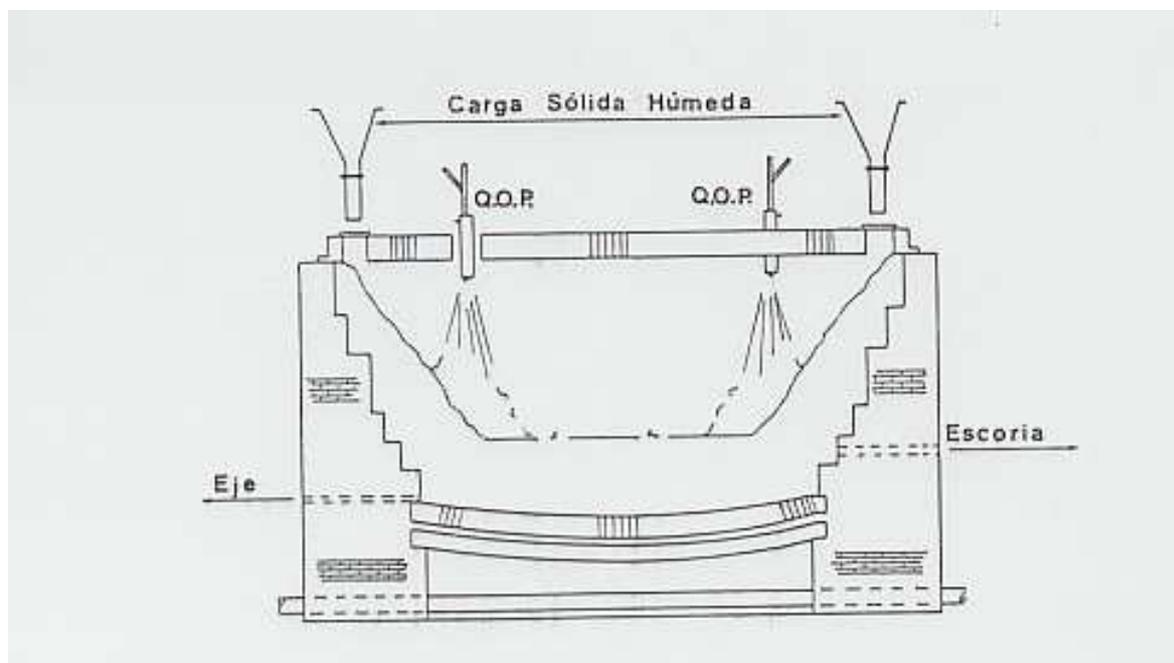
*Década 70*

  - Crisis petróleo*
  - Contaminación ambiental*
- *Otros motivos*
  - Naturaleza discontinua*
  - Baja capacidad unitaria*
  - Baja productividad*
  - Costo de tratamiento elevado*

# Fusión de concentrado



● *Figura 1. Vista general horno de reverbero*



● *Figura 2. Vista en corte HR con quemadores oxígeno/petróleo*

# **Fusión de concentrado**

## **Horno de Reverbero**

- **Características:**

*Fusión carga por calentamiento directo e indirectos con separación mata y escoria.*

*Recuperar cobre de escorias de conversión y retornos*

*Área de solera 20 – 40 m<sup>2</sup>*

*Fusión (aire y aire precalentado) 500 a 1000 tpd*

*(aire enriquecido) 1000 – 1500 tpd*

- **Aspectos negativos**

*Formación doble piso, escoria intermedia*

*Bajo contenido SO<sub>2</sub> gases.*

*Baja eficiencia térmica.*

*Grandes emisiones incontroladas de gases y polvo.*

- **Control magnetita**

*No recircular escoria convertidor*

*Mantener una alta temperatura*

*Composición adecuada de la carga*

*Evitar caída de refractarios*

*Aplicar adiciones de Fe, FeSi, combustible, madera, etc.*

# **Fusión de concentrado**

## *Fusión en baño: **Proceso Noranda***

- *Desarrollado en la década del 60 por la empresa Noranda de Canadá.*
- *El reactor es un cilindro horizontal basculante equipado con toberas localizadas entre la boca de carga y la boca de salida de gases.*
- *La carga consiste de una mezcla de concentrado fresco, concentrado de escoria, retornos, polvos y fundente, con un contenido de humedad que varía entre 6 a 8%, alimentado sobre el baño. El reactor produce mata de alta ley, 70 – 75 % Cu, y una escoria de composición 4 – 6% Cu.*
- *Bajo operación normal el baño ocupa cerca del 28 % del volumen del reactor. Los orificios de sangrado de mata y de escoria, están localizados en el manto y en la pared opuesta a la alimentación de carga. El polvo arrastrado por los gases es cerca del 2% respecto del peso del concentrado.*

● .

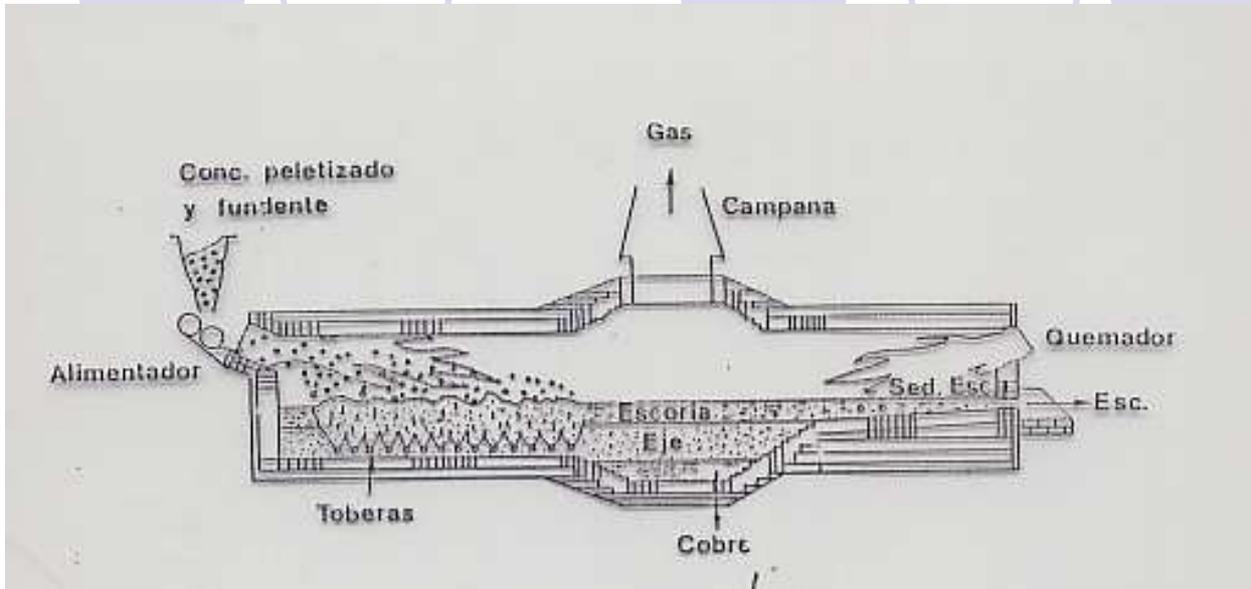
# **Fusión de concentrado**

## **Fusión en baño: *Proceso Noranda***

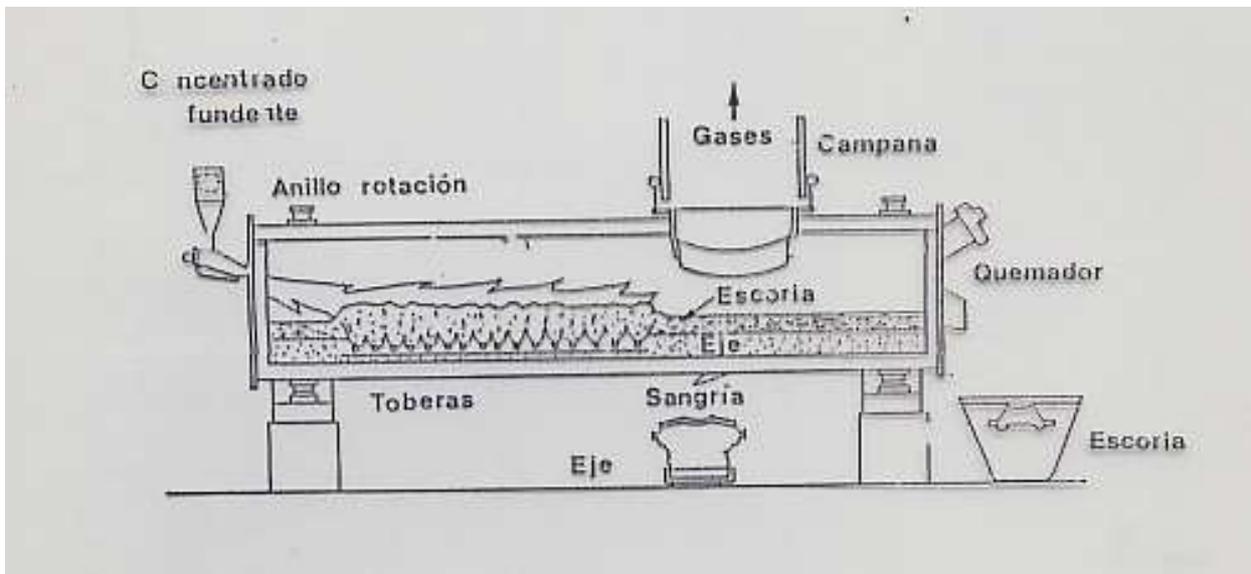
- *Un pequeño quemador a gas natural se ubica en la culata de alimentación. A la carga, para suplir deficiencias de calor se le agrega un 1% de carbón respecto a la carga total alimentada.*
- *Con las altas tasa de alimentación y soplado con enriquecimiento de oxígeno el reactor requiere de una estrategia de control, con muestreo frecuente y periódico de la mata y mediciones de temperatura a través de toberas para limitar los cambios en composición de la mata y temperatura del baño.*
- *La tasa específica de fusión del reactor es de 11,7 t de carga seca/ m<sup>3</sup>de horno/día.*
- *La campaña del reactor es cerca de 300 días. El enriquecimiento típico por toberas es de 35 – 40 %. No hay toberas bajo la boca ni en la salida de escoria, proporcionando cerca de 10 m de longitud para la zona de separación mata/escoria.*

# **Fusión de concentrado**

## **Fusión en baño: *Proceso Noranda***



*Figura 3. Corte esquemático reactor Noranda piloto industrial Versión a cobre blister*



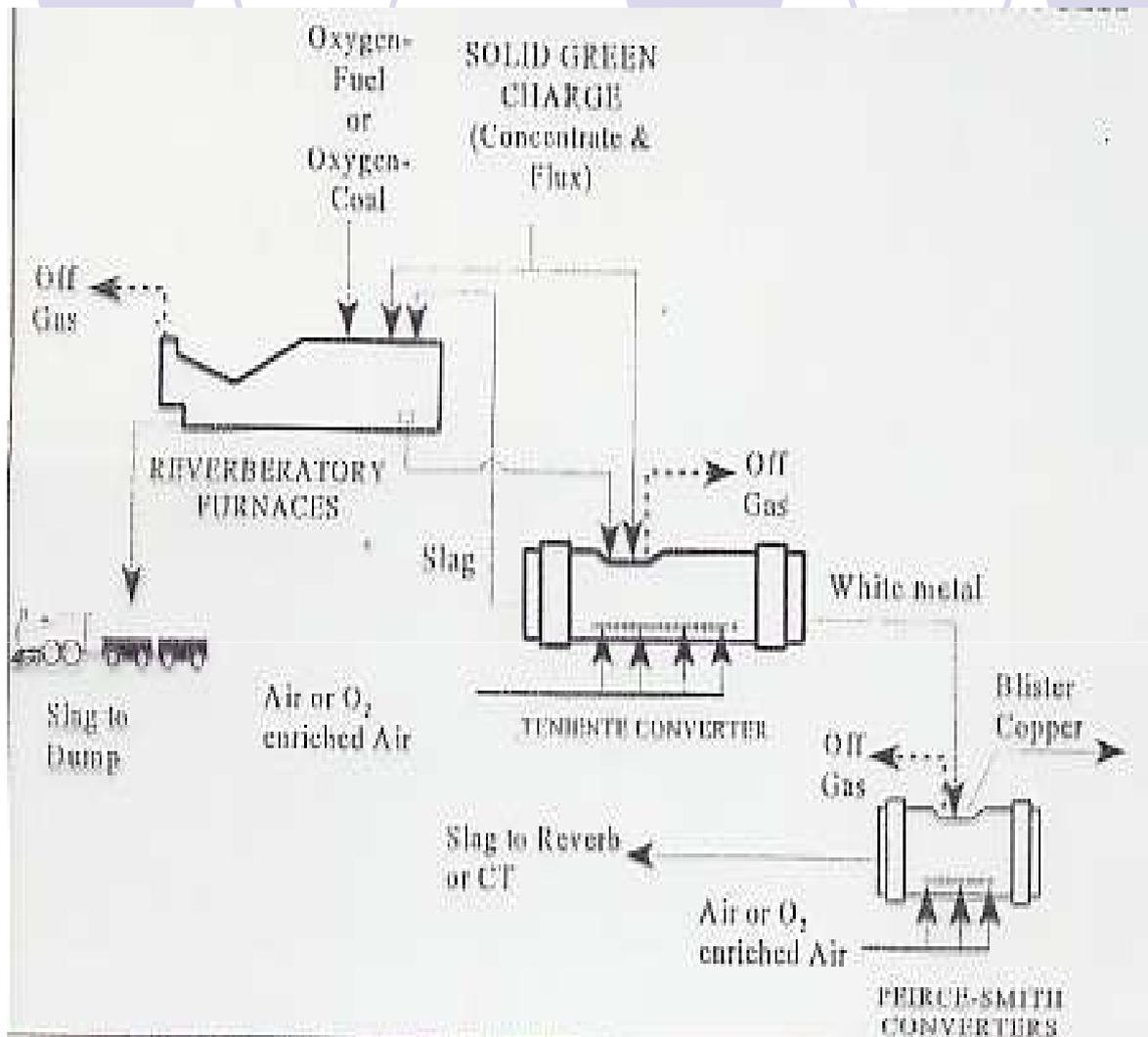
*Figura 4. Corte esquemático reactor Noranda industrial. Versión a mata de alta ley*

# **Fusión de concentrado**

## *Fusión en baño: **Convertidor Teniente***

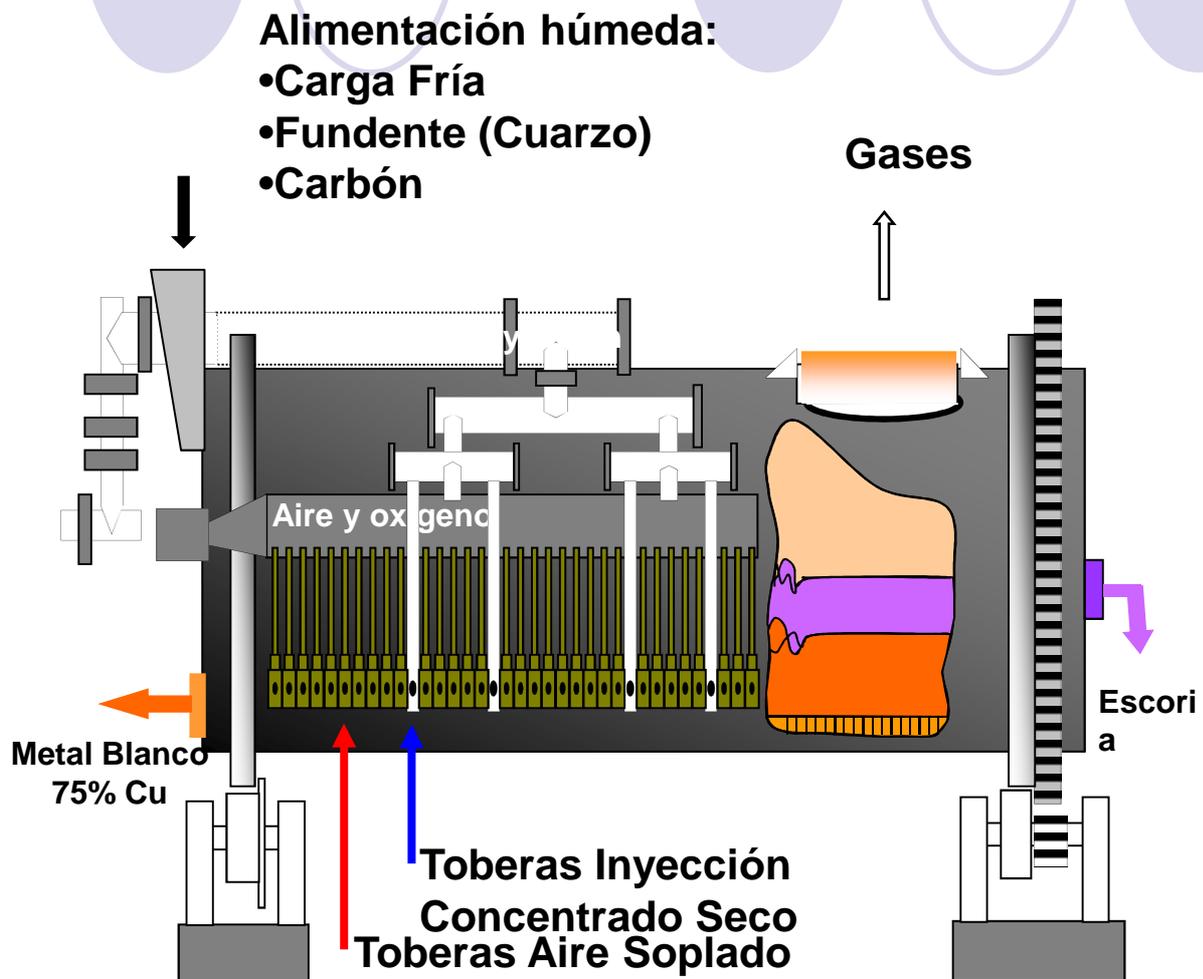
- *Creado en la Fundición Caletones de Codelco entre los años 1974-1976, como una alternativa intermedia entre la fusión convencional y la fusión autógena. Ver figura 5.*
- *Fue desarrollado por el fracaso de la tecnología del Oxygen Smelting de fundir concentrado en convertidores, por balance de calor y arrastre de concentrado en los gases.*
- *La idea principal fue usar el calor de conversión de mata para fundir concentrado en un convertidor convencional modificado.*
- *En sus inicios el convertidor Teniente era alimentado periódicamente con mata y continuamente con concentrado húmedo y fundentes; con soplado de aire y aire enriquecido por toberas.*
- *Como productos se obtienen metal blanco de ley 72 -75 % Cu, escoria cercana a la saturación con magnetita con contenidos de cobre, entre 6-8%. El metal blanco se envía a convertidores convencionales y la escoria a hornos de limpieza.*

# Fusión de concentrado



**Figura 5. Diagrama de flujo básico que incluye al convertidor Teniente**

# Fusión de concentrado



*Figura 6. Esquema Convertidor Teniente configuración actual*

## ***Fusión de concentrado***



***Figura 7. Convertidor Teniente***

# **Fusión de concentrado**

## **Fusión en baño: Convertidor Teniente**

- *Balance de materia y calor en Convertidor Teniente*

- *Balance de Oxígeno*

$$m_C * f_C + m_M * f_M + m_R * f_R = V_{AE} * \eta$$

- *Balance de Calor*

$$m_C * q_C + m_M * q_M + m_R * q_R - Q_P = 0$$

$m_C, m_E, m_R$  = masa de concentrado, mata, retornos (t/d)

$f_C, f_E, f_R$  = factor de aire enriquecido requerido por tonelada de concentrado, mata, retornos (Nm<sup>3</sup>/t)

$q_C, q^M, q_R$  = calor neto aportado por una tonelada de concentrado, mata, retornos (Mcal/t)

$\eta$  = eficiencia fraccional del uso de oxígeno

$Q_P$  = pérdidas totales de calor del reactor (Mcal/d)

# **Fusión de concentrado**

## *Fusión en suspensión: **Fusión Flash***

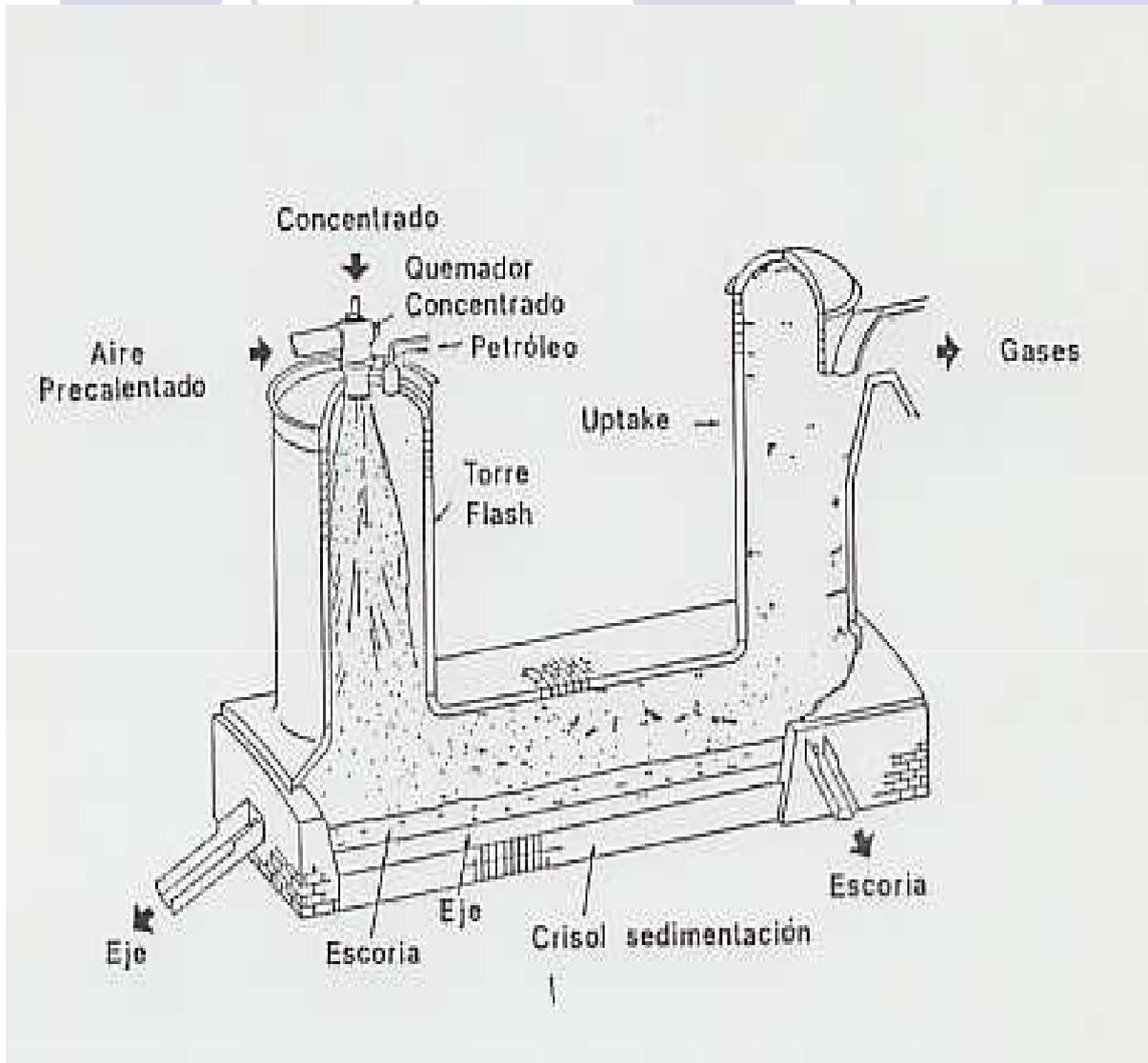
- *Proceso que combina las etapas de tostación/fusión y parcialmente conversión en un solo reactor*
- *Fundamenta en la combustión del concentrado con aire, aire enriquecido u oxígeno en suspensión*
- *El calor generado por las reacciones exotérmicas proporciona la energía del proceso*
- *Bajo consumo de combustible, es autógeno con suficiente  $O_2$  y/o oxidación del concentrado*
- *Concentración alta y pareja del  $SO_2$*
- *No se presta para la limpieza de escoria*
- *Alta velocidad de producción*
  
- *Existen dos versiones: Outokumpu e Inco*

# **Fusión de concentrado**

## *Fusión en suspensión: **Flash Outokumpu***

- *Fue desarrollado en la Fundición Harvajaalta de Outokumpu oy de Finlandia entre los años 1946 – 1950.*
- *Horno compuesto de tres cámaras: reacción, sedimentación y gases de salida.*
- *Quemador(es) se ubican verticalmente en la torres de reacción.*
- *El contenido de Cu en la mata varía de 55 – 75 %, dependiendo del O<sub>2</sub> del aire. La escoria contiene de 2 – 3 % Cu.*
- *Tratamiento de la escoria: H. eléctrico ó flotación.*
- *Gases a 1300 °C van a caldera recuperadora de calor, en donde se decanta los polvos (5 – 12 % de la carga) y enfrían.*
- *Contenido de SO<sub>2</sub> depende de O<sub>2</sub> en el aire contiene entre 12 a 18 %.*
- *Cámara de reacción refrigerada*
- *Humedad del concentrado 0,1 -0,3 %.*
- *Requiere un suministro elevado y constante de concentrado.*

# ***Fusión de concentrado***



*Figura 8 Esquema horno flash Outokumpu*

# Fusión de concentrado

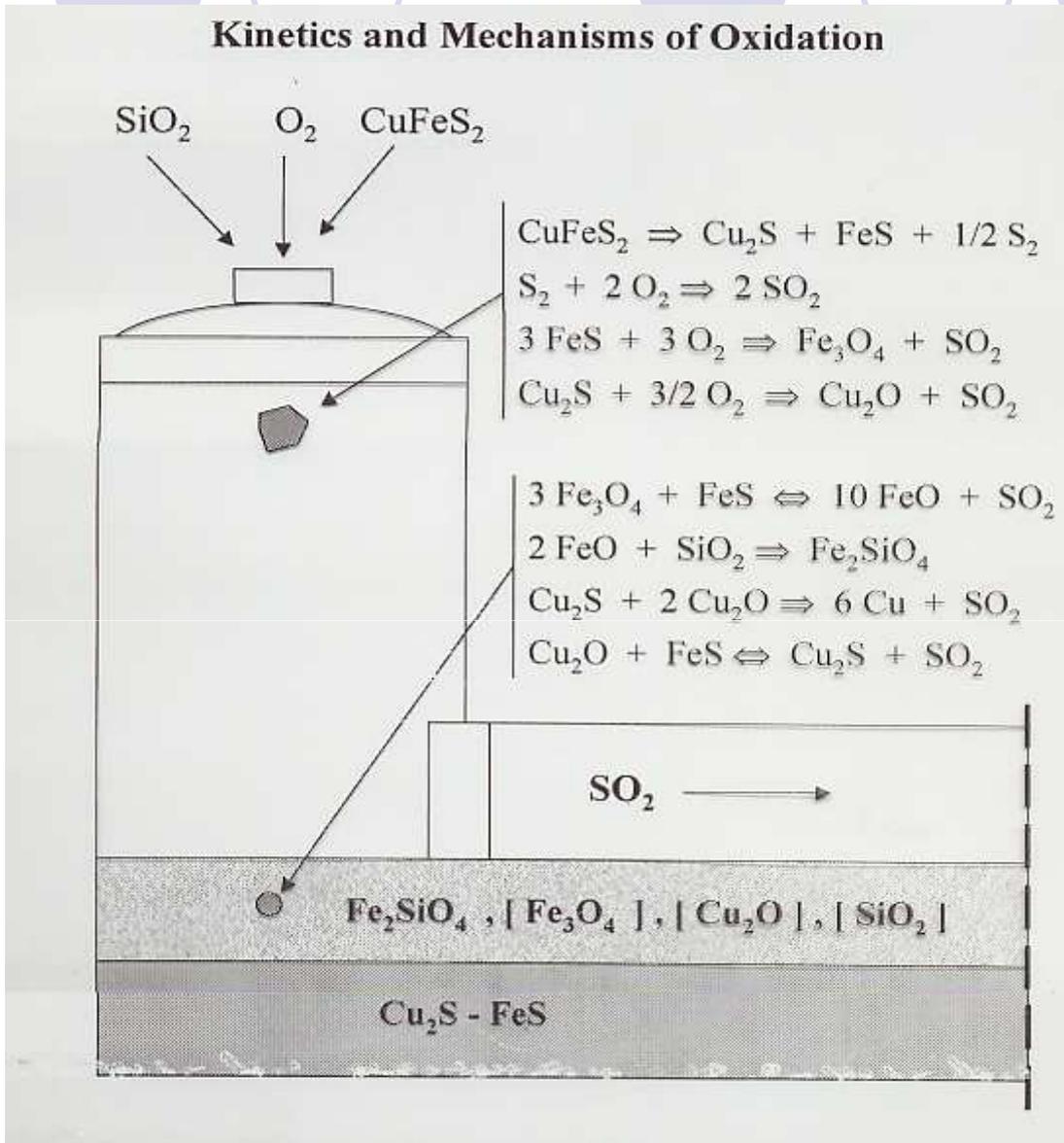


Figura 9. Mecanismo de oxidación horno flash Outokumpu

# **Fusión de concentrado**

## **Parámetros control proceso**

<i>Variable Controlada</i>	<i>Nivel control</i>	<i>Sensor</i>	<i>Parámetro ajustado</i>	<i>Ajuste por Computador</i>
<i>Velocidad alimentación concentrado</i>	<i>1000 t/d</i>	<i>Celda de Carga</i>	<i>Posición</i>	<i>Velocidad transporte bajo tolva concentrado</i>
<i>Razón Fe/SiO<sub>2</sub> en la escoria</i>	<i>1,15</i>	<i>Análisis químico</i>	<i>Razón Velocidad alimentación Fundente/ concentrado</i>	<i>Velocidad transporte bajo tolva fundente</i>
<i>Grado de la Mata</i>	<i>65 % Cu</i>	<i>Análisis Químico</i>	<i>Aire (O<sub>2</sub>)/ alimentación concentrado</i>	<i>Válvula entrada flujo aire en quemador concentrado</i>
<i>Temperatura de la mata</i>	<i>1200 °C</i>	<i>Termopar</i>	<i>Ajuste por balance de calor en combustión</i>	<i>Válvula de alimentación concentrado</i>

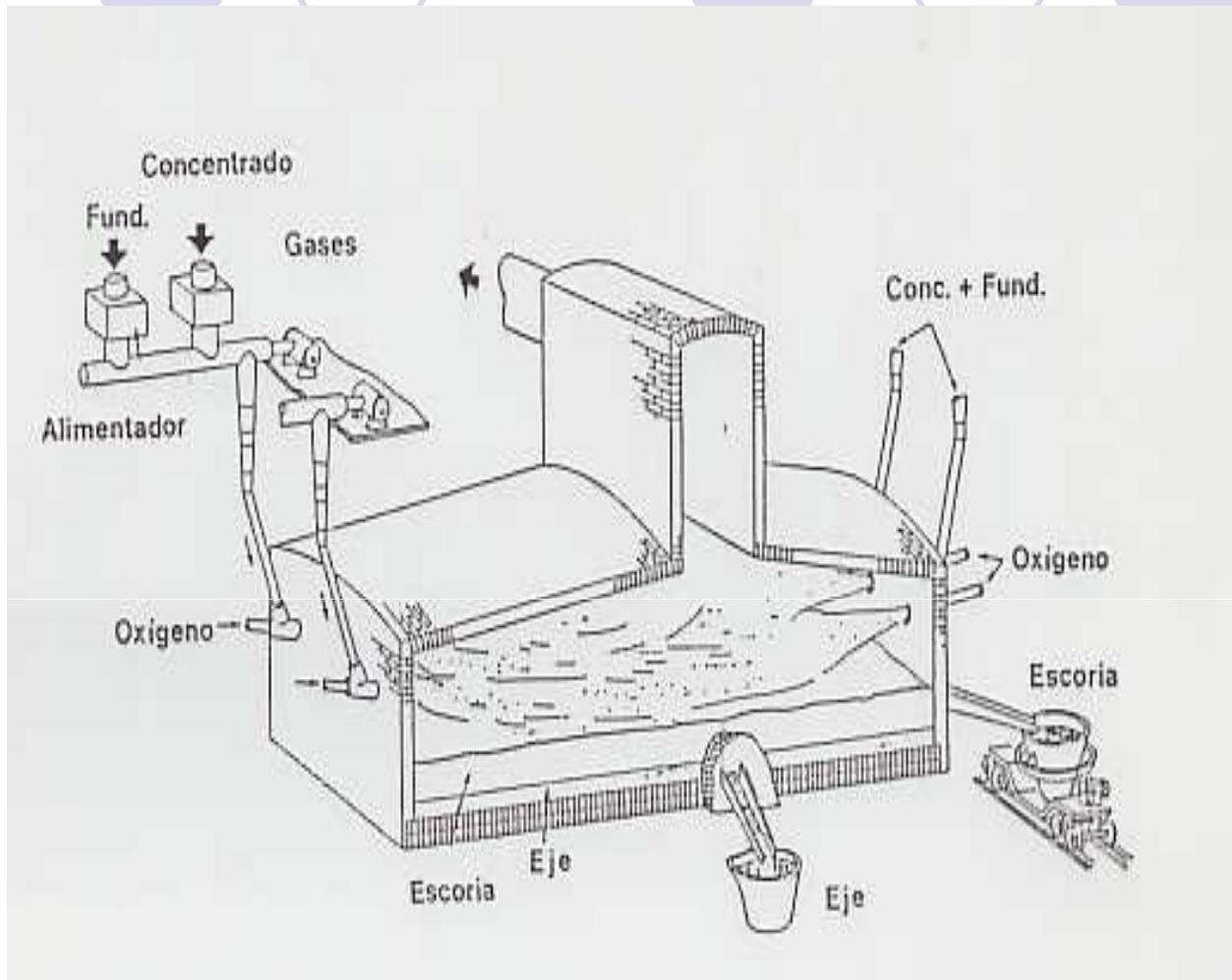
# **Fusión de concentrado**

## *Fusión en suspensión: Horno flash Inco*

- *Fue desarrollado por la International Nickel Company en Copper Cliff entre los años 1945 - 1953. Consiste de un horno de una cámara con quemadores de concentrado horizontales.*
- *Proceso concebido para producir  $\text{SO}_2$  para licuación (80%), siendo un proceso autógeno desde sus orígenes por el uso de  $\text{O}_2$  puro .*
- *Gases se evacuan desde el centro del horno y la escoria producida se descarta directamente (0,6 % Cu).*
- *Ley de la mata es fija para un determinado concentrado, esta se regula con la recirculación de polvos, carga fría y escoria de convertidor.*
- *Quemadores permiten tratar 15 – 20 t/h carga con 2000 – 2500  $\text{Nm}^3 \text{O}_2/\text{h}$*

# **Fusión de concentrado**

*Fusión en suspensión: Horno flash Inco*



*Figura 10. Esquema horno flash Inco*