

771-5027

0425



ORD. : N° 165/  
 ANT. : Solicita reunión cerrar tema emisión As Ventanas 2010 GSUS N° 049/2011  
 MAT. : Se pronuncia sobre el particular.

Valparaíso, **17 MAYO 2011**

**DE : SR. HERNÁN BRÜCHER VALENZUELA  
 SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE  
 REGIÓN DE VALPARAÍSO**

**A : SR. JAIME JAMETT ROJAS  
 SEREMI DE SALUD  
 REGIÓN DE VALPARAÍSO**

Junto con saludarle, comunico a usted que de acuerdo a la presentación que solicitara e hiciera la empresa Codelco División Ventanas a la Seremi de Salud y a la Seremi del Medio Ambiente el día 12 de mayo del 2011 en estas dependencias y que guardan relación con la petición por parte de CODELCO Ventanas con la revisión del balance 2010 de Arsénico, en cumplimiento al D.S 165/98 modificado por el D.S 75/08.

Al respecto y de acuerdo a los antecedentes presentados, cabe señalar lo siguiente:

1. CODELCO Ventanas envía mensualmente los informes que dan cuenta de las contabilidades o balances de Arsénico para dar cumplimiento a la normativa vigente.
2. De acuerdo a la información entregada, el promedio de emisiones anuales 2006-2009 bordean 71 toneladas. No obstante durante el año 2010, se registra una emisión de 118 toneladas de Arsénico a pesar que se mantienen las leyes del mismo en el concentrado para el periodo en comento.
3. Que de acuerdo a la información reportada por la empresa, la captación de As fue 84,5%, inferior a lo registrado históricamente.
4. Las salidas de As consideradas por la fundición corresponden a: Polvo de los precipitadores electrostáticos, Ánodos, Escoria, Riles y Ácido Débil por lo que la diferencia entra el As de ingreso en el concentrado y las salidas, corresponden al As emitido.

5. Según los antecedentes aportados por la empresa, fallas operacionales en los precipitadores, conllevaron a la acumulación excesiva de sólidos en el estanque B7, lo que habría implicado para efectos del balance, considerar el Arsénico acumulado, como As emitido a la atmósfera.
6. Que para efectos de contabilizar la masa real acumulada, se requiere de las detenciones programadas de planta.
7. La empresa adjunta folios del SIDREP N° 131686, 131840, 132044, 135398 que darían cuenta de la disposición como sólidos, de estos residuos acumulados en el sistema.
8. De acuerdo a lo establecido en el D.S N° 75/08 en su artículo 15, señala que "la emisión anual de As en el aire, corresponde a la suma de los resultados netos de los balances mensuales de As, menos el As recuperado en las operaciones de mantención y/o limpieza, durante el reemplazo parcial o total de equipos o como consecuencia de la suspensión parcial o temporal de varios equipos". Al respecto, es dable considerar que los cierres de los balances, quedan sujetos a los ajustes finales realizados luego de considerar los acumulados medidos posterior a las operaciones de mantención, siempre que estén debidamente justificadas.
9. Conforme lo anterior, el artículo señalado anteriormente señala que el material recuperado de las operaciones de limpieza, deberán ser debidamente identificadas e informadas a la autoridad competente en el mes que son recuperadas. La cantidad total de As recuperado, será contabilizada al final del año calendario, restándose a la emisión anual. No obstante se debe señalar, que la empresa lleva a cabo las operaciones de mantención en el mes de febrero de cada año por lo que no coincide con el año calendario estipulado en la norma.

Dado lo anterior y de acuerdo a los antecedentes evaluados, esta Seremi del Medio Ambiente considera que los antecedentes aportados por la empresa antes individualizada, justificarían la reconsideración de las emisiones declaradas para el periodo 2010. No obstante lo anterior, este pronunciamiento queda sujeto al pronunciamiento definitivo de los servicios con competencia en la materia.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,



**HERNÁN BRÚCHER VALENZUELA**  
**SECRETARIO REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE**  
**REGIÓN DE VALPARAISO**

HBV/SCA/SAR  
 c.c.: Archivo

DISTRIBUCIÓN:

- Servicio Agrícola y Ganadero SAG
- Seremi de Salud Valparaíso
- Ministerio de Medio Ambiente, Dpto. Asuntos Atmosféricos.

**Acta Reunión: Consolidado de Observaciones. 19 de julio de 2011**

**Objetivo de la reunión:** el consultor SMELTEC da a conocer un avance del estudio: "Evaluación de escenarios regulatorios para una Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre"

**Asistentes:**

- Sergio Demetrio, SMELTEC
- Fernando Flores, SMELTEC
- Leonardo Demetrio, SMELTEC
- Adolfo López, COHILCO
- Pedro Santic, COCHILCO
- Walter Folch, MINSAL
- Marcelo Fernández, MMA
- Julio Recordón, MMA
- Francisco Donoso, MMA
- Priscilla Ulloa, MMA
- Juan Prieto, SEREMI MMA L.B.O'Higgins
- Siomara Gomez, SEREMI MMA Valparaíso
- Carmen G. Contreras F., MMA

**Ausentes:**

- Santiago Izquierdo, MINAGRI
- Pedro Vallejos, MINECON
- María de la Luz Vásquez, MINERIA

**Cambios de fecha en la entrega de informes:**

Se comunicó a la contraparte técnica sobre la modificación de las fechas de entrega de los informes de avance y final (del contrato), debido a que no se contó a tiempo con los resultados de la encuesta que se aplicó al sector a regular.

Nº Informe	Fecha	Comentario
1er Informe	1º de julio	Avance parcial, sin procesamiento de información base
2º informe	25 de julio	Nueva fecha se solicita modificación a contrato
3º informe	5 de septiembre	Nueva fecha se solicita modificación a contrato
Informe final	10 de octubre	Nueva fecha se solicita modificación a contrato
Fecha de término		Se mantiene según contrato

**Observaciones a la presentación del Consultor:**

- 1) Las medidas de reducción de emisión que se consideran parte del trabajo encomendado corresponden a aquellas que incorporan tecnología probada y disponible en el mercado.
- 2) Incorporar en la evaluación de costos la fuente emisora Planta de Tostación.
- 3) Se espera que el listado de medidas se presente ordenado y priorizado de acuerdo a su potencial de reducción de emisiones u otros criterios, como el de costo efectividad. En este caso, se espera que el consultor especifique en qué se basa el criterio de experto.
- 4) Las medidas operacionales que van de la mano con otras medidas que contemplan un cambio tecnológico, como por ejemplo: la introducción de campana secundaria o planta de ácido doble, deberían tener un mayor control de proceso. Por lo tanto, se pide al consultor asociar las medidas tecnológicas con sus respectivas medidas operacionales, evitando tratar la medida operacional como una medida de reducción de emisiones aislada, a menos que su efecto sea cuantificable en forma independiente.

- 5) Incorporar en un anexo la explicación de cada medida, brevemente en qué consiste, cuál es su potencial de reducción de emisiones y costos desagregados. Se sugiere una ficha técnica por medida.
- 6) Se espera se incorpore un análisis sobre interferencias y otras variables críticas.
- 7) Se espera que el consultor incluya en su informe el costo de la fiscalización del cumplimiento tanto para el privado como para el Estado.
- 8) Se pide al consultor especificar cuáles son las implicancias de asumir que la capacidad de fusión se mantiene para las fundiciones existentes, en términos del análisis de reducción de emisiones de los escenarios.
- 9) Evaluar la posibilidad del mercado de Metal Blanco está fuera del alcance y objetivos de este estudio.
- 10) La lixiviación de concentrados no está comercialmente disponible en forma eficiente para la escala de operación de las actuales fundiciones. Por lo tanto, se solicita tener este antecedente en consideración respecto a la pertinencia de su evaluación.
- 11) Se debe entregar los diagramas de proceso simplificados para las siguientes instalaciones.
  - planta de secado
  - planta de limpieza de escoria
  - horno de refinó
  - planta de ácido
  - planta de tostación

Para cada uno de estos procesos, es necesario identificar los requerimientos técnicos (tales como: volumen sucio a tratar, concentración de salida, etc.) de los equipos de control (tecnologías de abatimiento) que actualmente se utilizan y/o se utilizarán para cumplir los escenarios regulatorios y realizar su valoración económica.

- 12) Se pide en cada proceso operacional describir si es continuo o batch, en términos de la generación de emisiones al aire
- 13) Para las instalaciones de tratamiento de SO<sub>2</sub>, tanto para la situación actual de cada fundición como para las alternativas de desafío esa condición, se debe especificar los parámetros de diseño de la(s) planta(s) de ácido y de eventuales equipos de control.

En este aspecto, se pide diferenciar claramente las medidas y su potencial de reducción de emisiones: 1) transformar una planta de ácido simple a una doble, 2) incorporar en una planta de doble contacto un equipo de control (ejemplo un desulfurizador), 3) diferencias en las emisiones producto de qué tipo de catalizador se utilizará, con qué eficiencia de conversión y qué tipo de reactivos o insumos necesitará.

- 14) Respecto a la discusión sobre efectos en mercados relevantes se espera que el estudio indique:
  - a. cuánto cuesta para el sector incorporar cada escenario regulatorio (diferencial de costos versus el escenario sin regulación)
  - b. qué impactos se prevén sobre mercados directos e indirectos debido a los escenarios regulatorios

**Elaborada por:**

Priscilla Ulloa

Carmen Gloria Contreras

# Presentación de Avance 1

Estudio de Costos Sociales  
Norma de emisión de Fundiciones de  
Cobre Chilenas  
-Julio 2011-

- Filosofía para abordar el trabajo.
- Metodología general.
- Medidas de reducción de emisiones.
- Valorización de inversiones.
- Anexos.

Estudio de Costos Sociales

## FILOSOFÍA

### Filosofía para abordar el trabajo

Objetivo General:

Realizar análisis de evaluación Costo Social para tres (3) escenarios regulatorios, para contaminantes SO<sub>2</sub>, MP, As, Hg y NO<sub>x</sub>.

Objetivo Específico:

Colocar a la industria de fundiciones de cobre en el contexto mundial (Benchmarking):

Comparar Tecnologías de Fusión/Conversión.

Comparar Fusión, Producción y Emisión de SO<sub>2</sub>.

Analizar y calcular indicadores (emisiones y consumo de energía).

Analizar cada fundición chilena, para determinar:

Caso base de cada una.

Concepción de alternativas no estructurales (escenarios 1 y 2).

Concepción de alternativas estructurales (escenario 3).

Desarrollo de alternativas para cada escenario y caso base:

Costos de Inversión.

Costos de Operación.

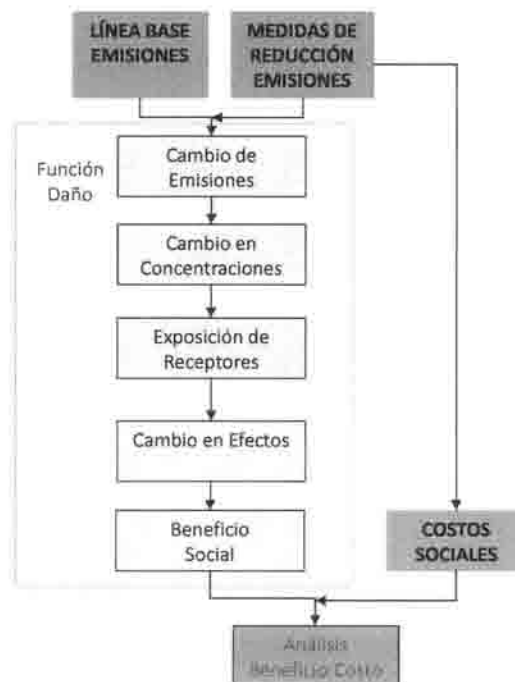
Costos de Mantenimiento.

Costos de Monitoreo.

Estudio de Costos Sociales

## METODOLOGÍA GENERAL

### Metodología general



$$\Delta E_{ij} = (NA_j^E \times FE_{ij}^E - NA_j^B \times FE_{ij}^B)$$

Donde:

- $\Delta E_{ij}$ : reducción de emisiones del contaminante "i" en el equipo "j"
- $NA_j^E$ : nivel de actividad del equipo "j" en el escenario "E"
- $NA_j^B$ : nivel de actividad del equipo "j" en la línea base "B"
- $FE_{ij}^E$ : factor de emisión del contaminante "i" en el equipo "j" en el escenario "E"
- $FE_{ij}^B$ : factor de emisión del contaminante "i" en el equipo "j" en la línea base "B"

Estimación basada principalmente en:

1. Datos de operación de cada fundición (Encuesta a Fundiciones).
2. Información de los fabricantes de los equipos.
3. Estudios de factores de distribución (Papers).
4. Factores de emisión unitarios (EPA u otros).
5. Ecuaciones de cálculo de emisiones realizados en las mismas fundiciones, publicadas en la literatura o realizadas por los consultores.

Estableciendo Caso Base

Fuente: FUNDICIÓN XX			Caso Base				Inversión	Costo Proceso
Proceso	Equipo	Contaminante	Emisión <sub>i</sub>					
			NA <sub>j</sub>	FE <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub>			
Recepción y manejo concentrados								
Secado								
Fusión								
Limpieza de escorias								
Conversión								
Captación y Tratamiento de gases								
Refino a Fuego								
Total								



Medidas de Reducción por escenario

0432

Fuente: FUNDICIÓN XX				Escenario: Y				
Proceso	Equipo	Medida	Contaminante	Emisión			Inversión	Costo Proceso
				NA <sub>j</sub>	FE <sub>ij</sub>	E <sub>ij</sub> t/a		
Recepción y manejo concentrados								
Secado								
Fusión								
Limpieza de escorias								
Conversión								
Captación y Tratamiento gases								
Refino a Fuego								
Total								

Medidas No Estructurales

Medidas Estructurales

Estudio de Costos Sociales

# MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Criterios Generales:

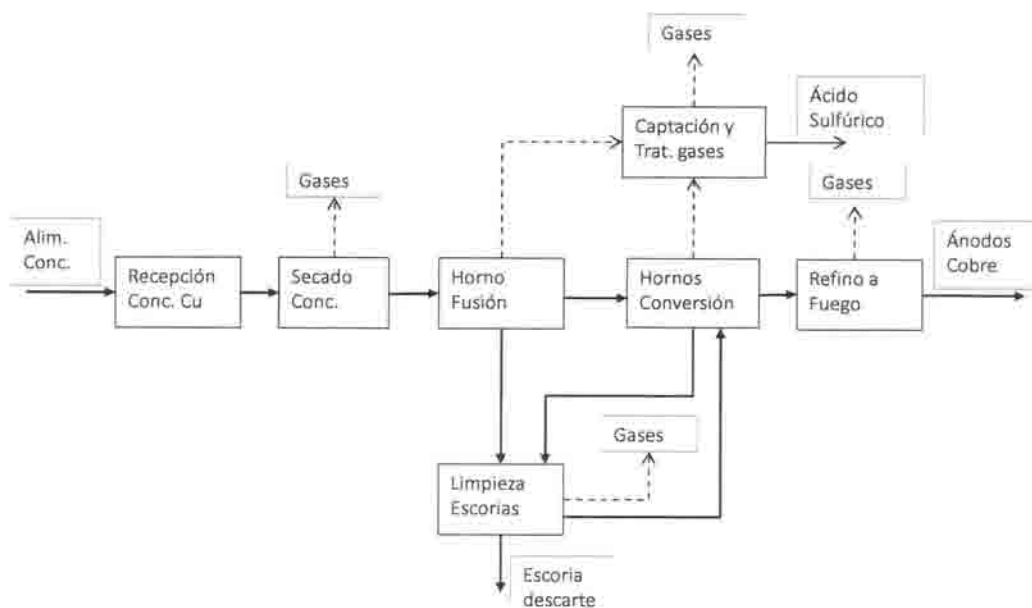
0433

### Atacar la causa antes que el efecto!

- Minimizar la generación de gases.
- Minimizar las diluciones.
- Minimizar los gases fugitivos.
- Minimizar las coordinaciones entre hornos (dependencia).
- Aumentar la confinación de gases.
- Reducir o eliminar trasvasijos de material fundido vía ollas/grúas.
- Maximizar la fijación de contaminantes y captación de polvos.
- Tender a una operación en régimen continuo y estacionario.
- Propender a utilizar unidades únicas para el 100% del procesamiento (ideal 1 reactor para todas las etapas).

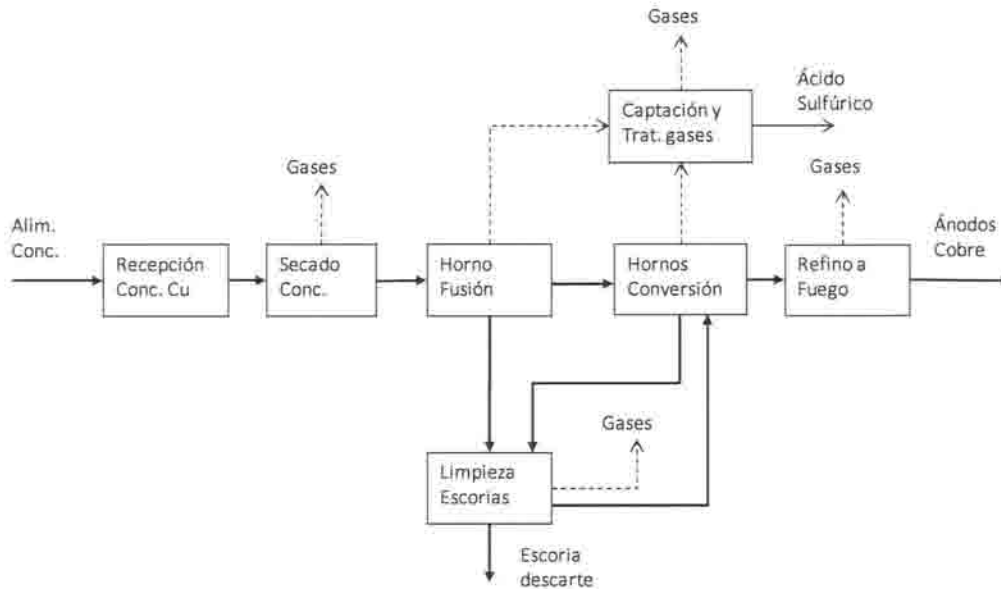
Las medidas se priorizarán por evaluación comparativa vía método experto/costos. (relevancia en alcanzar los objetivos; factibilidad de implantación para cada faena)

Diagrama de bloque de proceso

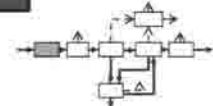


## Diagrama de bloque de proceso

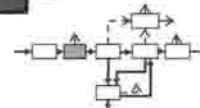
0434



## Recepción, almacenamiento y manejo concentrados



- Minimizar el transporte de concentrado seco.
- Minimizar los stocks de concentrados.
- Privilegiar almacenamiento inmediato en tolvas, buzones o lugares confinados.
- Minimizar manejo "en piso" de materiales a granel.
- Evitar recibir concentrado con menos de 7% de humedad (ni más de 9%).
- Almacenar stock de concentrado en espesadores (si aplica).
- Usar el secador como mezclador de carga a fusión.
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas de la industria.

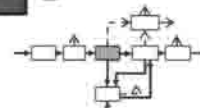


## Medidas de reducción de emisiones

### Secado

- Privilegiar el secado indirecto de concentrado (minimiza arrastre en gases).
- Programación estricta de mantención de equipos de despolvamiento.
- Usar el secador como mezclador de carga a fusión.
- Optimizar mezclas a fusión, estabilizando la alimentación y la fusión.
- Manejo de materiales secos exclusivamente en sistemas de piping cerrado.
- Uso de calores de proceso para secado de concentrado (waste gases).
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas de la industria.

## Medidas de reducción de emisiones



### Fusión

#### Estructurales:

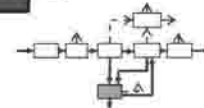
- Lix conc 2<sup>ario</sup> y fusión de residuos.
- Uso de procesos 100% confinados:  
Flash OK/Sciro/Mitsub/Vanyukov
- Una unidad para el 100% de fusión.
- Reducir dependencia fusión/conv.  
(hornos buffer/MB sólido).
- Abrir mercado MB y procesar a distancia y en diferido. Aprovechar sinergias ( $\Delta^*h$  y  $\Delta^*costo/emisiones$ ).

#### No estructurales:

- Eliminar volteos de reactores CT/Noranda.
- Minimizar movimiento de líquidos con grúas puente.
- Maximizar enriquecimiento de oxígeno.
- Uso de OPC para control estacionariedad CT y ley eje/MB.
- Inyección de concentrado y fundente 100% por toberas.
- Minimizar dilución.
- Maximizar ley del eje producido.
- Regular flujo de aire con volteo en CT/Noranda (uso N2).
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas.
- Utilización de shrouded injectors.
- Optimizar sistemas de combustión/tiraje.
- Eliminar agregado/extracción de materiales por boca.
- Reemplazo de boca CT/Noranda a sifón Hoboken.
- Confinar sangrías de mata/metal blanco.
- Minimizar generación de circulante (derrames y costras).
- Optimizar Sistemas de enfriamiento/despolvamiento.
- Utilizar zona sin toberas para limpiar escorias CT/Noranda.
- Revisar %O2 v/s producción de Gox en Pta. Oxígeno.
- Evaluar enfriamiento con calderas/tubos/evaporación.

## Medidas de reducción de emisiones

Smeltec

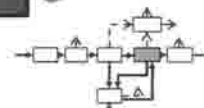


### Limpieza de Escorias

- Revisar alternativas de flotación/lixiviación de escorias.
  - Ver posibilidad de usar colpas de escoria en horno SAG de mineral.
- Aprovechar limpieza piro para recuperar subproductos (Fe-Mo-Zn).
- Confinar sangrías.
- Minimizar dilución.
- Una sola unidad continua, para el 100% de la escoria (eliminar batch).
- Optimizar sistemas de combustión/reducción/tiraje.
- Optimizar Sistemas de enfriamiento/despolvamiento.
- Uso de OPC para controlar finalización de ciclo de reducción.
- Uso de ladrillos porosos con N2 para el ajuste fino de final de ciclo.
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas.

## Medidas de reducción de emisiones

Smeltec



### Conversión

#### Estructurales:

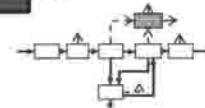
- Conversión hidro de MB/eje alta ley.
- Uso de conversión continua.
  - Flash Conv/Mitsubishi/C3 Csiro/Varyukov
- Abrir mercado mundial de MB.
- Tostación/Lix/SX/EW de concentrados.

#### No estructurales:

- Procesar mata con mínimo FeS posible.
- Maximizar enriquecimiento de oxígeno.
- Minimizar volteos en soplado de CPS (MB alta ley).
- Minimizar movimiento de líquidos con grúas puente.
- Agregado de materiales de alto volumen por laterales de campana (scrap/MB) v/s uso de horno dedicado a scrap.
- Uso de OPC para control fin soplado a escoria y fin soplado a Cu.
- Minimizar "esperas de las ollas llenas" (costras).
- Reemplazo de boca CPS a sifón Hoboken.
- Utilización de shrouded injectors.
- Inyección de MB/eje(s)/precipitado/fundente 100% por toberas.
- Minimizar dilución.
- Regular flujo de aire con volteo en CPS (uso de N2).
- Minimizar el salpicado (splash).
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas.
- Optimizar Sistemas de enfriamiento/despolvamiento.
- Evaluar enfriamiento con calderas/tubos/evaporación.

## Medidas de reducción de emisiones

Smeltec

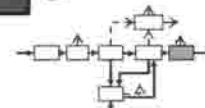


### Captación y Tratamiento de gases

- Maximizar gas primario a plantas de ácido:
  - Uso de campanas primarias de mayor performance de captación.
  - Regulación del tiraje en campana con ventilador de tiro inducido (VTI).
- Comparar doble contacto-absorción v/s Topsoe/carbón activado/SuperOX (e implantar).
- Minimizar pérdidas de carga en plantas de ácido (rellenos, catalizador y equipos alternativos).
- Depuración de polvos recuperados de gases (procesar vía hidro).
- Revisión de la extracción de impurezas As y Hg.
- Utilización de equipos de pre conversión SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub> (sobre 12% SO<sub>2</sub>).
- Uso de campanas secundarias que aseguren estanqueidad.
- Minimizar diluciones y filtraciones.
- Utilización de Gox para regular razón O<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> en la conversión SO<sub>2</sub> a SO<sub>3</sub>.
- Uso de catalizadores más flexibles para inicio de reacciones.
- Revisar tamaño de equipos cuando requieran reemplazo por deterioro.
- Revisar en ventilador principal, "tamaño impeller v/s carcasa" (utilizar holguras).
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas.
- Limpieza de gases secundarios (usarlo para diluciones de gas a planta de contacto)
- Utilización del calor del convertidor catalítico.
- Minimizar la producción de ácido diluido (o buscar usos alternativos).

## Medidas de reducción de emisiones

Smeltec



### Refino a Fuego

- Minimizar el azufre en blister ingresado a RAF (uso OPC en CPS).
- Revisar elementos reductores: GN/propano/mezcla N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> v/s NH<sub>3</sub> v/s Petróleo bajo S.
- Optimizar el tiempo de reducción (uso de OPC para determinar fin de reducción, mimizando humos negros v/s postcombustión por reductor en exceso al final del ciclo).
- Minimizar cantidad de hornos RAF. Propender a dos unidades para el 100% de producción (uso de horno de retención si necesario).
  - Acelerar la etapa de moldeo (Rueda twin de alta capacidad).
  - Minimizar etapa de oxidación (poco azufre en blister recibido).
  - Minimizar etapa de reducción (optimizar agregado y difusión del reductor).
- Generalizar uso de ladrillos porosos (uso N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> y sólo N<sub>2</sub> al finalizar el ciclo).
- Homologar las operaciones a las mejores prácticas.
- Minimizar azufre en combustibles de quemador.

Estudio de Costos Sociales

## VALORIZACIÓN DE INVERSIONES

### Valorización de Inversiones

Se utilizarán proyectos realizados y actualizados usando las siguientes bases de extrapolación:

1) Extrapolación de tamaños basado en la regla de razón exponencial:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^i = \frac{P_1}{P_2}$$

$T_1$ : Tamaño 1

$T_2$ : Tamaño 2

$P_1$ : Precio tamaño 1

$P_2$ : Precio tamaño 2

$i$ : índice función del equipo o sistema a valorizar (entre 0.5 y 0.85)

2) Actualización de precios con indicador Marshall & Swift.

Indicador que incluye la actualización de precios y mejoras tecnológicas para una misma función, que se lleva desde principios del s.XX y continua siendo usado ampliamente en la industria en sus distintos segmentos.

En este caso se utilizará el indicador general publicado trimestralmente en la revista especializada "Chemical Engineering".

Estudio de Costos Sociales

## MUCHAS GRACIAS

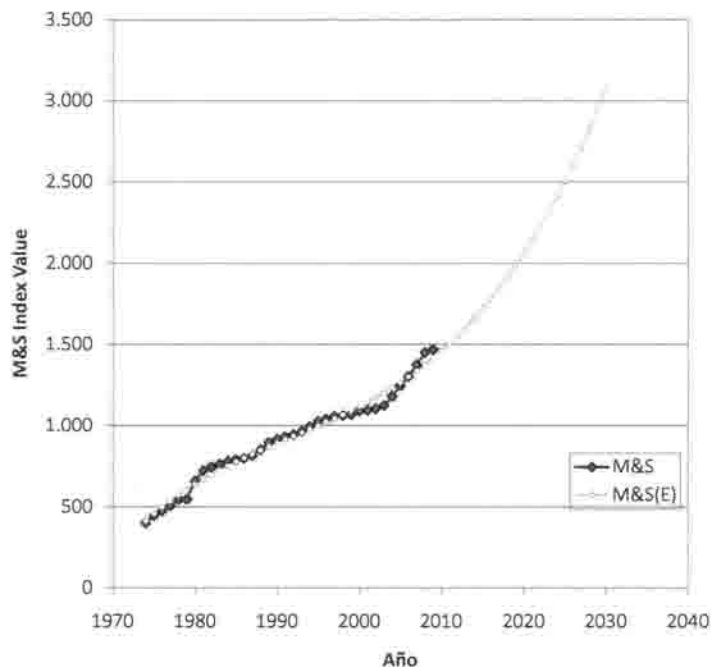
Estudio de Costos Sociales

## ANEXOS

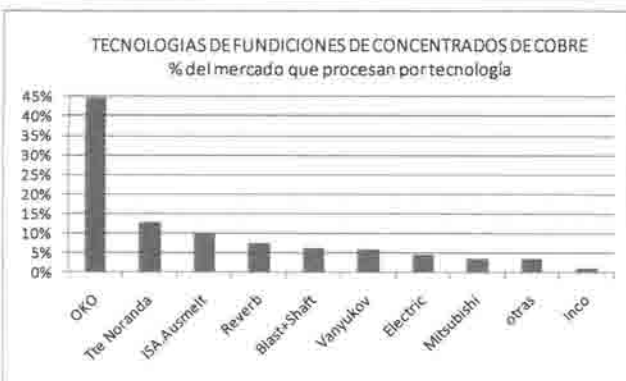


Anexo: Indicador M&S

INDICADOR M&S EXTRAPOLADO AL 2030



Anexo: Benchmarking



Pais	Tecnologías usadas en fusión primaria	Nro funds	Nro Tech
CHINA	OKO Rev Nor EF isa Bal Blast Shaft	47	8
CHILE	OKO, Tta, Nor	7	3
RUSSIAN FED	Rev Vanyuk OKO EF Aus	3	3
JAPAN	OKO Mit Rev	5	3
INDIA	OKO, isa	3	2
USA	OKO, isa, Inco	3	3
POLAND	Shaft Fce OKO	3	3
SOUTH KOREA	Furukawa Flash	1	1
KAZAKHSTAN	Rev Vanyuk, EF, isa	3	4
CANADA	Nor, Rev, Mit, Inco	4	4
PERU	isa, Tta	2	2
GERMANY	OKO	1	1
AUSTRALIA	Rev, isa, OKO	2	3
INDONESIA	Mitsubishi Process	1	1
ZAMBIA	EF OKO isa	3	3
BULGARIA	OKO	1	1
SPAIN	OKO	1	1
IRAN	Rev OKO	2	2
PHILIPPINES	OKO	1	1
SWEDEN	Electric Furnace OKO	1	2
BRAZIL	OKO Smelter	1	1
MEXICO	OKO, Tta, Blast	2	3
UZBEKISTAN	Reverb Oxy Flame	1	2
FINLAND	OKO	1	1
CONGO DR	Blast & Electric Furnaces	1	2
SOUTH AFRIC	Reverb	1	1
SERBIA	Reverb	1	1
NAMIBIA	Ausmelt	1	1
ZIMBABWE	Electric Furnace	1	1
PAKISTAN	Reverb	1	1
NORTH KOREA	Blast Furnace	1	1
OMAN	Electric Furnace	1	1
VIETNAM	Reverb	1	1
ARMENIA	Blast Furnace	1	1
<b>34</b>	<b>26 OKO2 Inco/4 Nor/7 C7/7 ISA/5 Aus/2 Var/3Mits/ 15Blast/11Shaft/5Elect/20Rev/9 Otros[4]</b>	<b>109</b>	<b>15</b>

Fuente: Brook Hunt

# Anexo: Fundiciones de concentrado de Cu - Mundial

País	Smelter	Technology	lugar	kt conc	%Cu	Cu con	%R.Cu	ktCuN	ktCutot
RUSSIAN FEDI	NORILSK	2 Reverb, 3 Vanyukovs, 2 C	1	4051	91	344	94	324	324
CHINA	GUIXI	OKO Flash	2	1919	24	470	97	456	785
CHINA	JINCHUAN	OKO Flash	3	1858	21	347	97	337	367
SOUTH KOREA	ONSAN	Furukawa Flash	4	1543	29	441	98	433	515
CHILE	PIHUQUICHAMA	OKO Flash, Teniente Conv	5	1453	30	474	98	454	454
CHILE	CALETONES	Teniente Converter	6	1379	29	383	98	385	384
JAPAN	TOYO	OKO Flash	7	1303	29	373	98	364	380
JAPAN	SAGANOSEKI	OKO Flash (was 2 OKO)	8	1299	28	370	96	364	400
CHINA	JINLONG	OKO Flash	9	1298	26	340	97	330	350
INDIA	DAHEJ	OKO Flash	10	1248	29	358	97	346	346
CHINA	DAYE	Reverb & Noranda Reactor	11	1231	22	267	96	256	256
GERMANY	HAMBURG EAST	OKO Flash	12	1164	29	336	98	328	405
PERU	IO	ISA, Teniente Converter	13	1121	27	304	96	292	292
INDIA	TUTICORIN	IsaSmelt	14	1113	30	338	99	331	345
INDONESIA	GRESIK	Mitsubishi Process	15	1068	29	310	99	305	310
KAZAKHSTAN	BALKHASH	2 Vanyukov, 2 Reverb	16	1045	21	221	90	199	199
USA	GARFIELD	OKO Flash	17	1004	29	296	97	287	287
RUSSIAN FEDI	MONCHEGORSK	Electric Furnace	18	998	6	56	97	54	59
BULGARIA	PIRDOP	OKO Flash	19	992	26	260	98	254	270
SPAIN	HUELVA	OKO Flash	20	989	28	274	98	268	269
POLAND	GLOGOW I	Shaft Furnace	21	940	23	218	99	216	245
CHILE	ALJONASTE	Noranda Reactor	22	909	30	273	98	261	287
AUSTRALIA	MOUNT ISA	Reverb, IsaSmelt	23	838	26	219	98	214	214
CANADA	HORNE	Noranda Reactor	24	733	23	170	97	164	164
JAPAN	TAMANO	OKO Flash	25	721	30	213	99	210	255
CHINA	YUNNAN (KUNMING)	Electric Furnace, IsaSmelt	26	715	23	162	97	157	157
CHINA	TONGLING (JINCHANG)	OKO Flash	27	670	25	165	96	158	162
PHILIPPINES	PASAR	OKO Flash	28	656	28	185	98	180	190
SWEDEN	RONNSKAR	Electric Furnace, OKO Flash	29	656	26	170	97	166	206
CHILE	POTREBILLOS	Teniente Converter	30	647	28	193	94	177	177
JAPAN	ONAHAMA	Reverb	31	647	28	186	99	183	195
JAPAN	NAOSHIMA	Mitsubishi Process	32	642	30	195	98	190	200
CHINA	SHANDONG XIANGGUA	OKO Flash	33	620	27	165	97	160	178
USA	MIAMI	IsaSmelt	34	619	27	170	97	165	169
BRAZIL	CARAIBA (D. DAVILA)	OKO Flash Smelter	35	597	30	177	98	172	199
ZAMBIA	MUFULIRA	Electric Furnace	36	542	31	170	97	165	165
CHILE	PIRACRES	OKO Flash	37	535	27	143	98	140	140
POLAND	GLOGOW II	OKO Flash	38	525	25	134	99	133	155
USA	HAYDEN	Inco Flash	39	510	27	138	93	128	134
UZBEKISTAN	ALMALYK	Reverb, Oxy Flame	40	497	18	87	95	83	83
FINLAND	HARJAVALTA	OKO Flash	41	473	23	111	97	107	110
MEXICO	LA CARIDAD	OKO Flash, Teniente Conv	42	469	23	107	98	105	117
IRAN	SARCHESHMEH	Reverb	43	464	26	131	80	105	130
CHILE	LAS VENTANAS	Teniente Converter	44	419	29	128	97	123	125
POLAND	LEGNICA	Shaft Furnace	45	378	19	72	96	69	108
CHINA	DONGYING	NA	46	326	25	82	97	80	80
CHILE	PAFOTE	Teniente Converter	47	315	21	65	95	64	64
CHINA	BAIYIN	Russian Bath Technology	48	303	24	73	96	70	70
AUSTRALIA	OLYMPIC DAM	OKO Flash	49	295	49	144	98	140	145
RUSSIAN FEDI	KARABASH	Ausmelt (formerly 3 Shaft F	50	291	18	54	95	51	60

19 JUL 11

Ministerio de Medio Ambiente

Fuente: Brook Hunt

27

# Anexo: Capacidad de fusión de conc Cu - Mundial



19 JUL 11

Ministerio de Medio Ambiente

Fuente: Brook Hunt

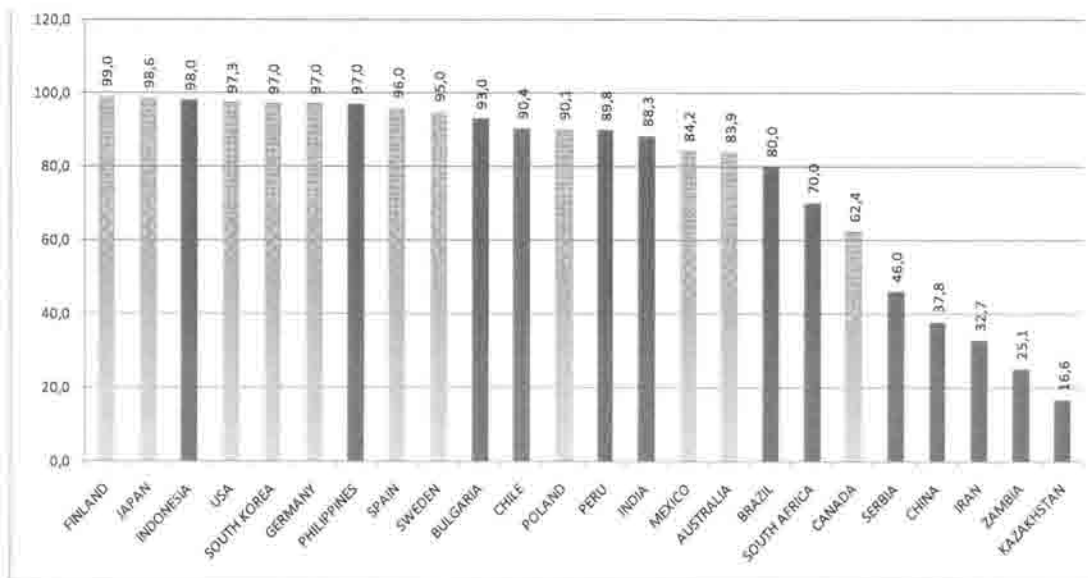
28

# Anexo: Fijación de azufre en fundiciones de Conc Cu

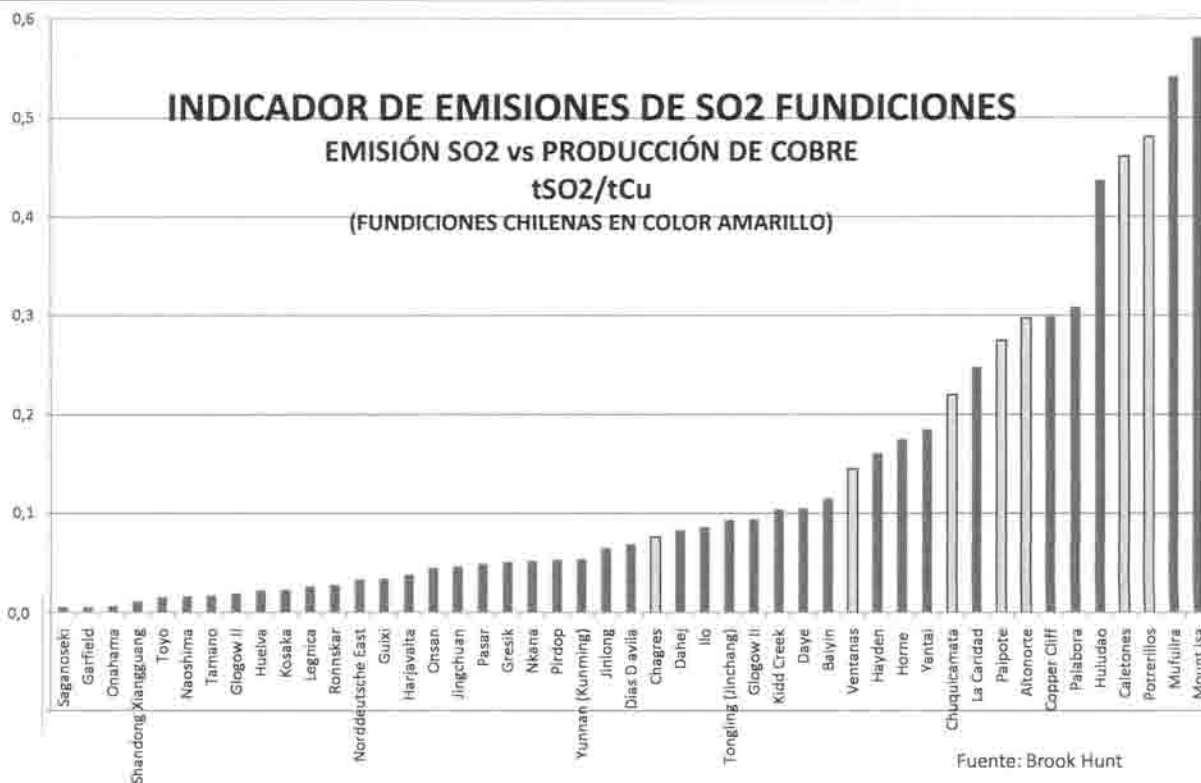
Smelter	Technology	lugar	S fix	Prod	kt conc	%Cu	%R. Cu	ktCuN
MIAMI	IsaSmelt	1	99,7	Anode	619	27	97	185
GARFIELD	OKO Flash	2	99,0	Anode	1004	29	97	287
NAOSHIMA	Mitsubishi Process	3	99,0	Anode	642	30	98	190
HARJAVALTA	OKO Flash	4	99,0	Anode	473	23	97	107
TOYO	OKO Flash	5	98,5	Anode	1303	29	98	364
SAGANOSEKI	OKO Flash (was 2 OKO)	6	98,5	Anode	1299	28	99	364
TAMAND	OKO Flash	7	98,5	Anode	721	30	99	210
ONAHAMA	Reverb	8	98,5	Anode	847	29	99	183
GRESIK	Mitsubishi Process	9	98,0	Anode	1068	29	99	305
LIANGSHAN (HUILI KUN)	IsaSmelt	11	98,0	Bliater	135	23	96	30
ONSAN	Furukawa Flash	12	97,0	Anode	1543	29	98	433
HAMBURG EAST	OKO Flash	13	97,0	Anode	1154	29	98	328
PASAR	OKO Flash	14	97,0	Anode	658	28	98	180
LA CARIDAD	OKO Flash, Teniente Conv	15	97,0	Anode	489	23	98	105
HULUDAO	Ausmelt	16	97,0	Anode	87	24	97	20
KIDD CREEK	Mitsubishi Process	17	96,5	Anode	181	31	97	54
HUELVA	OKO Flash	18	96,0	Anode	989	28	96	268
NGHANGA	Outokumpu Flash	19	96,0	Anode	272	38	97	101
CHACHIRE S	OKO Flash	19	95,7	Anode	535	27	98	147
GUJG	OKO Flash	20	95,0	Anode	1919	24	97	458
ILD	ISA, Teniente Converter	22	95,0	Bliater	1121	27	98	292
TUTICORIN	IsaSmelt	23	95,0	Anode	1113	30	98	331
RONNSKAR	Electric Fce, OKO Flash	24	95,0	Anode	656	26	97	166
GLOGOW II	OKO Flash	26	95,0	Bliater	525	25	99	133
OLYMPIC DAM	OKO Flash	27	95,0	Anode	295	48	98	140
KHATOON-ABAD	OKO Flash	28	95,0	Anode	244	30	97	70
FEISHANG	Noranda Reactor	29	95,0	Bliater	199	23	97	45
FUKANG	NA	30	95,0	Anode	80	26	96	20
LAO VE NTAGAS	Teniente Converter	35	93,6	Anode	419	28	97	109
LAO VE NTAGAS	Noranda reactor	35	93,5	Anode	309	30	96	267
PIRDOP	OKO Flash	31	93,0	Anode	992	26	98	264
HAYDEN	Inco Flash	33	91,0	Anode	510	27	93	128
LEGNICA	Shaf Furnace	34	91,0	Bliater	378	19	98	89
CHIDOUICARUKTA	OKO Flash, Teniente Conv	32	91,0	Anode	1403	32	98	354
JINLONG	OKO Flash	35	90,0	Anode	1298	28	97	330
KARABASH	Ausmelt	38	90,0	Bliater	291	18	95	51
HENGBANG	SKS	39	90,0	Anode	92	23	96	20
PAIPOITE	Teniente Converter	37	89,4	Anode	315	27	99	84
SATE FORBE	Teniente Converter	37	88,0	Anode	1379	29	98	364
DAHEJ	OKO Flash	40	88,0	Anode	1248	29	97	348
GLOGOW I	Shaf Furnace	41	87,0	Bliater	940	23	99	218
POUMELILLOS	Teniente Converter	39	83,5	Anode	647	29	98	177
MOUNT ISA	Reverb, IsaSmelt	43	80,0	Anode	838	26	98	214
CARAIBA (D. DAVILA)	OKO Flash Smelter	44	80,0	Anode	597	30	98	172
DZHEKZAGAN	2 Electric Furnaces	45	80,0	Anode	283	38	98	106
HORNE	Noranda Reactor	46	75,0	Anode	733	23	97	184
PALABORA	Reverb	47	70,0	Anode	223	31	97	66
YUNNAN (KUNMING)	Electric Furnace, IsaSmelt	48	60,0	Anode	715	23	97	187
GEJIU	Bliat furnace?	49	60,0	Bliater	123	21	96	25
BAOTOU HUADING	Bliat furnace/Reverb	50	60,0	Bliater	80	26	96	20
COPPER CLIFF	Inco flash furnaces	51	58,0	Anode	82	30	96	24
BOR	2 Reverb	52	46,0	Anode	170	17	96	27
DAYE	Reverb & Noranda Reactor	53	25,0	Bliater	1231	22	96	258

# Anexo: Fijación de azufre en fundiciones de Conc Cu

FIJACIÓN DE AZUFRE EN LAS FUNDICIONES DE CONCENTRADOS DE COBRE DEL MUNDO  
[ %S fijado ] POR PAÍS



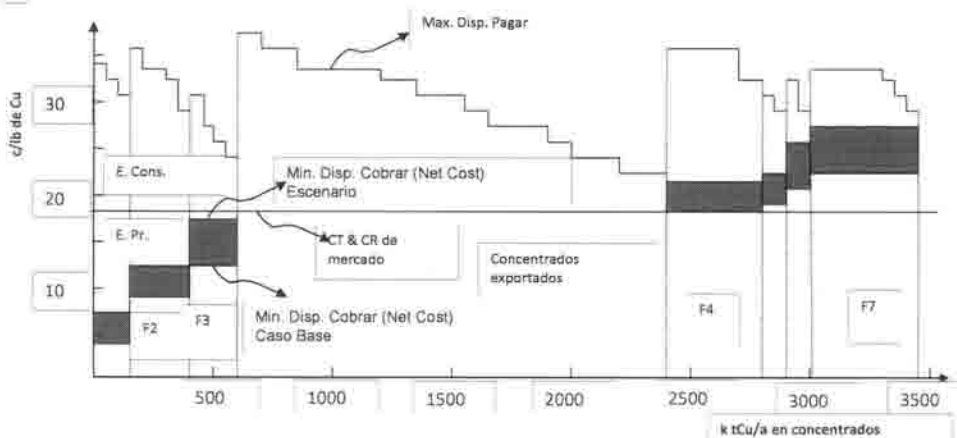
Anexo: Emisiones de SO2 por fundición



Fuente: Brook Hunt

Anexo: Costo Social

**Beneficio Social (BS) = Excedente Consumidor (EC) + Excedente Productor (EP)**  
 BS = Área bajo curva Máx. Disp. Pagar – Área bajo la curva Mín. Disp. Cobrar



**Supuesto:** En cada uno de los Escenarios Regulatorios se va a **mantener la capacidad nominal del Caso Base** para cada una de las siete fundiciones, se tiene que:

- Costo Social =  $BS^E - BS^B$   
 $= \text{Área de Mín. Disp. Cobrar}_{Escenario} - \text{Área de Mín. Disp. Cobrar}_{Caso Base}$
- Costo Social = Área achurada

# Presentación de Avance 1

Estudio de Costos Sociales  
Norma de emisión de Fundiciones de  
Cobre Chilenas  
-Julio 2011-



"Reunión Comité Operativo Norma de Fundiciones"

Lugar: Teatinos 258 - Piso 2 - Sala 1

Hora inicio: 11:00

Hora termino: 13:00

Santiago, 19 de Julio del 2011

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN	TELEFONO	EMAIL	FIRMA
1.	Juan Prieto	Seremi M.A. IV Región	7-6175934	prieto.6@mms.gob.cl	
2.	FRANCISCO DONOSO G.	MMS./DES.	2411880	FDONOSO6@MMS.GOB.CL	
3.	Julio Recordon	MMA/Jurídica	2411847	jrecordon@mama.gob.cl	
4.	Marcela Fernanda	MMA/Depto AA		mfernanda@mama.gob.cl	
5.	LEONARDO DEMETRIO	SMELTEC S.A.	2494907	leonardo.demetrio@smelttec.cl	
6.	Fernando Flores M.	Smelttec S.A.	9-8846935	fdos.flores.mauricio@gmail.com	
7.	PEDRO SANTIĆ	COCHILCO	3828213	PSANTIC@COCHILCO.CL	
8.	Adolfo López	COCHILCO	3828233	alopez@cochilco.cl	

N°	NOMBRE	INSTITUCIÓN	TELEFONO	EMAIL	FIRMA
9.	Siomara Gómez E.	Seremi MA Valparaíso		siomara.gomez@mma.gob.cl	
10.	Priscilla Ulloa	MMA.		pulloa@mma.gob.cl	
11.	WALTER FOLCH	MINSAL		wfolch@minsal.cl	
12.	Carmen G. Contreras	MMA		cgcontreras@mma.gob.cl	
13.					
14.					
15.					
16.					
17.					
18.					
19.					
20.					
21.					



## INFORME FINAL

### EVALUACIÓN DE EMISIONES DE SO<sub>2</sub> EN SECADOR DE CONCENTRADO

---

Fundición Altonorte

Laboratorio de Pirometalurgia  
Julio 2011



0447 VTA

EVALUACIÓN DE EMISIONES DE SO<sub>2</sub> ALTONORTE

UNIVERSIDAD DE CHILE



## INFORME FINAL

# EVALUACIÓN DE EMISIONES DE SO<sub>2</sub> EN SECADOR DE CONCENTRADO

---

Fundición Altonorte

---

Gabriel Riveros U.  
Prof. MSc.

---

Leandro Voisin A.  
Prof. Dr. MSc.

Laboratorio de Pirometalúrgia

Julio 2011

## RESUMEN INFORME

La fundición Altonorte es un complejo metalúrgico que pertenece a Xstrata Copper siendo su abastecimiento de concentrado de diverso origen del norte de Chile. Al igual que en otras fundiciones la emisión de azufre, es uno de los problemas claves de la producción de cobre cuya tasa se establece en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) a la Autoridad Sanitaria correspondiente a la Región de Antofagasta.

La revisión del sistema de gestión de emisiones y auditoría de balance de azufre efectuada a principios del 2010 detectó que existía una fuente de emisión de SO<sub>2</sub>, que no estaba considerada en la estimación presentada en la DIA bajo la configuración operacional establecida por el proyecto "Mejoramiento Operacional Fundición Altonorte", que se encontraba asociado a un incremento de la tasa de procesamiento de concentrado secos de cobre de 816.000 tpa a 1.160.000 tpa. Dichas inusuales emisiones corresponderían al secador de concentrado.

Atendiendo la situación anterior el Servicio de Evaluación Ambiental ante la solicitud de Xstrata Copper S.A. dispuso la "medición de las emisiones de SO<sub>2</sub>, provenientes del Secador de Concentrado de Altonorte", según la resolución exenta N° 0123/2011 del 04.07.2011.

El presente informe corresponde a la auditoría mencionada en el párrafo anterior y comprometido por la fundición. Este incluye revisión de los datos históricos, análisis de las opciones de la emisión de azufre en el secado de concentrado basado en el análisis de datos de la operación, realización de balances de materia y energía, y estudio de las características físico químicas del concentrado alimentado. Para la realización de los balances se requirieron mediciones del flujo de gases y emisión de SO<sub>2</sub> por chimenea, en periodos continuos de tiempo.

Los resultados obtenidos indican que efectivamente el secador de concentrado de Altonorte perteneciente a la empresa Xstrata Copper S.A., tiene una emisión inusual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) la que fue comprobada tras el estudio de los datos históricos y por los datos recopilados entre el 17 y el 19 de Julio del presente año, por muestreo directo de los concentrados en el proceso de secado llevado a cabo por la Universidad de Chile y las emisiones gaseosas medidas por la empresa Algoritmos S.A. Los valores calculados de emisión, consistentes con el flujo de gases y la concentración medidos en chimenea indican que para un valor de concentrado medio de 150 t/h, se puede tener una emisión del orden de 1.507 kg/h de SO<sub>2</sub> lo que equivale a una emisión de 12.145 t/año, el cual se debe a la oxidación de los granos finos del concentrado suspendido en el gas ó concentrado puntualmente sobrecalentado.

Lo anterior hace recomendable revisar el diseño del reactor y estudiar los mecanismos de oxidación de la mezcla de concentrado, en función de los principales parámetros de operación del secador y las características físicas químicas del concentrado tanto externo como propio. Entre otras recomendaciones está analizar la factibilidad de instalar un absorbedor de SO<sub>2</sub> después de los filtros, y el uso de nitrógeno para disminuir ó evitar la emisión de dióxido de azufre.

## CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	5
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	6
3.1 SECADOR DE CONCENTRADOS .....	6
3.2 DOCUMENTOS ANALIZADOS .....	6
3.3 REVISIÓN DE LOS DOCUMENTOS .....	7
3.4 COMENTARIOS Y CÁLCULOS DE BALANCES DERIVADOS DE LOS ANTECEDENTES .....	9
3.4.1 <i>Emisiones de SO<sub>2</sub> del secador de concentrado</i> .....	9
3.4.2 <i>Balances de materia y energía</i> .....	10
<b>4. PRUEBAS INDUSTRIALES</b> .....	19
4.1 MUESTREO DE CONCENTRADO .....	19
4.2 MUESTREO DE GASES .....	22
4.3 ANÁLISIS QUÍMICOS .....	22
4.4 ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y MICROSCOPIA .....	24
4.4.1 <i>Difracción de Rayos X</i> .....	24
4.4.2 <i>Análisis Microscópicos</i> .....	29
4.5 BALANCES DE MASA Y CALOR .....	33
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>ANEXO A: INFORME DE RESULTADOS MUESTREO CONTINUO DE SO<sub>2</sub> (ALGORITMOS)</b> ...	48
<b>ANEXO B: RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS (SGS S.A.)</b> .....	93
<b>ANEXO C: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS (U. DE CHILE)</b> .....	99

## 1. INTRODUCCIÓN

La fundición Altonorte es un complejo metalúrgico que pertenece a Xstrata Copper siendo su abastecimiento de concentrado de diverso origen del norte de Chile. En la producción de cobre el flujo grama de proceso contempla la recepción y almacenamiento de concentrado, secado, fusión, conversión, refinación a fuego y moldeo de cobre anódico, siendo operaciones complementarias la flotación de escorias y las plantas de ácido. Al igual que en otras fundiciones la emisión de azufre, es uno de los problemas claves de la producción de cobre cuya tasa se establece en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) a la Autoridad Sanitaria correspondiente a la Región de localización de la fundición.

Altonorte presenta inusuales emisiones de SO<sub>2</sub> en el secador de concentrado, las que no estaban consideradas en la estimación presentada en la DIA bajo la configuración operacional establecida por el proyecto "Mejoramiento Operacional Fundición Altonorte", que se encontraba asociado a un incremento de la tasa de procesamiento de concentrado secos de cobre de 816.000 tpa a 1.160.000 tpa. Conceptualmente, el secado térmico de un concentrado de cobre no es una operación piro metalúrgica propiamente tal debido a que no se persigue una transformación química del concentrado, ya que corresponde a una deshumidificación de éste, que en este caso particular es total. Desde una alimentación de concentrado con 7-10% en peso de agua, éste se lleva a la salida del secador a 0,1 – 0,3 % en peso. Este "secado a muerte" mejora el balance térmico de la operación siguiente de fusión. Por tanto, las emisiones de gas SO<sub>2</sub> desde el secador pueden corresponder a una descomposición térmica de algún componente mineralógico, sometido puntualmente a alta temperatura sumado a la presencia de azufre del petróleo combustionado. Las emisiones de azufre de acuerdo a los antecedentes disponibles de Altonorte por balances del proceso de secado y mediciones de emisión de SO<sub>2</sub>, representarían del orden de 2,5 % del azufre presente en los concentrados húmedos y cerca del 25 % de las emisiones de azufre de la fundición.

Atendiendo la situación anterior el Servicio de Evaluación Ambiental ante la solicitud de Xstrata Copper S.A. dispuso la "medición de las emisiones de SO<sub>2</sub>, provenientes del Secador de Concentrado de Altonorte", según la resolución exenta N° 0123/2011 del 04.07.2011.

El presente informe corresponde a la auditoría mencionada en el párrafo anterior y comprometido por la fundición. Incluye revisión de los datos históricos, análisis de las opciones de la emisión de azufre en el secado de concentrado basado en el análisis de datos de la operación, realización de balances de materia y energía, y estudio de las características físico químicas del concentrado alimentado. En la realización de los balances se requerirán mediciones de flujo de gases y emisión de SO<sub>2</sub> por chimenea, en conjunto con la obtención de muestras y sus correspondientes análisis químicos y mineralógicos.

El informe en consecuencia reporta la revisión de los antecedentes disponibles e informes del caso, descripción de posibles mecanismos de emisión de gases desde concentrados sulfurados, muestreo efectuado al concentrado en la entrada y salida del secador, análisis del informe de mediciones de gases, conclusiones y recomendaciones.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Determinar las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) producidas en la operación del secador rotatorio de concentrado de Altonorte.

### 2.2 Objetivos Específicos

Identificar las causas que impactan en las variaciones de los niveles de emisión, a través de los antecedentes históricos disponibles en la fundición y la operación del secador de concentrado.

Evaluar la operación del secador mediante mediciones específicas tanto de emisión de SO<sub>2</sub> por chimenea, muestreo sistemático de concentrado a la entrada y salida del secador, y análisis químico y de composición del concentrado.

Efectuar balances de masa y energía del secador de concentrado.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De análisis de los datos se puede colegir que:

1. Se comprueba que efectivamente el secador de concentrado de Altonorte perteneciente a la empresa Xstrata Copper S.A., tiene una emisión inusual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Dicha emisión fue comprobada tras el estudio de los datos históricos y por los datos recopilados entre el 17 y el 19 de Julio del presente año, por muestreo directo de los concentrados en el proceso de secado llevado a cabo por la Universidad de Chile y las emisiones gaseosas medidas por la empresa Algoritmos S.A.
2. Los valores calculados de emisión, consistentes con el flujo de gases y la concentración medidos en chimenea se resumen en la tabla siguiente, para concentrado secado, mínimo, medio y máximo:

Parámetro	Unidad	Mínimo	Medio	Máximo
Concentrado Seco	t/h	99	150	191
Petróleo	kg/h	880	1100	1400
S en Petróleo	%	1,25	1,25	1,25
Oxidación CuFeS <sub>2</sub>	%	10	10	10
Concentración gases SO <sub>2</sub>	%	0,36	0,56	0,71
Emisión SO <sub>2</sub>	Nm <sup>3</sup> /h	349	528	670
Emisión SO <sub>2</sub>	kg/h	996	1507	1913
Emisión SO <sub>2</sub>	t/año	8027	12145	15417

3. Las fuentes de emisión del secador de concentrado son por:
  - a) Oxidación de sulfuros orgánicos del combustible ENAP-6, que contiene de 1 a 5 % de S. Para el petróleo conteniendo 1,25% correspondería una emisión de 32 kg/h para una inyección de 1230 kg/h. Dicho resultado indica que en la emisión de SO<sub>2</sub> desde esta fuente no representa un impacto significativo sobre la emisión total.
  - b) Oxidación de los granos finos del concentrado suspendido en el gas ó concentrado puntualmente sobrecalentado. En el resultado el contenido de azufre en el concentrado debiera disminuir alrededor de 1,0 %, dependiendo si sólo azufre de la descomposición térmica se oxida ó minerales sulfurados se oxidan después de la ignición. Los resultados de microscopía dan cuenta de que existe una evidente transformación de minerales primarios de cobre a secundarios sin exceder las temperaturas y tiempos de residencia para llevar a cabo la transformación de otros minerales de metales asociados, ni la formación excesiva de óxidos de hierro.

- c) Las repetidas y precisas mediciones de los contenidos de SO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en el gas de salida, junto con los cambios observados en microscopía que dan cuenta de una pérdida de azufre en el concentrado, permitió responder la pregunta fundamental sobre las emisiones de SO<sub>2</sub> y efectuar balances de masa y energía.
4. La transformación mineralógica de especies primarias a secundarias y el fracturamiento térmico de partículas pudiese ser el resultado de un inusual contacto de la llama del quemador y de los gases de secado con el concentrado, por lo que es recomendable revisar el diseño del reactor.
5. De lo anterior se puede inferir que es recomendable iniciar un proyecto de investigación con el objetivo de determinar los mecanismos de oxidación de la mezcla de concentrado, consistente de:
  - a) Mediciones de laboratorio del punto de ignición de todos los concentrados como una función del tamaño de grano, contenido de agua y contenido de oxígeno de la fase gas en una capa estable y simulación de la dispersión en un gas.
  - b) Mediciones industriales de la fluctuación del contenido de SO<sub>2</sub> en la fase gas como función del flujo de petróleo, distribución del tamaño de grano, flujo de aire, tasa de carguío de concentrado y contenido de agua.
  - c) Análisis de la factibilidad de instalar un absorbedor de SO<sub>2</sub> después de los filtros.
6. Analizar la posibilidad de la separación de los granos de concentrado de tamaño < 50µm y cargar esta parte de los concentrados finos directamente al fondo del secador. Esto requiere introducir la medición de la distribución del tamaño de grano de todos los concentrados.
7. Medir la temperatura de los gases en la sección transversal de la salida de la cámara de combustión y la forma de la llama.
8. Analizar la posibilidad del uso de nitrógeno de la planta de oxígeno a inyectar dentro del secador, disminuyendo proporcionalmente la cantidad de aire para disminuir el contenido de oxígeno y mantener la misma cantidad de gas.
9. Estudiar la participación del concentrado de flotación de escoria. Por un lado los granos sulfurados de solución sólida de Cu<sub>2</sub>S-FeS tienen alto punto de ignición con la temperatura, pero por otro lado la molienda de escoria puede ser tan profunda, para liberar las inclusiones de mata fina de partículas de 3-30 µm pueden flotar en la corriente de gas y encender.

"Reunión Ampliada - Norma de Emisión de Fundiciones"

Dirección: Moneda 921 - Salón Corfo - Piso 2

Fecha: 04/08/2011

Hora Inicio: 11:00

Hora termino: 13:00



Nº	Nombre	Institución / Empresa	Teléfono	E-mail	Firma
1	Adolfo Lopez	Cochilco	3828213		
2	Alejandro Molina Olave	Enviprocess E.I.R.L.	9-8172995	amolina001@mi.cl	<i>no asi</i>
3	Alejandro Román B	Outotec	2 3362139 / 9 77071790	alejandro.roman@outotec.com	<i>no asi</i>
4	Andreas Vorwerk	<i>HALBOR TOPSOE</i>	<i>94893648 al</i>	andreas.vorwerk@vorwerk.cl	<i>calcourse</i>
5	Ariel Bolochi Venturelli	Fundición Hernán Videla Lira	52-533300 / 52-229902	abolocchi@enami.cl	
6	Carlos Freese Z.	Outotec		carlos.freese@outotec.com	
7	Carlos Salvo P.	Anglo American	230 8686	csalvo@anglochile.cl	
8	Claudio Dodds Figueroa	COPRIM INGENIERIA S.A.	571 00 04		<i>  </i>
9	Claudio Dodds Hermsilla	COPRIM INGENIERIA S.A.	571 00 04	scossio@coprim.cl	
10	Cristian Ibarra			cribarra@gmail.com	<i>contra/limit</i>
11	Francisco Donoso Galdames	MMA	2411880	fdonoso@mma.gob.cl	<i>[Signature]</i>
12	Gabriel Riveros	Universidad de Chile	<i>09 94007824</i>	griveros@ing.uchile.cl	<i>[Signature]</i>
13	Guillermo Coloma Alvarez	Inacesa	<i>(55) 645933</i>	instituto@iimch.cl	<i>[Signature]</i>
14	Gisella Vergara	Ernst & Young	9-63053395		
15	Hernan Ramirez Rueda	Mov. Comunid. por el Derecho a la Vida V.	9-931551626	rramirezrueda1@yahoo.es	
16	Juan C. González S.	Oceana	9.255.600	jgonzalez@oceana.org	<i>[Signature]</i>
17	Karina Caceres Labarca		7-7655612	kar.caceresl@gmail.com	<i>[Signature]</i>
18	Leandro Voisin A.	Universidad de Chile	9784507	lvoisin@ing.uchile.cl	<i>[Signature]</i>
19	Lorena Herrera	Ernest & Young Ltda.	6761334 / 9-92522379	lorena.herrera@cl.ey.com	
20	M. Francisca Dominguez M.	Codelco	<i>690 3594</i>	MDomi001@codelco.cl	<i>[Signature]</i>
21	Magda Mateo	Biotecnología Ambiental y Bioenergía	3178625 / 9-87375002	magdamateo@yahoo.com	



22	Malentxu Arias Iriondo			malentxu4@hotmail.com	
23	Martin Gallardo	HAEDOR TOPJOB	9709 1651	TMG@TOPJOB.DK	TMJ
24	Nicolás Vicuña Lizana	COPRIM INGENIERIA S.A.	571 00 04		
25	Otto Kutz	Cochilco			
26	Patricio Estevez G.	Ernst & Young	6761484	patricio.estevez@cl.ey.com	
27	Paula Medina	Eelaw	2021194 /2299567	pmedina@eelaw.cl	
28	Paulina Riquelme	Eelaw	2021194 /2299567	priquelme@eelaw.cl	
29	Paulo Cornejo	MMA	2405655	pcornejo@mma.gob.cl	
30	Pedro Santic	Cochilco			
31	Maria José Meneses	Gestión Ambiental Consultores			
32	Roberto Condori	Seremi Salud RM		roberto.condori@redsalud.gov.cl	
33	Roberto Fuenzalida	SGA S.A.	5806519 /5806500	rfuenzalida@sgasa.cl	<del>Roberto Fuenzalida</del>
34	Roberto Parada	Anglo American	230 8686	RPARADA@ANGLOCHILE.CL	<del>Roberto Parada</del>
35	Sergio Fernández	Codelco		Sergio.fernandez@codelco.cl	
36	Susana Díaz L.	Gestión Ambiental Consultores	7195613	sdiaz@gac.cl	<del>Susana Díaz</del>
37	Veronica Dropelmann Cuneo			vdropelmann@unab.cl	
38	Viviana Flores Peters	+MG Medioambiente & Gestión S.A.	656 4055 anexo 204	vflores@masmg.cl	
39	William Faulconer	Eelaw	2021194 /2299567	wfaulconer@eelaw.cl	
40	Yasna Olivares			yolivares@jri.cl	
41	Bianca Zambrano	GS3 Consultores			
42	Marcela Hormazabal	GS3 Consultores	341-2933 / 204-2949	mhormazabal@gs3.cl	
43	Francisco Jimenez Silva	MICOMO		Fjime006@micomo.cl	
44	Andres Cabello	Aes Gener		acabello@AES.com	
45	Patricia Montenegro	SNC-LAVALIN	4312060		
46	Gerardo Hernán Achurra Herrera	Codelco - Teniente			
47	Siomara Gomez	MMA	820-7025	siomara.gomez@mma.gob.cl	<del>Siomara Gomez</del>
48	Carlos Gajardo	Sonami		carlos.gajardo@sonami.cl	

RODOLFO LUZ MIN. INGENIERIA 4933049 mvaspuzemimminei AL VASQUEZ

76	Hugo Rojas A.	ENAMI	2-4355377	Hrojas@enami.cl	
77	Roberto Saez	ENAMI	052-533305	rsaez@enami.cl	
78	Lorena Herrera	Ernst & Young	6761334 / 6761357	lorena.herrera@cl.ey.com	
79	Gissela Vergara T	Ernst & Young	6761483 / 78991898	gissela.vergara@cl.ey.com	
80	William Faulconer	Eclaw	2299567 / 70693733	wfalconer@eclaw.cl	
81	Paula Medina	Eclaw	2299567	pmedina@eclaw.cl	
82	Alejandro Ruzic H.	CODELCO VENTANAS	32-2933895	aruzi001@codelco.cl	
83	Enrique Cornejo C.	Codeo Ventanas	32-2933411	ecornejo@codeo.cl	
84	Juan Gabriel Gonzalez	OCEANA	9-9023783	jgonzalez@oceana.org	
85	Rolando Amiquita	Consultor meblungru	9-2263041	ramiquita@mi.cl	
86	Verónica Blavaone	Xstrade Capital	6-3037242	vblavaone@xstradecapital.com	
87	Sergio de Capua M	Codeo	3-9009005	sdecapua@codeo.cl	
88	Edmundo Morales E.	COPRIM	571 0016	emorales@coprim.cl	
89	Claudio Dodds F	COPRIM	571 0044	claudio.dodds@coprim.cl	
90	Martin Gallardo	Haldor Topsoe	93091651	TMG@TOPSOE.DK	
91	Ricardo Sepulveda	Echeverría Izquierdo Soluciones	98830924	rsepulveda@eisoluciones.cl	
92	Joselyn Osorio Lora	CIMM	2-5850347	josorio@cimm.cl	
93	JORGE MATTEODA	SEREMI SALUD R.M.	5767811	jmatteoda@serem.salud.cl	
94	Carlos Ojeda	MyMA	74686356	carlos.ojeda@myma.cl	
95	Andrés Escobar A.	MyMA	2442190	aescobar@myma.cl	
96	Luis Mariano Silva S.	MyMA	2442188	lsilva@myma.cl	
97	Otto Kutz S.	Cochileo.cl	3828230	okutz@cochileo.cl	
98	Jacques Wiertz	Univ. de Chile	9784561	jiwertz@ing.uchile.cl	
99	Carlo Mantoya	ENAMI			
100	Romanet Mantoya	Ecoamerica	85216570	rmantoya@ecoamerica.cl	
101	Javier Muñoz	U.C.		ji.munoz@uc.cl	
102	FRANCISCO DONOSO G.	HMA	2411880	FDONOSOG@HMA.608.cl	

49	Viviana Ubilla Alvarez	MMA		vubilla@mma.gob.cl	
50	Jorge Bacian R.	SIGA INS.	8769 1728	jbacian1@gmail.com	
51	Sebastián Araneda H.	An Gener	9 746 11011	ubastian.araneda@aes.com	
52	Francisco Solís M.	Aes Gener	5979306	fsolis@AES.com	
53	Pedro Sanhueza	GEOAIRE		geoaire@gmail.com	
54	Maria José Rodríguez	GEOAIRE			
55	Sergio Demetrio	Smeltec		sergio.demetrio@smeltec.cl	
56	Fernando Flores	Smeltec		fdos.flores@gmail.com	
57	Leonardo Demetrio	Smeltec			
58	Marcia Romero	Smeltec			
59	Javier Hermosilla	Cal Chile	9315 11 10	Jhermosilla@calchile.cl	
60	Paula Rios Muñoz	Antofagasta Minerals	9-7875867	prios@aminerals.cl	
X 61	Jenny Tapia	Seremi MA - Región de Antofagasta		itapia.2@mma.gob.cl	
62	CLAUDIO CARRASCO	CODELCO	93599232	ccarrasco@codelco.cl	
63	Juan Carrasco P.	Xstrata copper Altonate	84180941	jcarrasco@xstratacopper.cl	
64	Pablo Bohle	Xstrata Copper Altonate	96998098	pbohle@xstratacopper.cl	
65	Mónica Maureira	Chile Sustentable	2097028/2091979	MMAUREIRA@chilesustentable.net	
66	Alejandra Acuña	Codelco Salpatria	6-8780026	AACUNA@codelco.cl	
67	Orlando Rojas	Codelco Mumbur	68451527	orajad12@codelco.cl	
68	C. Cobello D	Codelco Div. Chuquibambilla	66046127	ccobello@codelco.cl	
69	Oswaldo Correa	Codelco Div. Chuquibambilla	91394460	ocorrea@codelco.cl	
70	RENATO JIMENEZ J.	Consultor:	9579544	renatovj@manquehue.net	
71	Pedro Riveros O.	SIGA Ing. y Consultoría	94899491	pedro.riveros@sigaingenieria.com	
72	Andrés Varellos	SIGA	7992 963	pvarellos@sig.cl	
73	YASNA OLIVARES	JRI Ingeniería	92801489	YOLIVARES@JRI.cl	
74	RAFAEL MORAGA P.	ANGLO AMERICANA	71383040	rmoraga@anglochile.cl	
75	Alejandro Diez U.	ENAMI	4355300	adiezu@enami.cl	

**Acta de reunión: Elaboración de la norma de emisión fundiciones. 4 de agosto 2011.**

Auditórium CORFO Moneda 921, Santiago. 11:00 a 13:00 hrs.

**Objetivo de la reunión:**

Informar sobre el avance de la elaboración de la norma, en cuanto a:

- Contaminantes a regular: MP, SO<sub>2</sub>, As, Hg, NO<sub>x</sub>
- Evidencias de tecnologías disponibles que reducen la emisión de contaminantes al aire
- Potencial de reducción de emisiones y efectos con la nueva regulación

**Representantes del Ministerio del Medio Ambiente:**

Sr. Marcelo Fernández, Jefe Asuntos Atmosféricos, División Políticas y Regulaciones Ambientales

Srta. Carmen Gloria Contreras, Regulaciones Sector Industrial

Sra. Priscilla Ulloa, Regulaciones Sector Industrial

Nº de asistentes: 71 personas

Se adjunta presentación.

---

A continuación consultas de los asistentes respecto a la presentación:

1. Sr. Rafael Moraga, de Chagres. ¿Cuáles son los plazos?

Respuesta. Los plazos están siendo evaluados de acuerdo a criterios, tales como: la factibilidad económica, el plazo de incorporación de las tecnologías de control y medidas de control, el balance entre el plazo para que las industrias cumplan con la futura norma y los beneficios sociales esperados de la norma.

2. Sr. Rolando Anguita, de ENAMI. ¿Quién fiscalizará la norma? ¿Al reducir las emisiones al aire se generará más residuos en los precipitadores electrostáticos y filtro de mangas, se está incluyendo en el estudio? ¿Dónde se utilizará el desulfurizador?

Respuesta: Fiscalizará la Superintendencia del Medio Ambiente; y sí se considera la generación de residuos, pero éstos deben ser tratados en el ámbito de la regulación ambiental que les compete. Respecto al desulfurizador, está considerado para tratar los gases de cola de la planta de ácido.

3. Sr. Guillermo Coloma, de INACESA. Solicita especificar el periodo en años del plazo 1 y plazo 2 y consulta si se tendrá acceso a la presentación.

Respuesta. Ver respuesta 1 para lo referido a los plazos; y se remitirá la presentación vía e-mail.

4. Sr. Juan Cristóbal González, de OCEANA. El mercurio (Hg) debe ser regulado, por lo cual el Estado debe además asegurar mediciones de sus niveles.

Respuesta: Se está evaluando la regulación de Hg, contaminante priorizado por el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Salud.

5. Sr. Gustavo Lagos, de la Universidad Católica. Realiza comentario sobre la necesidad que el negocio de la fundición incorpore una visión sustentable de largo plazo.

6. Sr. Leonel Contreras, de CODELCO. Se regulará As y SO<sub>2</sub> con una cuota de emisión y captura ó solo una cuota de emisión. ¿y cuál es el criterio para Hg y NO<sub>x</sub>?

Respuesta: Interesa que disminuya la emisión de As y SO<sub>2</sub>, para esto se asignará una cuota de emisión, que estará asociado a un mismo criterio para todas las fundiciones, es decir, el porcentaje de captura. Respecto al mercurio se tiene considerado utilizar un límite de emisión y para los NO<sub>x</sub>, actualmente está en proceso de evaluación su inclusión.



7. Sr. Carlos Caballero, de Chuquicamata CODELCO. Pide que el regulador sea cuidadoso con el plazo 2, que exige capturar 96 a 97%, ya que esto puede significar esfuerzos que no puedan ser factibles de lograr, indicó que hay que mirar con lupa el plazo 2.
8. Sr. Sergio Dicapoa, de CODELCO. Realiza comentario sobre la evolución de la normativa que aplica a las fundiciones Chinas, desde el año 2000 en adelante.
9. Sr. Rolando Anguita, de ENAMI. Consulta ¿Cuál es el tratamiento para los gases capturados?

Respuesta: El tratamiento de los gases es a través del proceso unitario definido por las plantas de ácido.

10. Sra. Susana Díaz, de GAC. La gradualidad del primer plazo quizás quede obsoleta cuando se tenga que implementar el segundo plazo. No será mejor ir directamente al plazo 2 con un gran cambio tecnológico. Esto pasó con una norma intermedia de NOx para cumplir el Plan RM. ¿Cómo se hará cargo la norma de las emisiones fugitivas?

Respuesta: La Ley 19.300, está inspirada en el principio de gradualidad, para esta norma se evalúan medidas con potencial de reducción de emisiones. Al respecto, hay un % de captura mínimo que se ha constatado pueden llegar todas las fundiciones y un % de captura máximo que no implica el cierre de éstas. La gradualidad dará cuenta de tales metas. Respecto a las emisiones fugitivas el balance de masa tanto para SO2 y As se exigirá una validación.

11. Sr. Leonardo Voisin, de la Universidad de Chile. Hace un comentario sobre tener cuidado en la regulación respecto a cuánto pesan las emisiones de SO2 y arsénico de las plantas de ácido con respecto a las emisiones fugitivas. En el caso de las emisiones de arsénico no sólo pesa el cambio tecnológico sino también la composición del concentrado si tiene más enargita o calcopirita, dado que los datos de captación de arsénico de 99% son reportados usando calcopirita.
12. Sr. Jacques Wiertz, de la Universidad de Chile. La estimación de emisiones de arsénico posee un nivel de error que puede ser igual en magnitud a la emisión reportada, por tal razón: cómo se enfrentará este tema. Es necesario validar los balances de masa. Además, la aprobación de la metodología nunca se aplicó a través de un comité operativo como señalaba la modificación a la norma.

Respuesta: Se exigirá una validación de los balances. Cabe señalar, que varias de las recomendaciones realizadas en los estudios de la U. de Chile respecto al mejoramiento de la metodología de As (2003 y 2004), están siendo utilizados en este proceso.

13. Sr. Pedro Rivera, de SIGA. Se está considerando el aumento de la generación de residuos debido a una mayor captación de los contaminantes: MP, As, Hg y SO2

Ver respuesta 2.

14. Sr. Juan Cristobal González, de OCEANA. Esta norma abordará el tema de la calidad de los combustibles utilizados en las fundiciones.

Respuesta: Se está analizado el aporte en las emisiones el uso de combustibles en algunas operaciones unitarias (secador, horno de refino, horno de limpieza de escorias), con el fin de conocer si es relevante o no considerarlas en la regulación.

15. Sr. Juan Carlos Ríos, del Centro Toxicológico UC. ¿Cómo se contempla evaluar el impacto en salud de las personas afectadas por las emisiones de las fundiciones? Por ejemplo, un adulto como máximo puede ingerir 6 miligramos al día de arsénico.

Respuesta: La evaluación social está analizando el impacto de la emisión de arsénico y de la concentración en el aire de la zona de influencia de cada fundición.

16. Sra. Poliana Vrsalovic, de SIGA. La futura regulación contempla un estándar de emisión para las nuevas fundiciones de cobre más exigente que para las existentes.

Respuesta: Si, la normativa establecerá exigencias para fundiciones existentes y nuevas considerando la mejor tecnología disponible.

*Carla Mengoni Contreras*  
*Brucela Ulloa*

# Avance diseño Norma de emisión fundiciones de cobre



Ministerio del  
Medio  
Ambiente

Gobierno de Chile

Marcelo Fernández  
Carmen Gloria Contreras  
Priscilla Ulloa  
Siomara Gómez  
Jenny Tapia

Ministerio del Medio Ambiente  
División de Política y Regulación  
Asuntos Atmosféricos  
4 de agosto de 2011



# Objetivos

Informar sobre el avance de la elaboración de la norma, en cuanto a:

1. Contaminantes a regular: MP, SO<sub>2</sub>, As, Hg, NO<sub>X</sub>
2. Evidencias de tecnologías disponibles que reducen la emisión de contaminantes al aire
3. Potencial de reducción de emisiones y efectos con la nueva regulación

# Programa normas (2010-2014)

## Normas Nacionales

- Norma de emisión termoeléctricas Vigente
- Norma de emisión para fundiciones En elaboración
- Revisión norma de arsénico En elaboración
  
- Norma de Emisión para procesos de Combustión
- Actualización norma de calidad primaria de SO<sub>2</sub>



# Norma de emisión para fundiciones

## Resumen del proceso a la fecha...

0457 VTA

1. Visitas técnicas a las fundiciones
2. Reuniones comité operativo/ampliado
3. Reuniones de trabajo con CODELCO
  - Mercado del ácido y del cobre
  - Aplicación de la norma de arsénico
4. Entrevistas a distribuidores de tecnologías
  - Outotec
  - Haldor Topsoe
  - Hugo Petersen
  - SARL MP
  - GEA BISCHOFF
  - ALSTOM
5. Dos estudios en desarrollo (evaluación social)

## Referencias nacionales e internacionales de apoyo al desarrollo de la regulación...

- **CONAMA**
  - Reducciones y costos por planes de descontaminación
  - Reducciones y costos por norma de arsénico
- **CODELCO**
  - Evaluaciones económicas
  - Análisis de mercado
- **COCHILCO**
  - Estudios técnicos y de mercado
- **IFC Banco Mundial**, Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fusión y refinado de metales, Abril 2007
- **IPPC**, Reference Document on Best Available Techniques for the Non-Ferrous Metals Industries, December 2001
- **IPPC**, Reference Document on Best Available Techniques for the Non-Ferrous Metals Industries (Draft), November 2008

# Avances del diseño regulatorio

**1. Contaminantes a regular:** SO<sub>2</sub>, As, Hg, MP, NOX

**2. Fuente:** fundición, plantas de tostación, plantas As > 0,05%

Acumulación de procesos : 1) elaboración de norma de emisión para fundiciones, 2) norma de emisión y arsénico vigente.

**3. Exigencias de la regulación:**

Cuota de emisión SO<sub>2</sub> condicionada a un % de captura

Cuota de emisión As condicionada a un % de captura

Límite en chimenea operaciones unitarias MP, SO<sub>2</sub>, As, Hg, NOX

Control de MP y humos visibles en el horno de refino

**4. Metodología de medición:**

Balance de masa – validado para reducir el error

Medición en chimenea

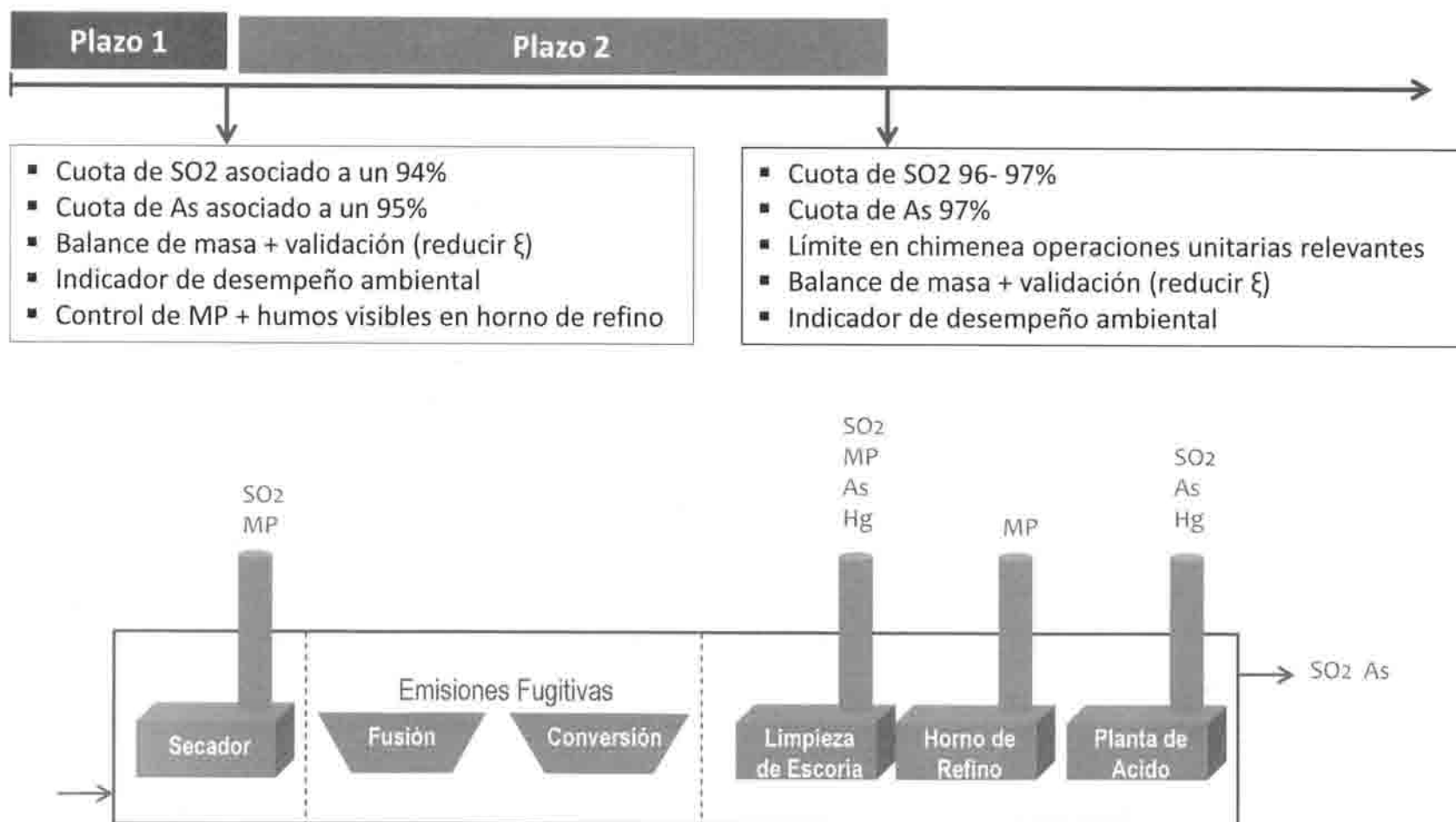
**5. Otros:** Reportar indicador de desempeño SO<sub>2</sub>/Cu

**6. Gradualidad para existentes:** dos plazos para el cumplimiento

**7. Fiscalizador:** Superintendencia del Medio Ambiente.

# Escenario probable de regulación:

El estudio de evaluación social está evaluado tres escenario de regulación



# Etapas básicas de la producción de cobre fino

0459 VTA

Fuente: CODELCO Educa, [www.educa.cl](http://www.educa.cl)

## Concentrado Cu (30% Cu)

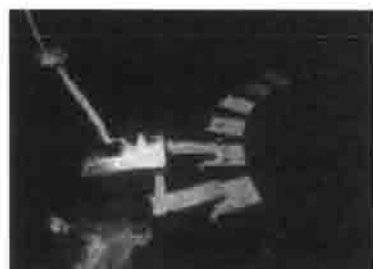


Azufre : 28 a 32%  
Arsénico : 0,05 a 1%  
hierro, plomo, azufre, mercurio, aluminio....

## Fusión => Conversión



Planta de ácido



Ánodos Cu (99.6% Cu)

Chuquicamata  
Ventanas  
Potrerillos  
Alto Norte  
Chagres  
Caletones  
Paipote

## => Refinación



Cátodo Cu (99.99% Cu)

Chuquicamata  
Ventanas  
Potrerillos

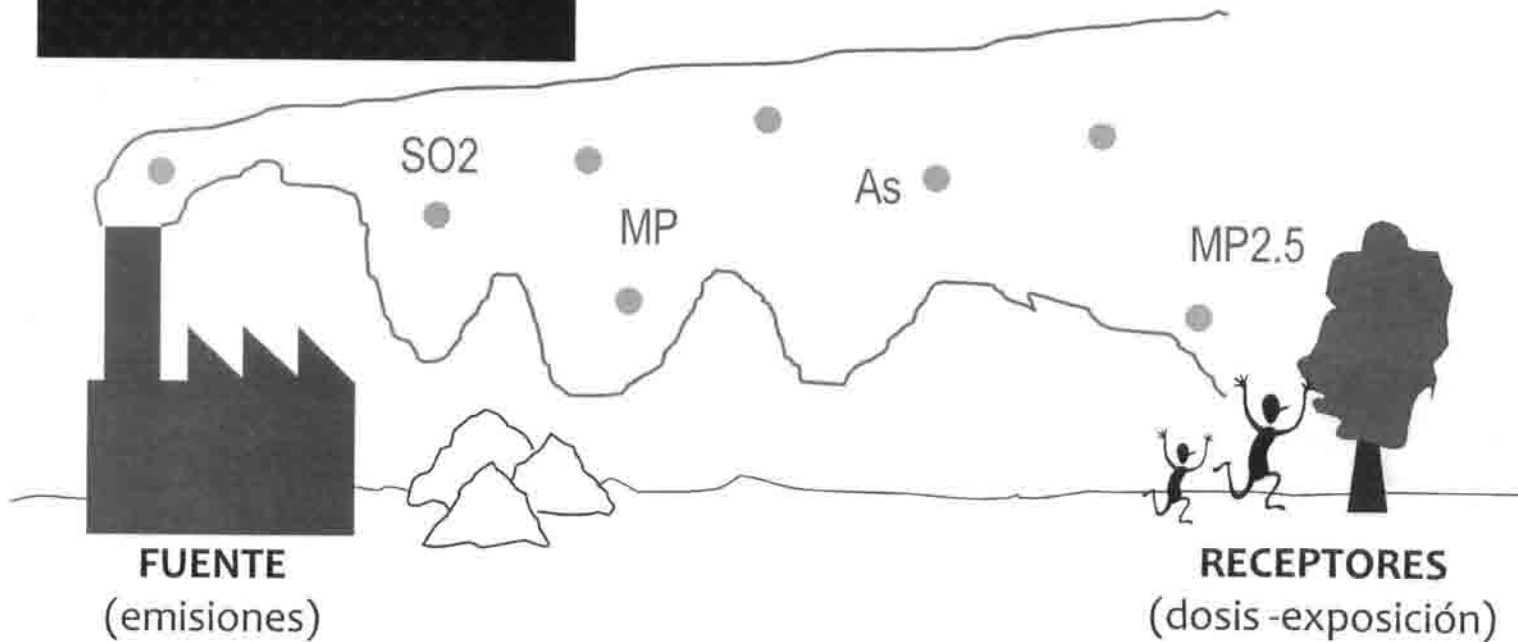
Fuente: Elaboración propia de Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



**Emisiones fugitivas:** As, SO<sub>2</sub>, MP, Hg, etc.  
Fusión y conversión

**Emisiones por chimenea** As, MP, SO<sub>2</sub>, Hg  
Operaciones unitarias

**Neblinas ácidas** SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>  
planta de ácido



Fuente: Elaboración propia de Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



## Polvos levantado de acopio del concentrado

