

Reunión Comité Ampliado

Anteproyecto

Norma de emisión para fundiciones de cobre



Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile



3 de abril de 2012

Reunión Comité Ampliado

Anteproyecto

Norma de emisión para fundiciones de cobre

Comité Operativo

Ma de la Luz Vásquez, Ministerio de Minería
Adolfo Lopez, COCHILCO
Pedro Santic, COCHILCO
Pedro Vallejos, Ministerio de Economía
Walter Folch, Ministerio de Salud

Ministerio del Medio Ambiente

Rodrigo Benitez
Marcelo Fernández
Carmen Gloria Contreras
Priscilla Ulloa
Siomara Gomez
Jenny Tapia
Julio Recordon
Conrado Ravanal
Cristobal de La Maza
Francisco Donoso

Objetivo de la reunión:

Informar sobre los avances del proceso:

1. Etapa de elaboración de la norma de emisión
2. Diagnóstico de la fuente emisora
3. Criterios para elaborar la norma de emisión
4. Objetivo y resumen del anteproyecto
5. Resultados de beneficios
6. Resultados de costos

1. Etapas de elaboración de la norma de emisión

Etapas elaboración norma de emisión fundiciones

D.S. 93/95 Minsegres. Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión

Hito	Fecha (días hábiles)
Publicación programa priorizado	1 de abril 2010
Resolución de inicio	7 de marzo 2011
Publicación de inicio en DO y diario circulación nacional	15 y 19 de marzo de 2011
Elaboración de anteproyecto (150 días + ampliación)	19 marzo – 30 de abril
Recepción de antecedentes (70 días)	21 de marzo -29 de Junio
Estudio beneficios y costos sociales	30 de marzo de 2012
Análisis general del impacto económico social	10 de abril de 2012
Resolución que aprueba el anteproyecto	Abril
Publicación anteproyecto DO y diario circulación nacional	Abril / Mayo
Consulta Pública (60 días)	Mayo a Julio 2012

Dos procesos de regulación en marcha:

1. Elaboración de la norma de emisión para fundiciones
2. Revisión de la norma de arsénico

DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE CHILE
Martes 15 de Marzo de 2011

Ministerio del Medio Ambiente

(Resoluciones)

DA INICIO A LA ELABORACIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN PARA FUNDICIONES

Núm. 300 exenta.- Santiago, 7 de marzo de 2011.-
Vistos: Lo dispuesto en la ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; lo prescrito en el decreto supremo N°93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón; el memorándum N° 36, de 14 de enero de 2011, de la Jefa de la División de Política y Regulación Ambiental, y

Considerando: Que de conformidad con lo preceptuado en el artículo 11 del decreto supremo N°93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, corresponde a este Ministerio, continuador legal de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, dictar la resolución pertinente que permita dar inicio al proceso de elaboración del anteproyecto de norma,

Resuelvo:

- 1.- Iníciase la elaboración de la Norma de Emisión para Fundiciones.
- 2.- Fórmese un expediente para la tramitación del proceso de elaboración de la referida norma.
- 3.- Fijase como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre el o los contaminantes a normar el

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

MAH/RBU
[Firma]

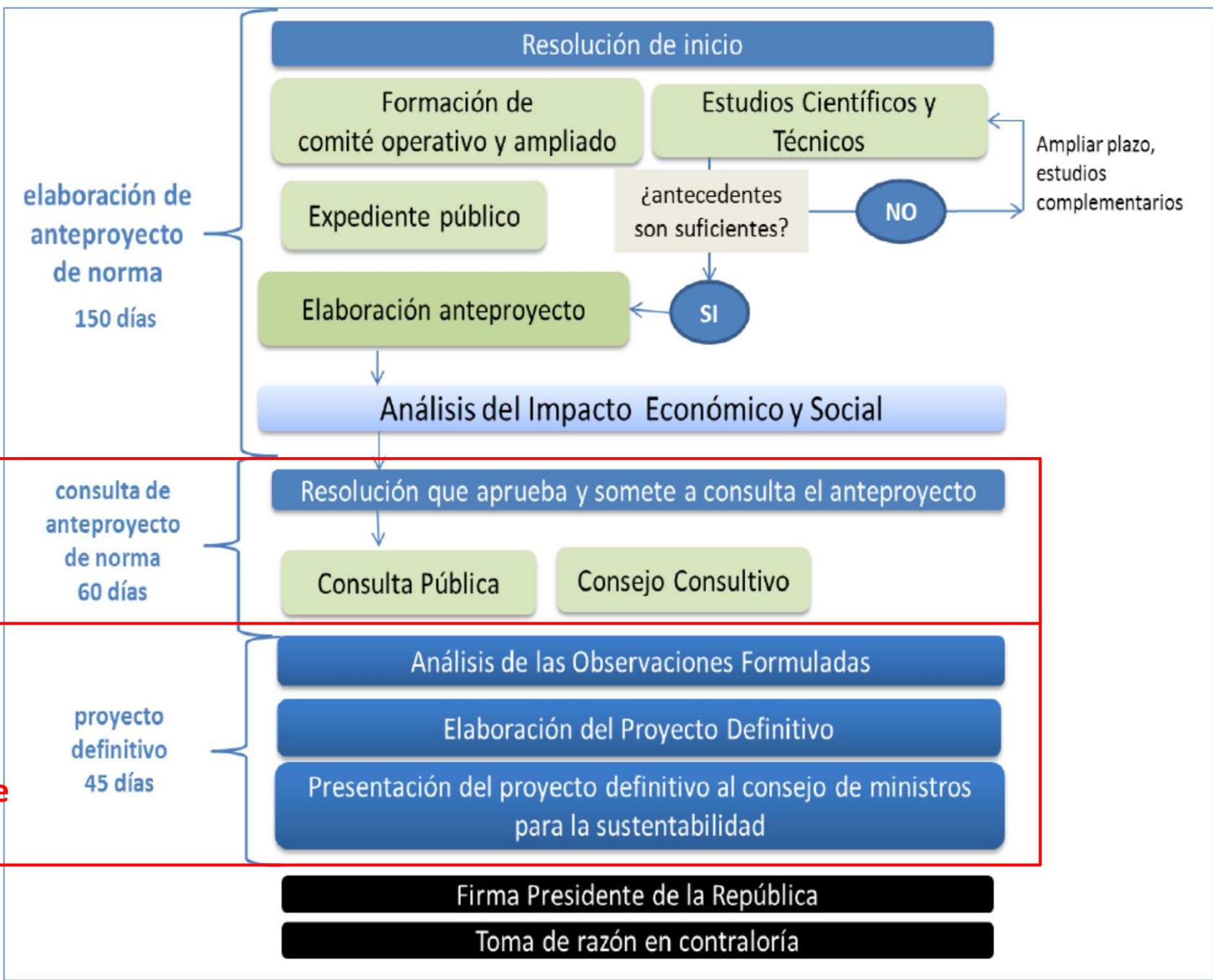
DA INICIO A LA REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DEL CONTAMINANTE ARSÉNICO EMITIDO AL AIRE (D.S. N°165 DE 1999, DE MINSEGPRES)

RESOLUCIÓN EXENTA N° 0528

SANTIAGO, 4 de mayo de 2011

VISTOS:

o dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el artículo 33 de la ley 19.880; lo prescrito en el Decreto Supremo N°93, de 1995, el Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento



Fuente: elaboración propia a partir de D.S. 93/95

2. Diagnóstico de la fuente emisora

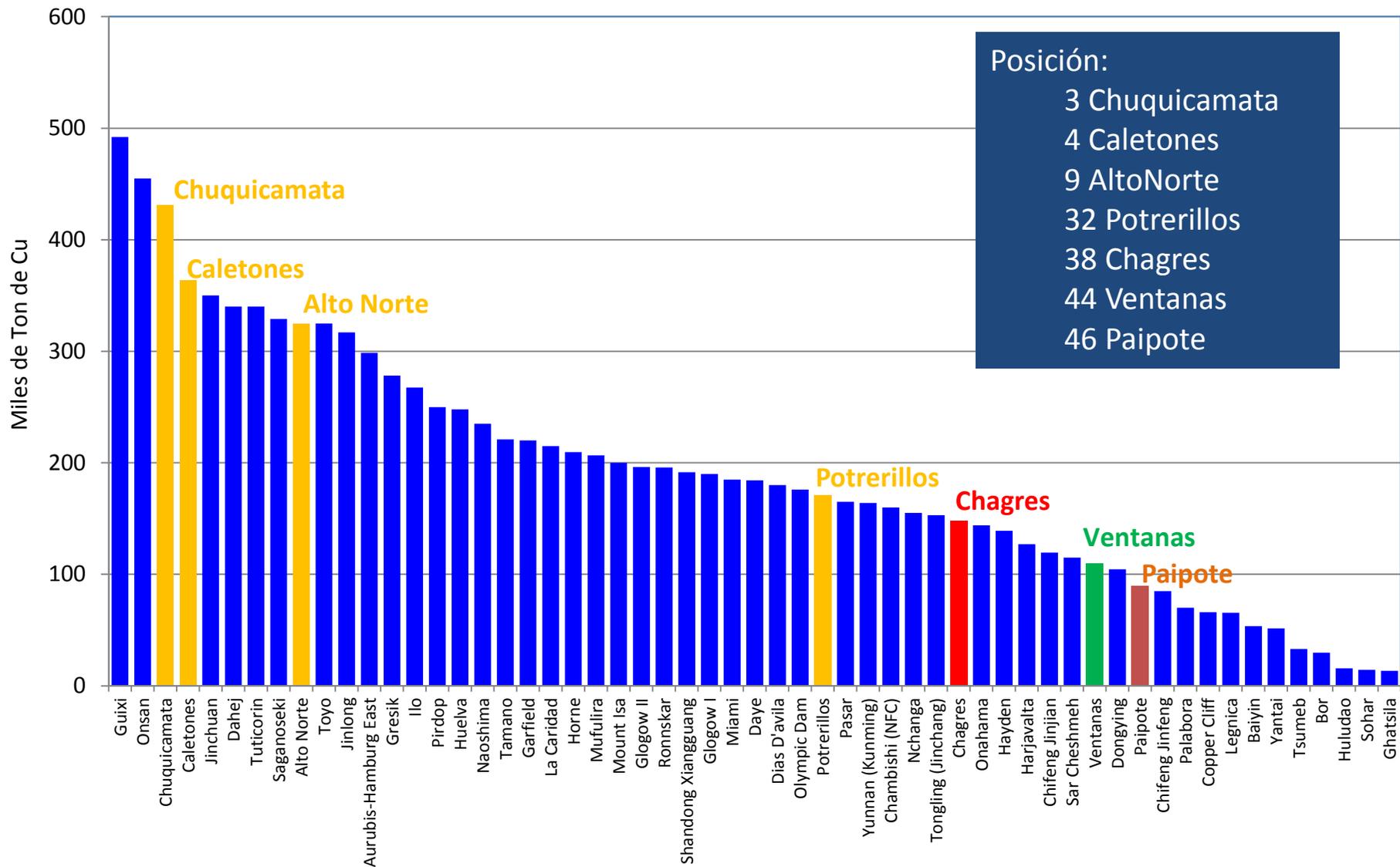
Fundiciones de cobre:

Fundición	Región	Propiedad	Año puesta en marcha
Chuquicamata	II	CODELCO	1952
Altonorte	II	XSTRATA	1993
Potrerrillos	III	CODELCO	1927
Paipote	III	ENAMI	1952
Ventanas	V	CODELCO	1965
Chagres	V	ANGLO AMERICAN	1960
Caletones	VI	CODELCO	1922



Posicionamiento internacional de las Fundiciones en términos de la producción de cobre fino, 2011

Fuente: Elaboración Cochilco con base Brook Hunt.

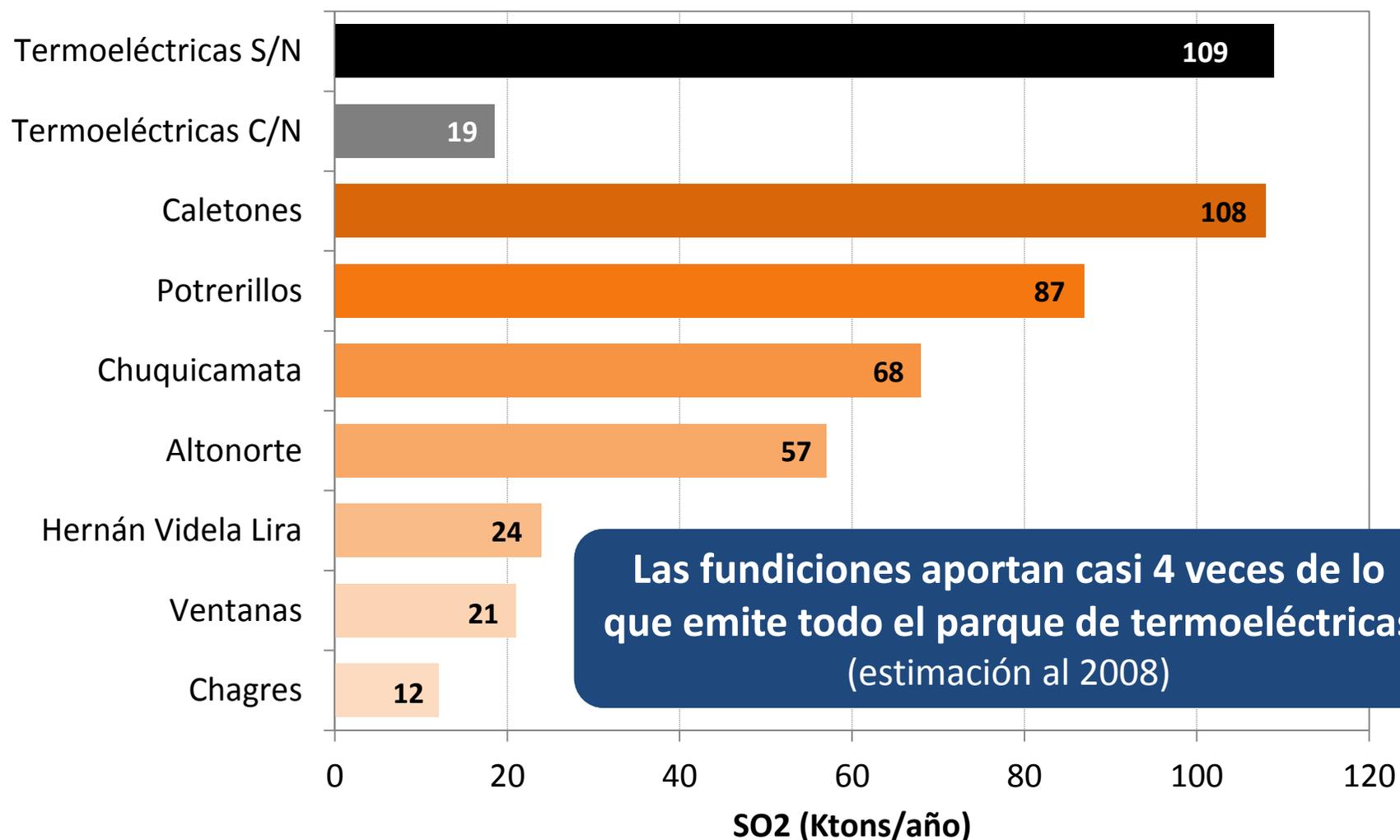


Situación actual:

- Todas informan As (anual) según norma de emisión D.S. 165/1999 D.S. 75/2008
- Cinco fundiciones informan emisión anual de SO₂ y MP por planes de descontaminación
- Se puede concluir que :
 - **Los límites de SO₂ y MP establecidos en planes se cumplen desde el 2003**
 - **Los límites de As establecidos en la norma se cumplen desde el 2003**
 - La emisión de As y SO₂ se reporta en balance de masa anual
 - La emisión de MP es la suma de emisiones de algunas chimenea y emisiones fugitivas.

Fundición	Decreto supremo que establece Plan	Límite de SO ₂ (ton/año)	Límite de MP (ton/año)	Año establecido para alcanzar el límite
Ventanas	D.S. 252/1992	90.000	1.000	1999
Paipote (HVL)	D.S. 180/1995	40.000	600	1999
Potrerosillos	D.S. 179/1998	100.000	5.500	2000
Caletones	D.S. 81/1998	230.000	1.987	2001
Chuquicamata	D.S. 206/2000	56.600	1.850	2003

Comparación de emisiones de SO2 entre parque de termoeléctricas y fundiciones de cobre (2008)



Fuente: Elaborado por Cristian Ibarra, Priscilla Ulloa y Carmen Contreras, a partir de:

(i) KAS. "Estudio Norma de emisión para termoeléctricas", 2009.

(ii) COCHILCO, 2010. Información entregada por Sara Pimentel.

(iii) Fundición Chagres, 2010. Información entregada por Carlos Salvo, Asuntos Ambientales & Regulatorios, Anglo American Chile.

(iv) Fundición Altonorte, 2010. Información entregada por Carmen Orge, Superintendente Medioambiente, DS y Riesgos.

(v) Fundición HVL (Paipote), 2010. Información entregada por Alejandro Diez.

CODELCO tiene una deuda histórica (sobre la fundición de Ventanas) de la que debe hacerse cargo.

Laurence Golborne ex-Ministro de Minería.

La Tercera, 31 de marzo 2011



Las chimeneas de Ventanas están a metros de la escuela La Greda, que la semana pasada fue cerrada por contaminación. FOTO: AGENCIAS/STRATA

Corte ordena a Codelco Ventanas paralizar obras tras intoxicación en escuela

El tribunal acogió el recurso de protección y de no innovar hecho por organizaciones sociales tras la emergencia del 23 de marzo pasado.

La suspensión de la fundición impactaría principalmente en la mediana minería, que vende su producción a la división de Codelco.

M. E. Pérez y C. Urqueta

Miembros de Salud y Medio Ambiente anunciaron la reapertura de la escuela La Greda, de Puchuncaví, y el regreso de los 132 alumnos a clases a partir del próximo lunes, la Corte de Apelaciones de Valparaíso acogió los recursos de protección y la orden de no innovar que obliga a Codelco Ventanas a paralizar factas. La medida es una dura señal en contra de la empresa que fue responsabilizada, hace una semana, de provocar la intoxicación de 46 personas, entre profesores y alumnos, por la inhalación de dióxido de azufre. Tras la emergencia, la autoridad de Salud decretó el

FRASES DESTACADAS

"Codelco tiene una deuda histórica (sobre la fundición de Ventanas) de la que debe hacerse cargo".

Laurence Golborne ministro de Minería y Energía.

"Obras de limpieza de Codelco han permitido remover siete centímetros de suelo de la escuela".

Julma Mandlich ministro de Salud.

cierre del recinto por el riesgo a funcionar a metros de la zona industrial de Ventanas. A principios de mes, resultó detectada la contaminación en las tomas de suelo del patio y las salas de la Greda, mostraron altos niveles de concentración de cobre y arsénico. Eso gatilló que el Minsal decidiera hacer pruebas físicas y de orina a los alumnos para determinar si están contaminados debido a las factas de las empresas que operan en el complejo industrial Ventanas. Ayer, Codelco Ventanas, tras ser notificado de la orden judicial por los recursos interpuestos por el Consejo Ecológico Quintero Puchuncaví y los ex trabajadores de Enami, comentó que paralizar las factas tomará días. "Se

vende 50 mil toneladas de concentrado equivalente a cobre fino a Codelco Ventanas. El resto lo aportan las divisiones Tercera y Andina de la estatal, las que han activado un plan de contingencia para enfrentar la medida. Respecto de esto, en la firma indican que a partir del jueves dejarán de recibir concentrado de parte de ese sector minero, alla esperada que el tema se despegue. El ministro de Minería y Energía, Laurence Golborne, dijo que "Codelco tiene una deuda histórica de la que debe hacerse cargo. Esta fundición por mucho tiempo no hizo las inversiones adecuadas para poder prevenir esas situaciones".

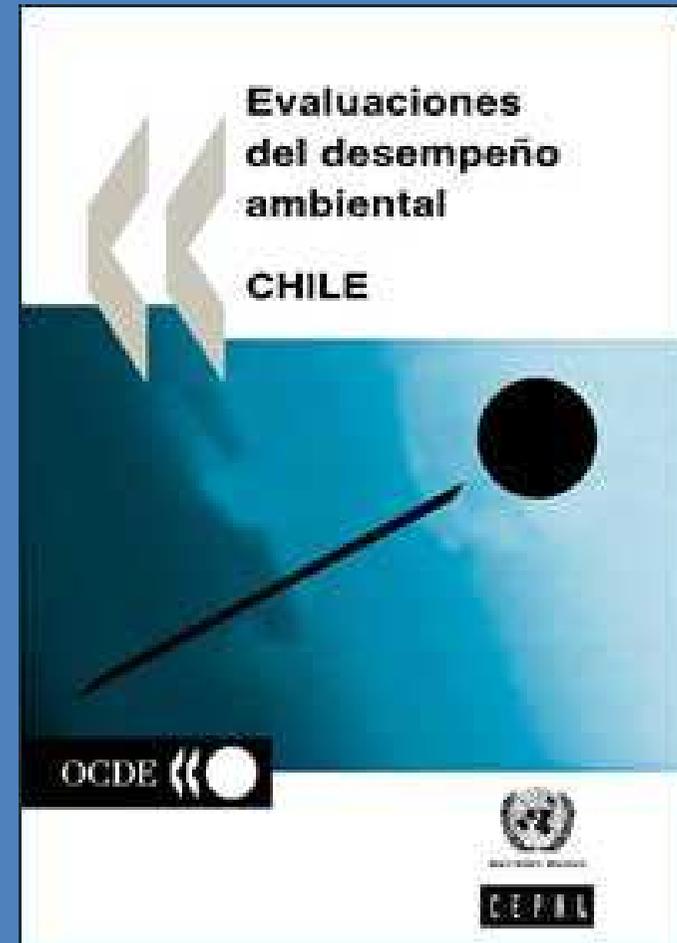
Nuevo colegio Ayer al mediodía, el ministro de Salud, Jaime Mantecón, dijo que el Mineduc había comprometido a construir una nueva escuela modelo en La Greda, para trasladar a los 132 alumnos en no más de 90 días. Mantecón dijo que tras la emergencia, las obras de limpieza de Codelco han permitido "remover siete centímetros de suelo de la escuela y reemplazarla por material que mejoran las condiciones ambientales. José Sanhueza, gerente de Codelco Ventanas, dijo que se están instalando cobertizos y reemplazando las cortinas transportadoras por unas tubulares y cerradas que eviten la polvareda.



[8-9] PAIS // Las pruebas realizadas a 127 escolares de La Greda, entre los que se encuentran Ambar, Catalina, Gabriel y Constanza (en la foto), detectaron presencia de arsénico y plomo en los menores. Además, confirmaron alteraciones neurológicas y pulmonares en 74 de ellos, los que fueron derivados a consultas con especialistas. FOTO: RODRIGO CISTERRA

El año 2005, la evaluación de desempeño ambiental de Chile realizada para la OCDE, concluyó que *“las actividades de fundición todavía son causantes del grueso de las emisiones y deberían reducir aún más”*, recomendando desarrollar normas de emisión para reducir el dióxido de azufre y los contaminantes tóxicos (OCDE, 2005).

OCDE – CEPAL, 2005. Evaluaciones del desempeño ambiental CHILE. p 18-20-25-29.



Evidencias de efectos en salud de los principales contaminantes generados por las fundiciones:

Contaminante	Efectos documentados sobre la salud
MP2,5	<ul style="list-style-type: none"> - Mortalidad Prematura - Bronquitis Aguda y Crónica - Admisión Hospitalaria: respiratoria, cardiovascular y cerebro-Vascular - Visita de Urgencia por Asma - Cáncer Pulmón y Tráquea - Enfermedades respiratorias superior e inferior - Días de Actividad Restringida - Ausentismo Laboral - Exacerbación Asma - Tos Crónica (Niños) - Tos (Niños Asmáticos) - Mortalidad Infantil
SO₂	<ul style="list-style-type: none"> - Admisión Hospitalaria: Respiratoria, y Cardiovasculares
As	<ul style="list-style-type: none"> - Cáncer a la Piel - Cáncer al Pulmón - Cáncer a la Vejiga - Mortalidad Cardiovascular - Muerte Fetal
Pb	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de Coeficiente Intelectual en Niños - Anemia
Hg	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de Coeficiente Intelectual en Niños - Ataxia - Disfunción Renal
Cd	<ul style="list-style-type: none"> - Osteoporosis - Disfunción Renal

Fuente: Hunt, A. (2011), "Policy Interventions to Address Health Impacts Associated with Air Pollution, Unsafe Water Supply and Sanitation, and Hazardous Chemicals", OECD Environment Working Papers, No. 35, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5kg9qx8dsx43-en>

Emisiones de la fuente emisora

Emisiones al aire de las fundiciones de cobre

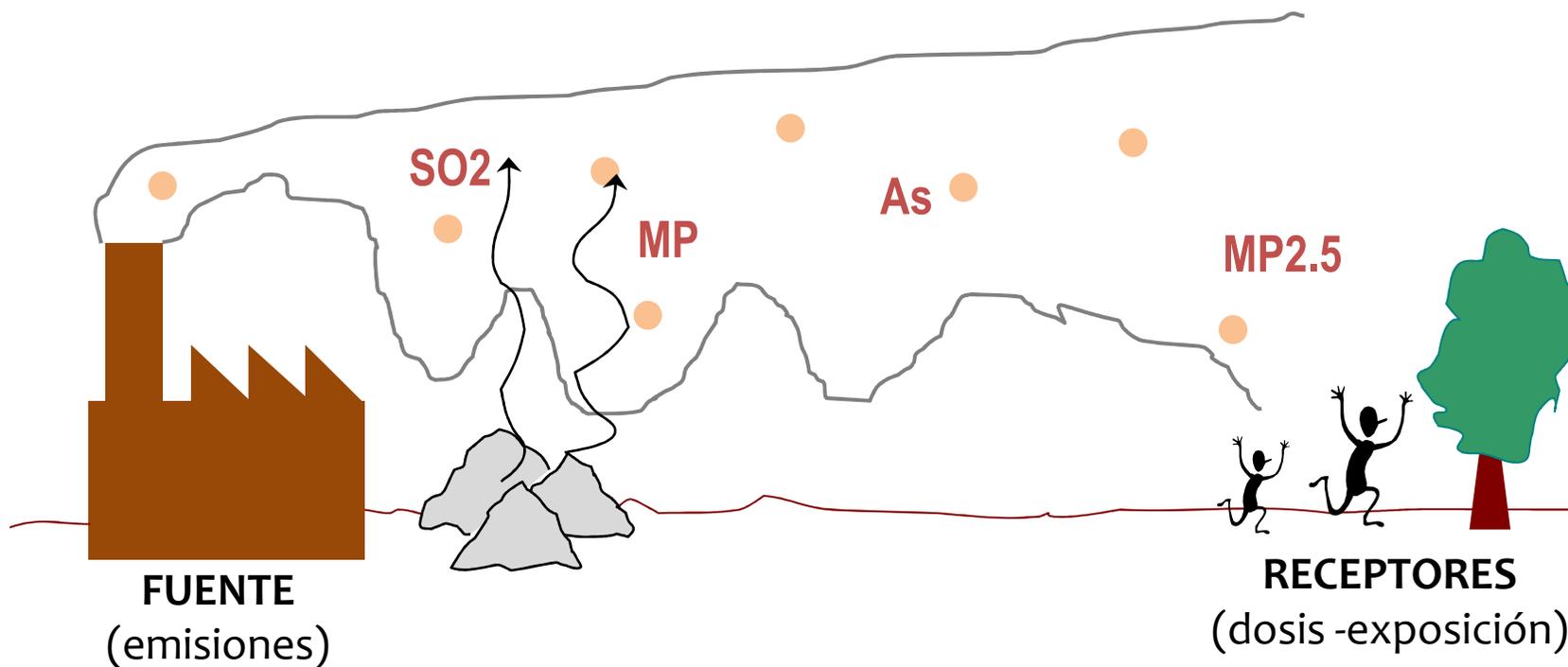


Emisiones fugitivas: As, SO₂, MP, Hg, Pb, Cd, etc.
Fusión y conversión

Emisiones por chimenea: As, MP, SO₂, Hg
Operaciones unitarias

Neblinas ácidas SO₂/SO₃
Plantas de ácido

Polvos levantado
Desde acopio del concentrado





Visita técnica fundición Altonorte
05/01/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición Altonorte
05/01/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa

A photograph of an industrial facility, likely a foundry, under a clear blue sky. In the foreground, a corrugated metal roof is visible. A street lamp stands in the middle ground. In the background, a large industrial building with several tall smokestacks is visible. One of the smokestacks is emitting a plume of white smoke. A sign on the right side of the building reads "SUPERINTENDENT OPERACIONES".

Visita técnica fundición Chuquicamata

03/03/2011

Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa

SUPERINTENDENT
OPERACIONES



Visita técnica fundición Chuquicamata
03/03/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición HVL

09/03/2011

Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición Caletones
17/03/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición Caletones
17/03/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición Caletones
17/03/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición Potrerillos
31/05/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa



Visita técnica fundición Potrerillos
31/05/2011
Carmen Gloria Contreras y Priscilla Ulloa

Por ejemplo, consideremos los niveles de concentración de arsénico (As) en el entorno a las fundiciones:

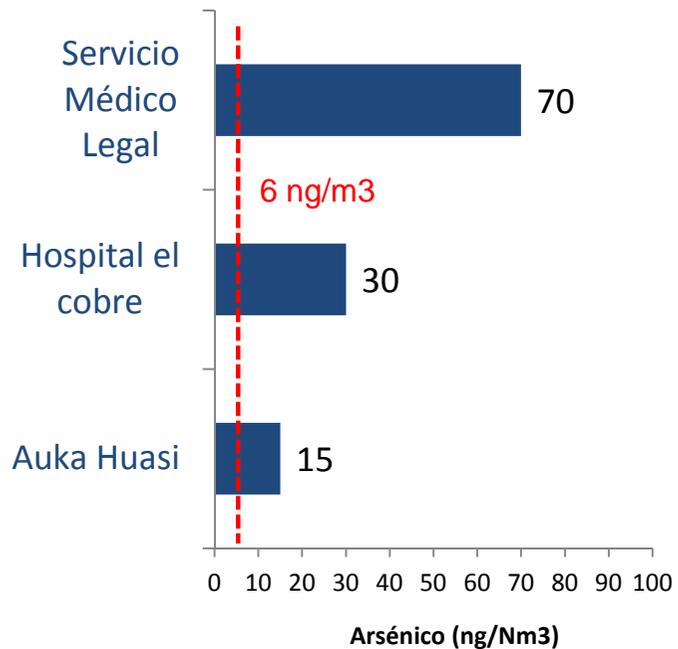
Chile no cuenta con estándar de calidad del aire para el elemento tóxico As. Si tuviera, comparemos con estándares que se utilizan a nivel internacional :

Promedio anual:

<i>UE</i>	<i>: 6 ng/m³</i>
<i>OMS</i>	<i>: 6 ng/m³</i>
<i>Alberta, Canada</i>	<i>: 10 ng/m³</i>

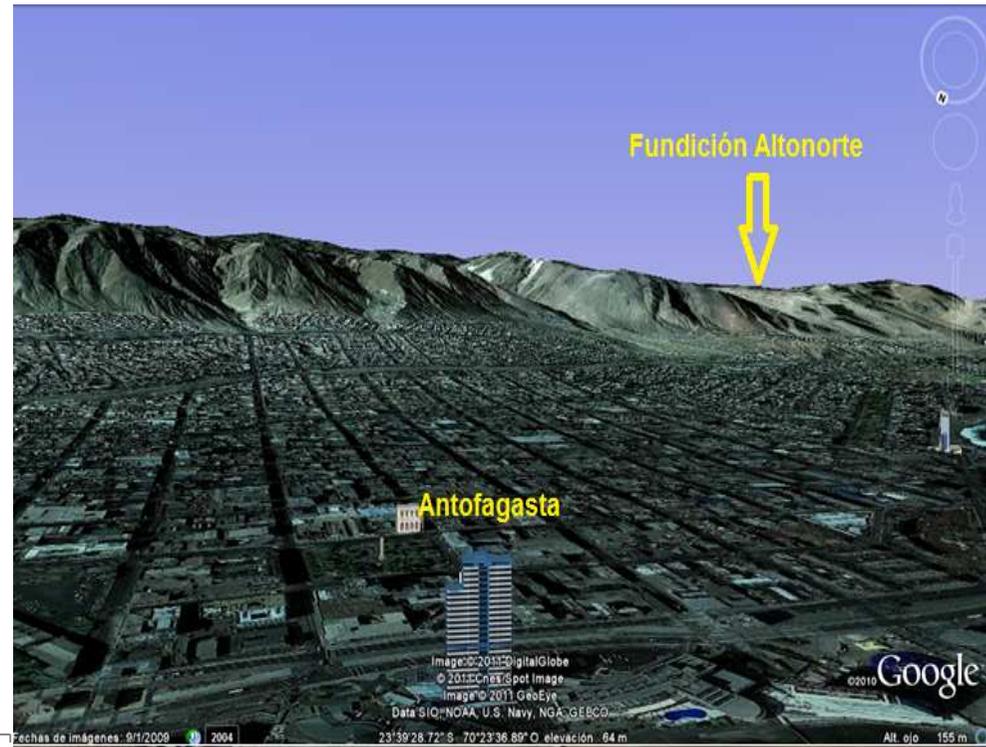
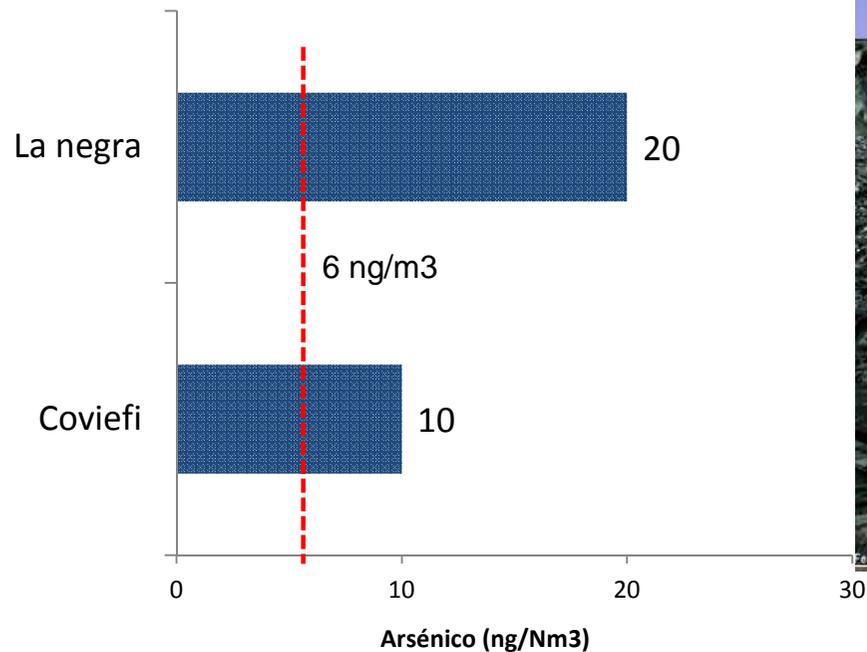
Se constata altos niveles de concentración de arsénico (As) en localidades cercanas a las fundiciones

Media anual de As en Calama, 2010



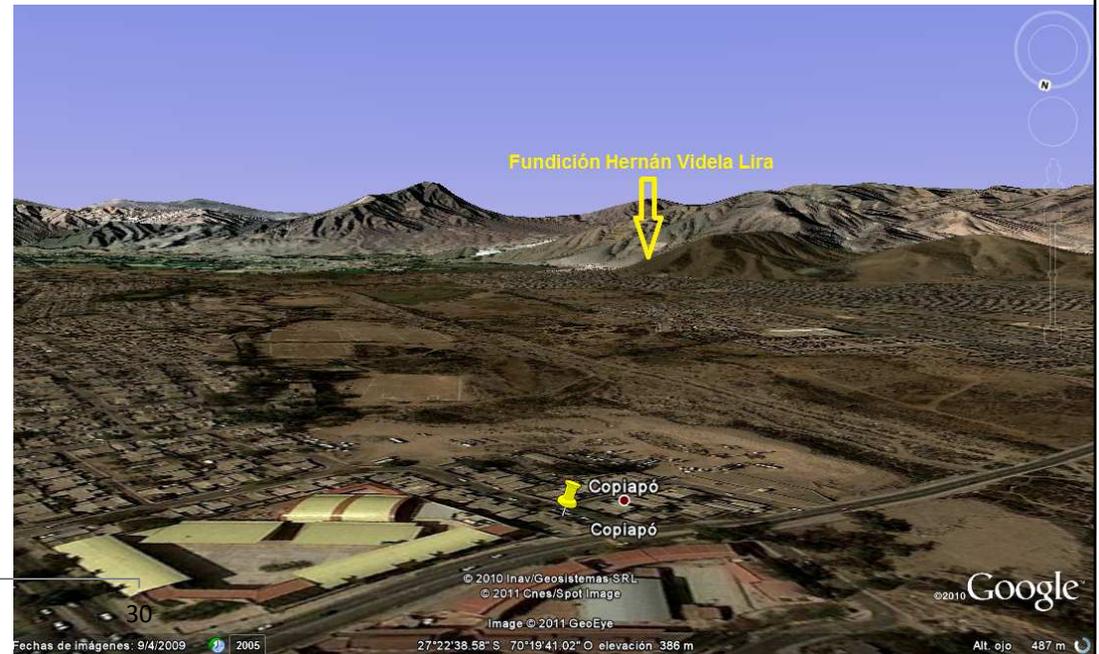
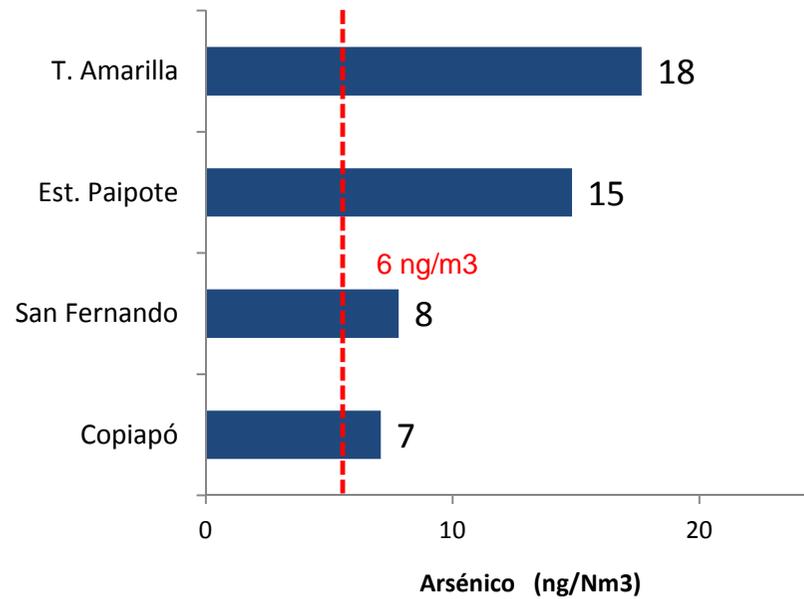
Se constata altos niveles de concentración de arsénico (As) en localidades cercanas a las fundiciones

Media anual de As en Antofagasta, 2010



Se constata altos niveles de concentración de arsénico (As) en localidades cercanas a las fundiciones

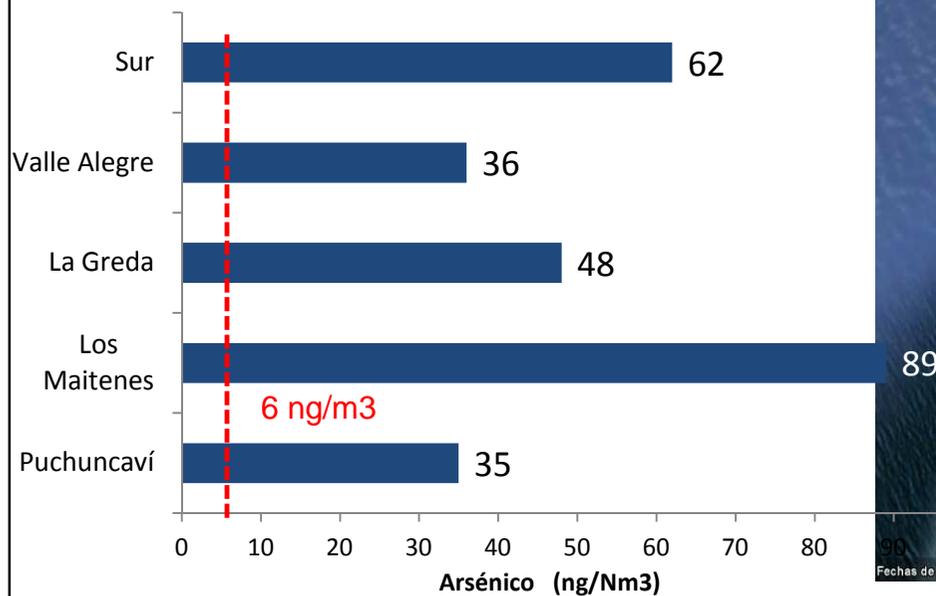
Media anual de As en HVL, 2011



Fuente: Concentración arsénico en el material particulado de la fundición Hernán Videla Lira (2011). Datos entregados por Seremi del Medio Ambiente, Región de Atacama

Se constata altos niveles de concentración de arsénico (As) en localidades cercanas a las fundiciones

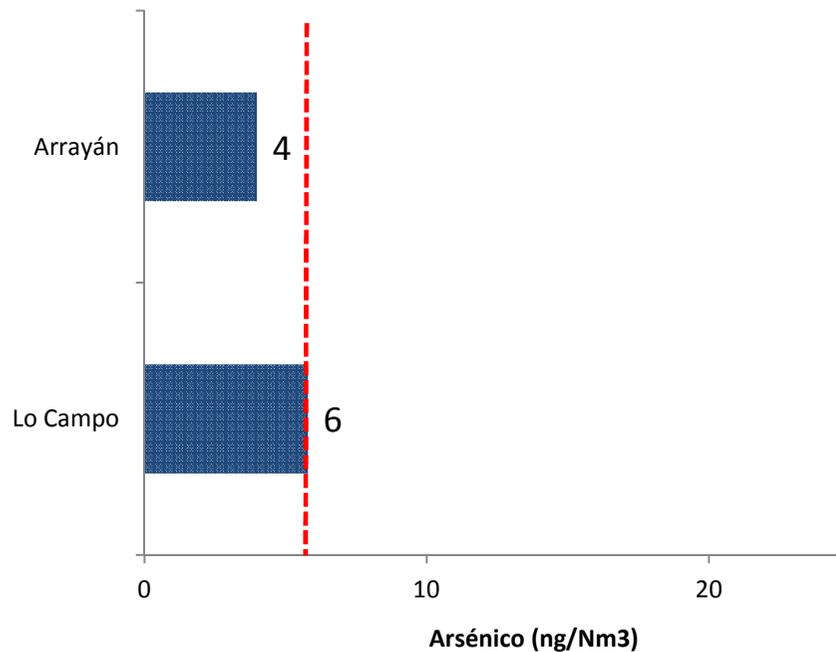
Media anual de As en Ventanas, 2010



Fuente: Concentración arsénico en el material particulado de la fundición Ventanas (2010). Datos entregados por Seremi del Medio Ambiente, Región de Valparaíso

Se constata altos niveles de concentración de arsénico (As) en localidades cercanas a las fundiciones

Media anual de As en Chagres, 2008



Fuente: Concentración arsénico en el material particulado de la fundición Chagres (2008). Datos entregados por Seremi del Medio Ambiente, Región de Valparaíso

3. Criterios para elaborar la norma de emisión

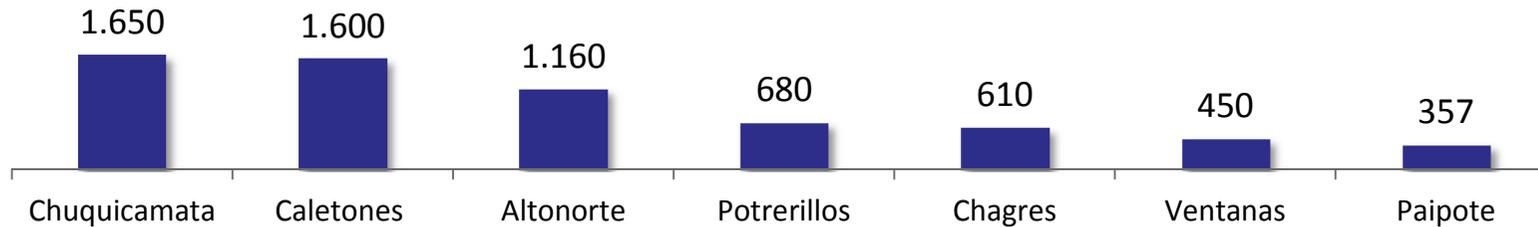
3. Criterios para elaborar la norma de emisión

- i. Se evalúa potencial de reducción de emisiones, que no implique el cierre de ninguna fundición.
- ii. Si bien el mayor aporte de emisión son fugitivas. El criterio anterior impone no incorporar cambios estructurales en la fusión y conversión.
- iii. Se asume como línea de base la capacidad nominal de fusión declarada el 2010.
- iv. Se establecen límites de SO₂ (ton/año) en función de un 95% de captura y fijación.
- v. Se establecen límites de As (ton/año) con un punto más de la captura de SO₂, 96%.
- vi. Se considera promedio de SO₂ y As contenido en los concentrados.
- vii. Se regula emisiones por chimenea de procesos unitarios relevantes.
- viii. Se mantiene en dos casos límite de SO₂ comprometido en RCA.
- ix. Gradualidad analizada y acorde a los planes de inversión informados por c/sector.
- x. Fuentes emisoras nuevas ingresan con mejor técnica disponible.
- xi. Se incorpora indicadores de desempeño: Kg SO₂/ Ton Cu fino; g As/Ton Cu fino.

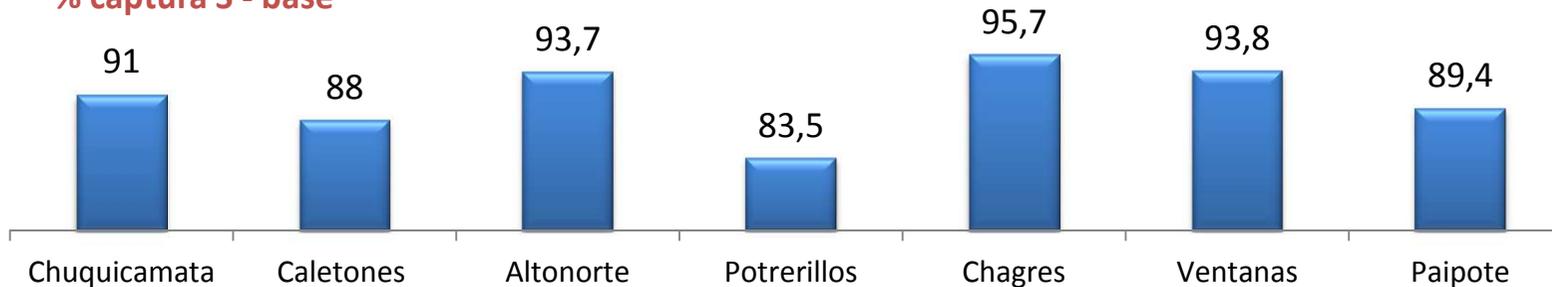
Caso Base de dióxido de azufre SO2 – Año 2010

Fuente: Encuesta realizada a el sector a regular por el MMA (2011)

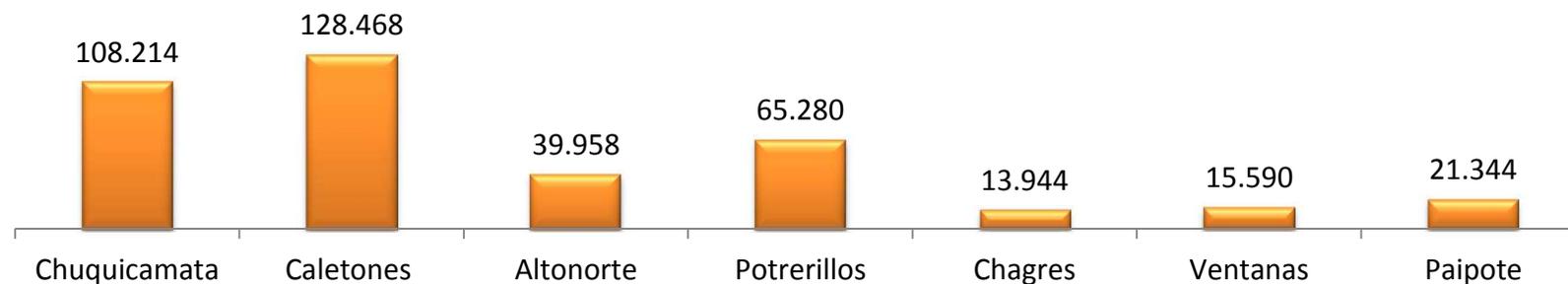
Capacidad de fusión de cobre 2010 - Miles de ton de concentrado



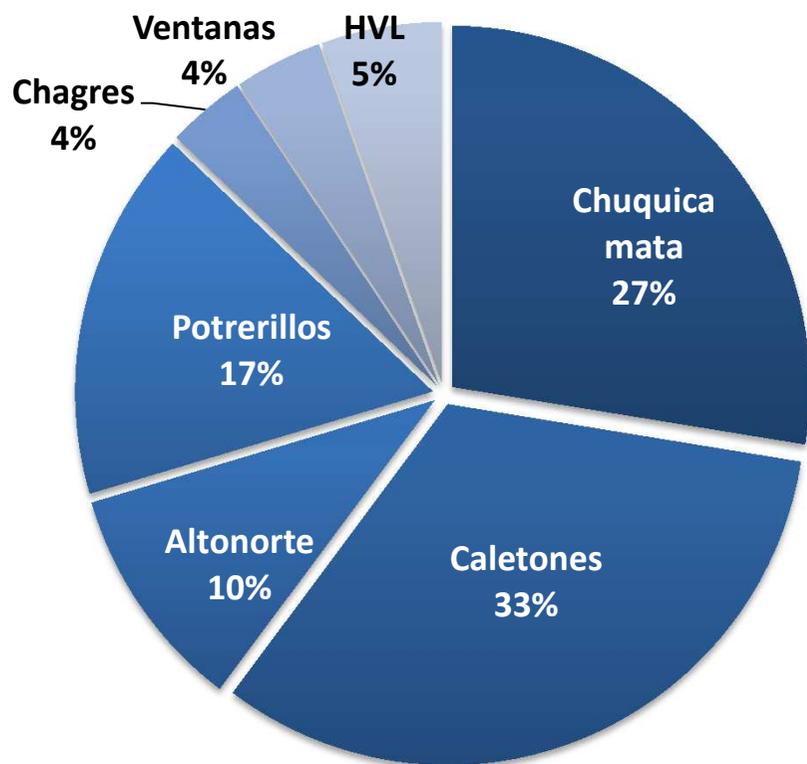
% captura S - base



Emisiones SO2 Ton/año



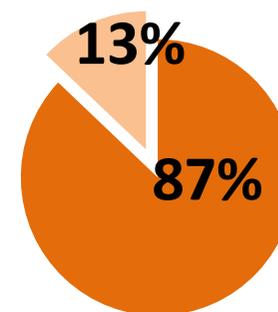
Aporte de cada fundición en las emisiones de SO2:



El 87% de las emisiones de SO2 proviene de Chuquicamata, Caletones, Altonorte y Potrerillos

EL 13% de Chagres, Ventanas y HVL

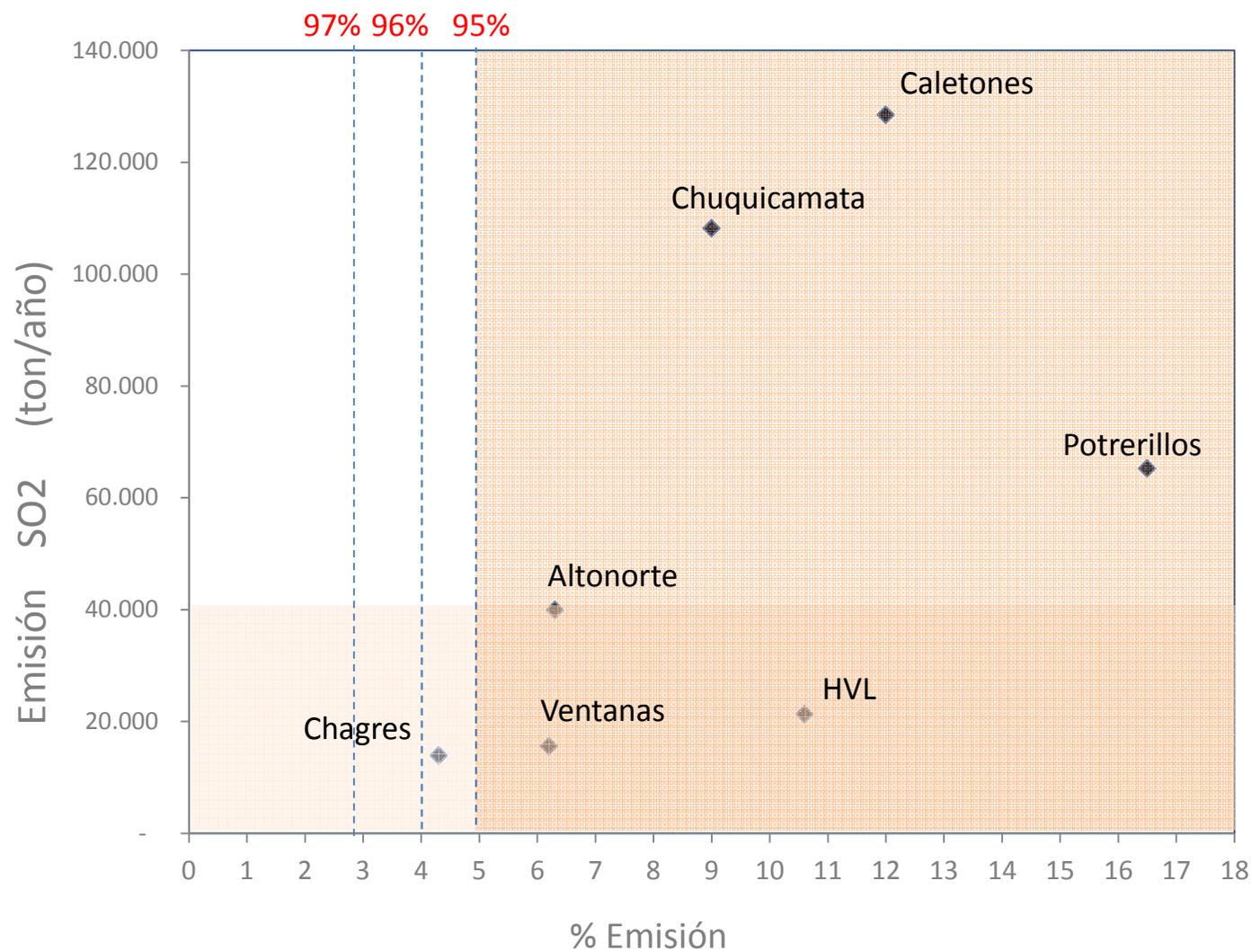
- Chuquicamata + Caletones + Altonorte + Potrerillos
- Chagres + Ventanas + HVL



Fundiciones de cobre: emisión declarada 2010 de SO2 y % de emisión

Fuente: encuesta MMA, 2011

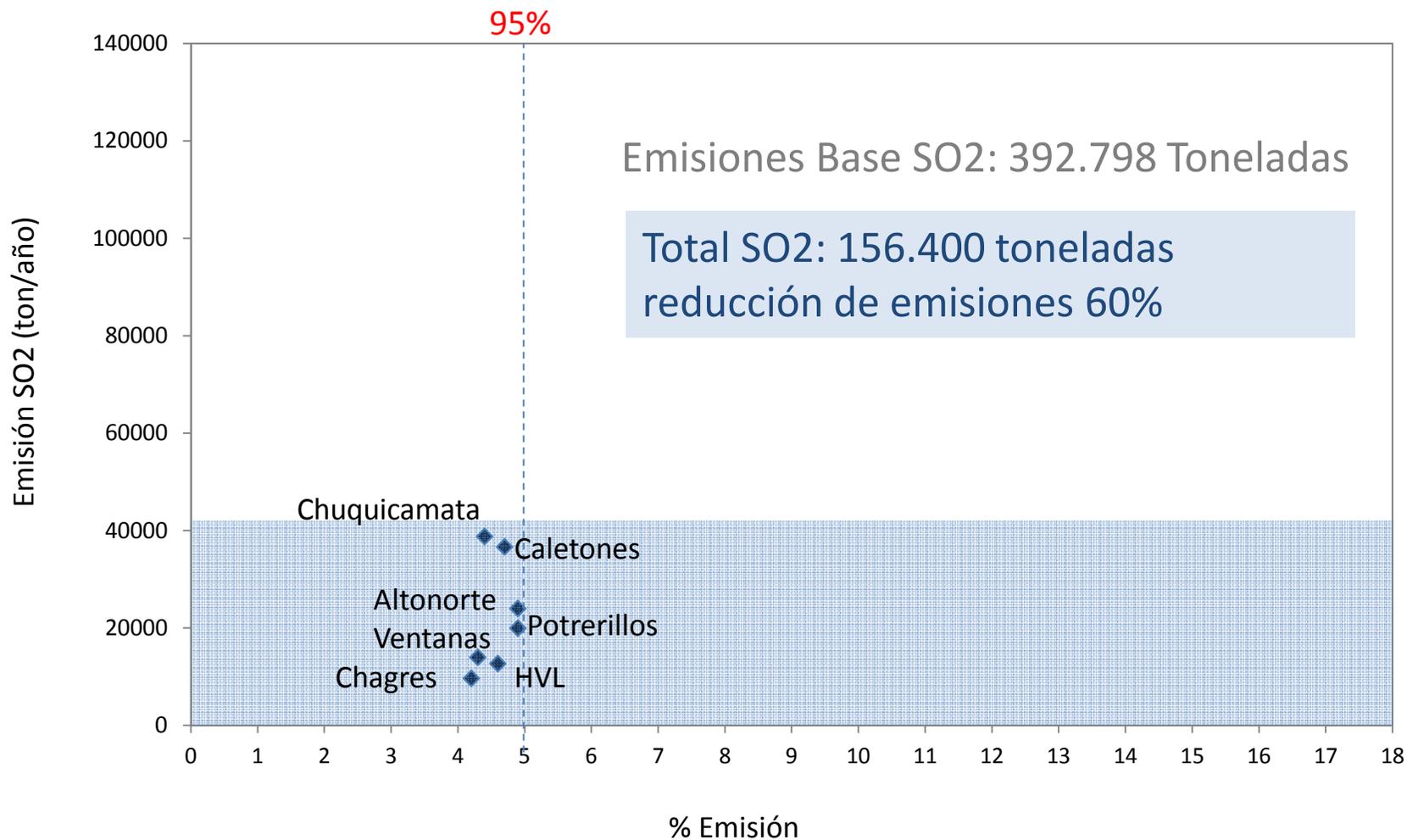
Total SO2: 392.798 Toneladas



Emisión de SO2 para el escenario 1 de 95% captura y fijación

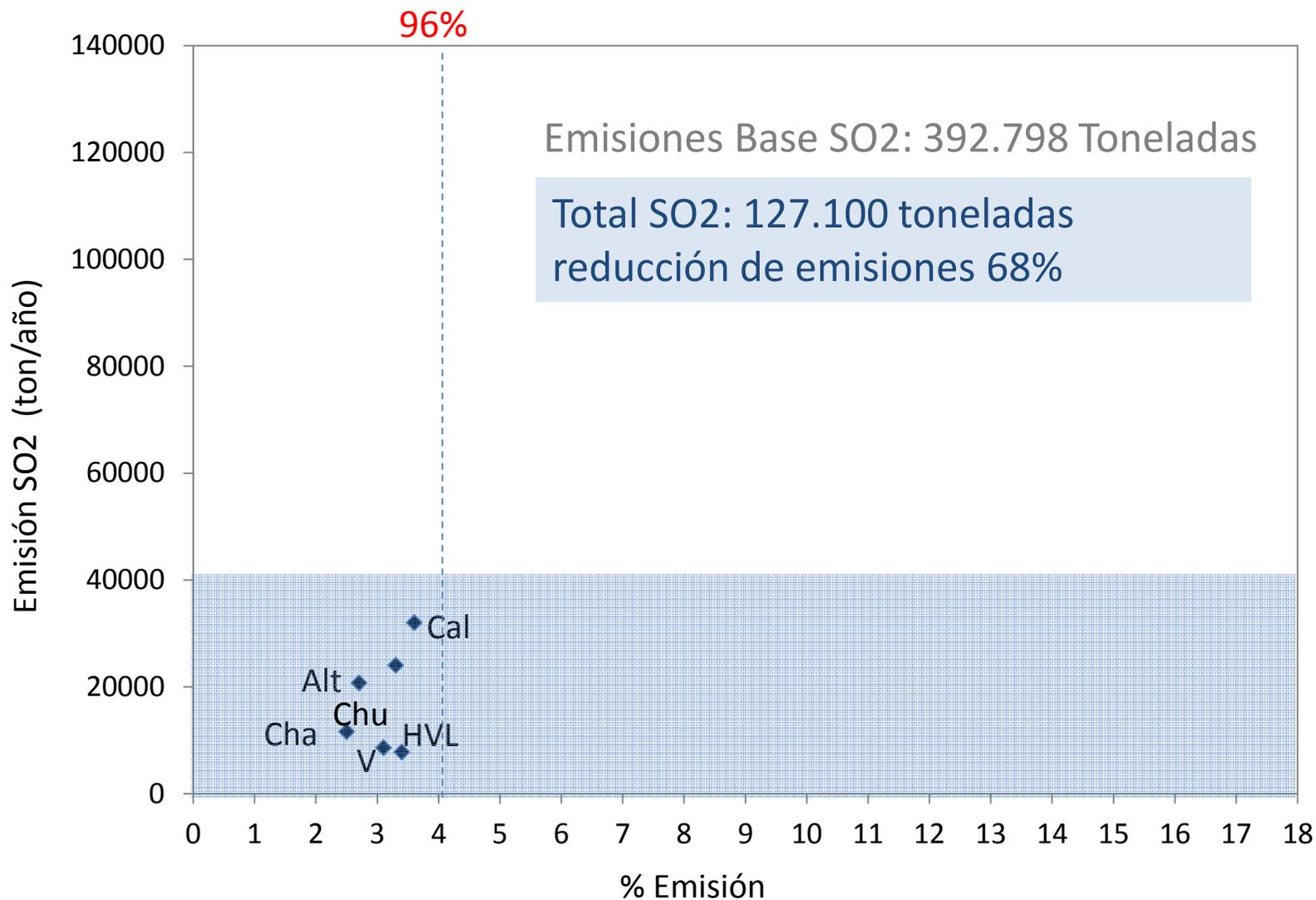
Fuente: COPRIM, 2012

Nota: Potrerillos fue estimado considerando un 95% de captura, declarado por CODELCO.

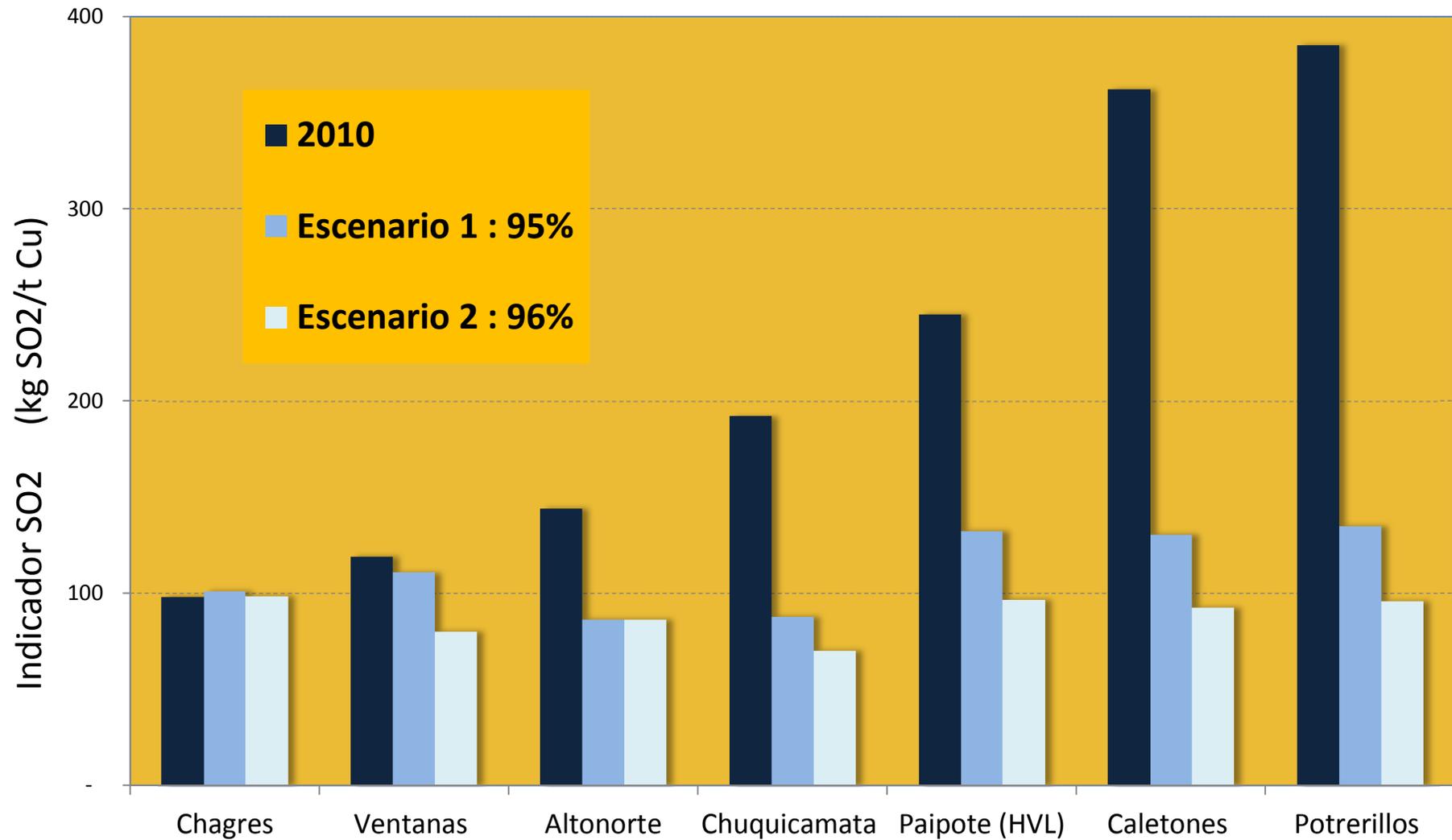


Emisión de SO2 para el escenario 2 de 96% captura y fijación

Fuente: COPRIM, 2012

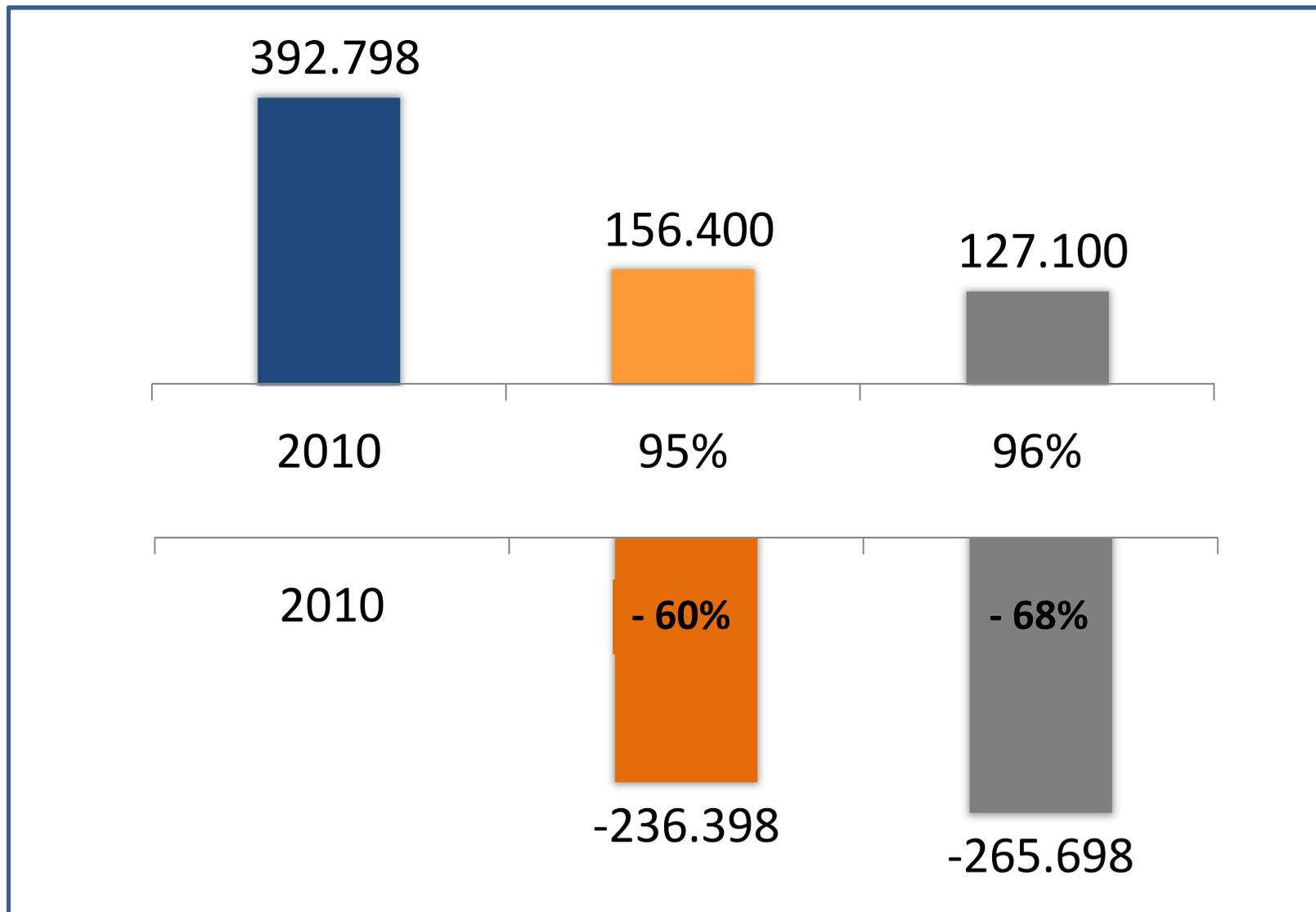


Indicador de desempeño ambiental de SO2



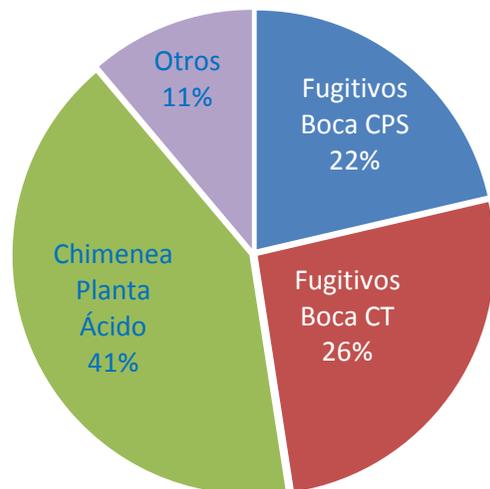
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta al sector a regular 2010 y captura y fijación de 95% de SO2. Excepto Chagres y Altonorte que tienen compromisos ambientales por RCA.

Potencial de reducción de emisiones de SO2 (ton/año):



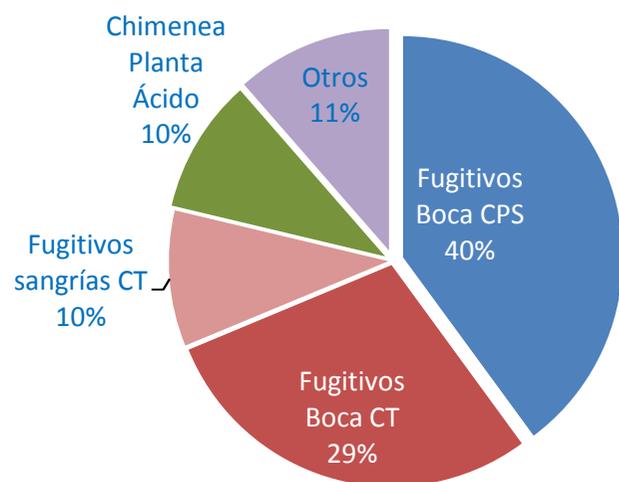
Distribución de emisiones de SO2 (1 de 3):

HVL 21.344 Ton/año



- Las plantas de ácido simple aporta un 40%. Las 2 plantas de ácido tienen obsolescencia tecnológica, cumplieron su vida útil. Con o sin norma deben ser reemplazadas con el fin de optimizar el sistema de captura y fijación de gases.
- Tal como funciona HVL hoy presenta altas ineficiencias.
- Las emisiones fugitivas corresponden a un 50% (CT y CPS).

Ventanas 15.590 Ton/año



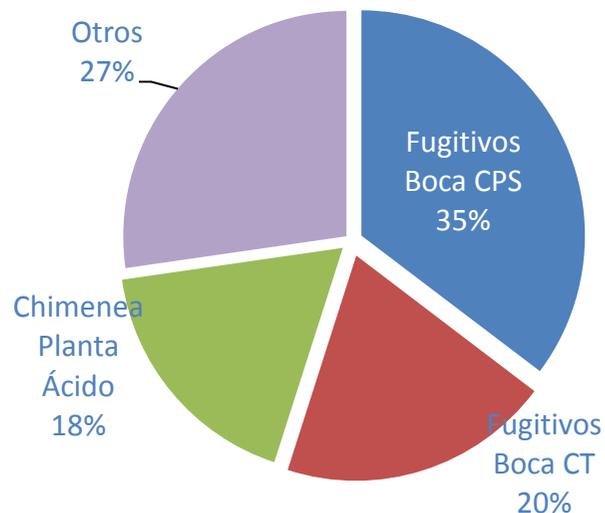
Principalmente las emisiones son fugitivas (70%). Ventanas cuenta con una planta de ácido doble que aporta el 10% de las emisiones totales.

Otros:

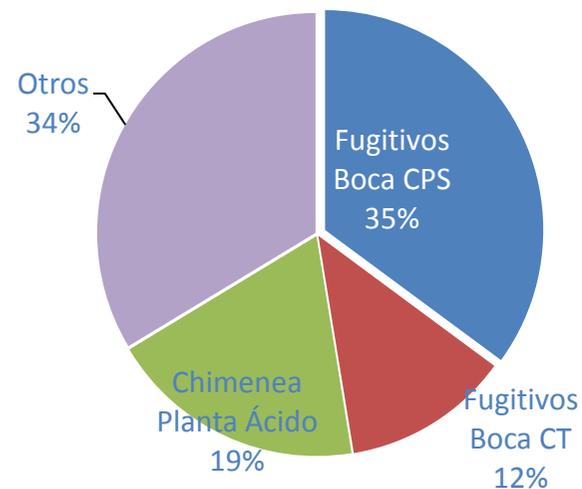
- fugitivos transporte ollas de escoria y metal blanco o mata
- hornos de limpieza (chimenea y sangría)
- hornos refino (chimenea)
- secador (chimenea)

Distribución de emisiones de SO2 (2 de 3):

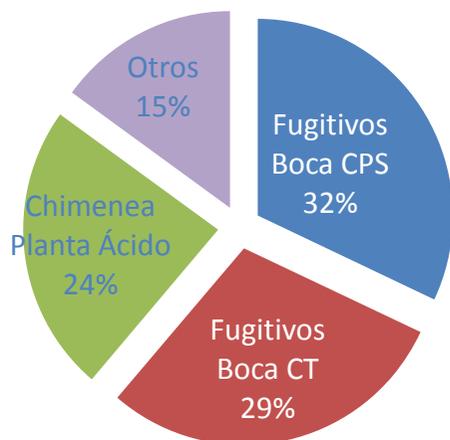
Caletones: 128.468 ton/año



Chuquicamata 108.214 ton/año



Potrerosillos 65.280 Ton/año

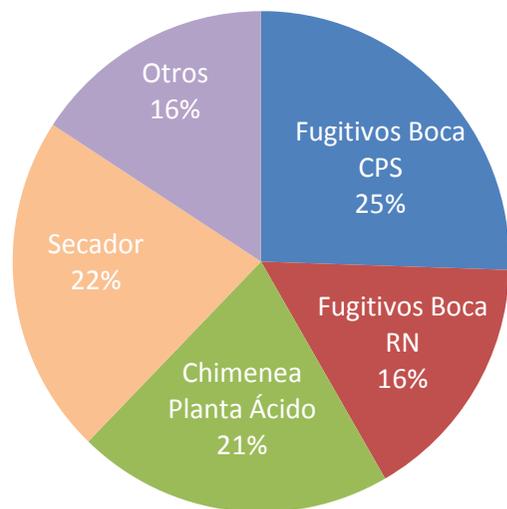


Otros:

- fugitivos transporte ollas de escoria y metal blanco o mata
- hornos de limpieza (chimenea y sangría)
- hornos refino (chimenea)
- secador (chimenea)

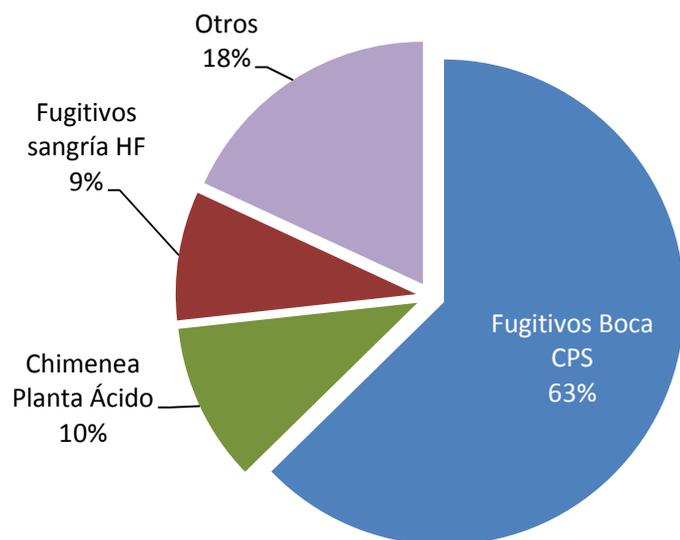
Distribución de emisiones de SO2 (3 de 3):

Altonorte 39.958 ton/año



Las principales emisiones de Altonorte son del CPS. Tiene 2 plantas de ácido que representan el 21% de las emisiones. El Secador muestra un 22% de las emisiones por problemas de diseño (Estudio U. de Chile).

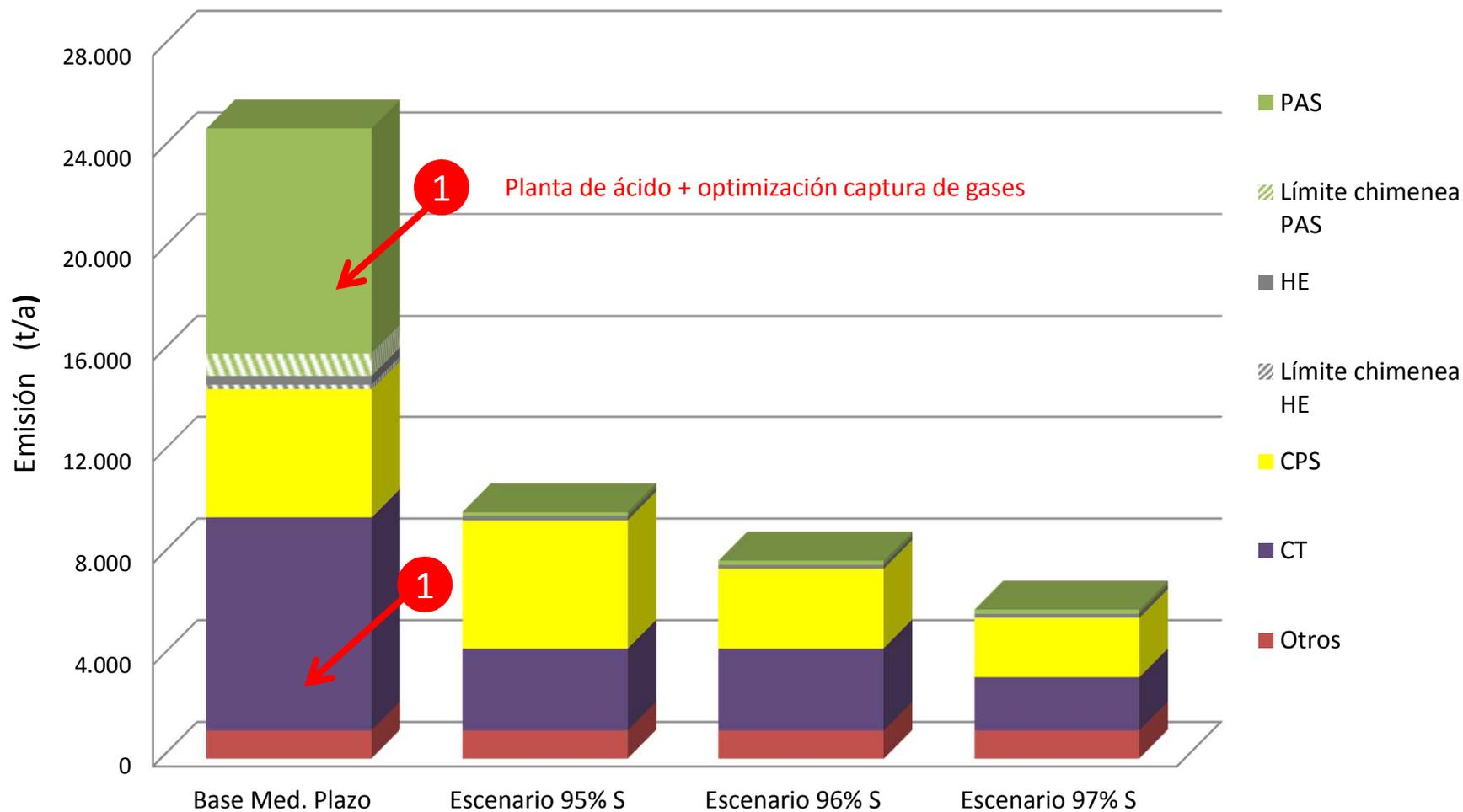
Chagres 13.944 ton/año



Chagres realiza la fusión en HF, reduce las emisiones (cerrado y continuo). Las emisiones se presentan en el transporte de las canaletas a la olla. Las principales emisiones son fugitivos de la conversión CPS, 63%.

Potencial de reducción de emisiones

Reducción Emisión SO2 Fundición Hernán Videla Lira



Límite de emisión en chimeneas de Plantas de ácido

- Inicialmente se propuso: $400 \text{ mg/m}^3\text{-N} \approx 150 \text{ ppm}$
Se logra tratando los gases de cola de las plantas de ácido
- Se evalúa más costo-efectivo: **$1.000 \text{ mg/m}^3\text{-N} \approx 400 \text{ ppm}$**
Se logra cumplir con planta de ácido doble y prácticas operacionales/mantenimiento

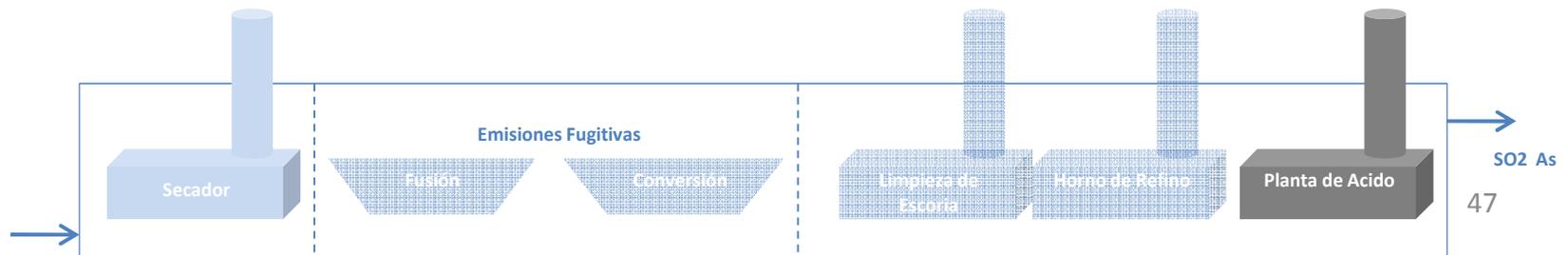
Informaron que pasaran a doble contacto:

Alto Norte
Chuquicamata: se quedara con 2 de 3
Potrerillos
HVL
Caletones

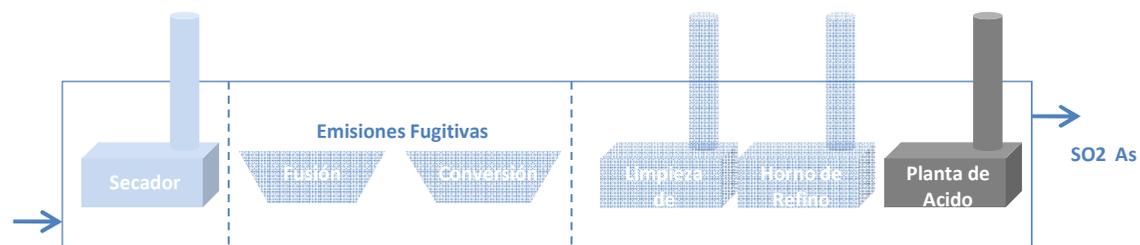
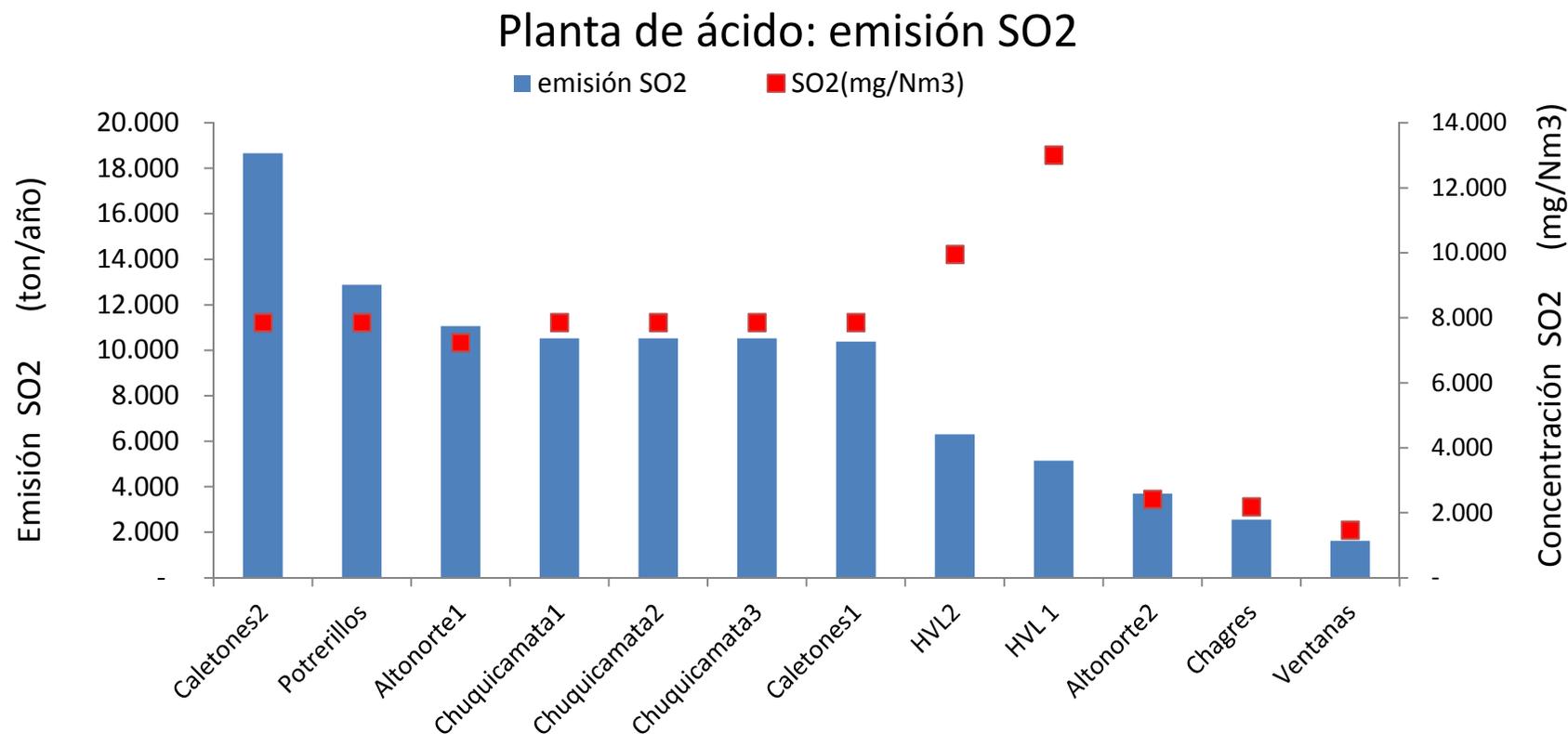
Cuentan con planta doble absorción:

Ventanas
Chagres
Alto Norte

Todas contarán con plantas dobles

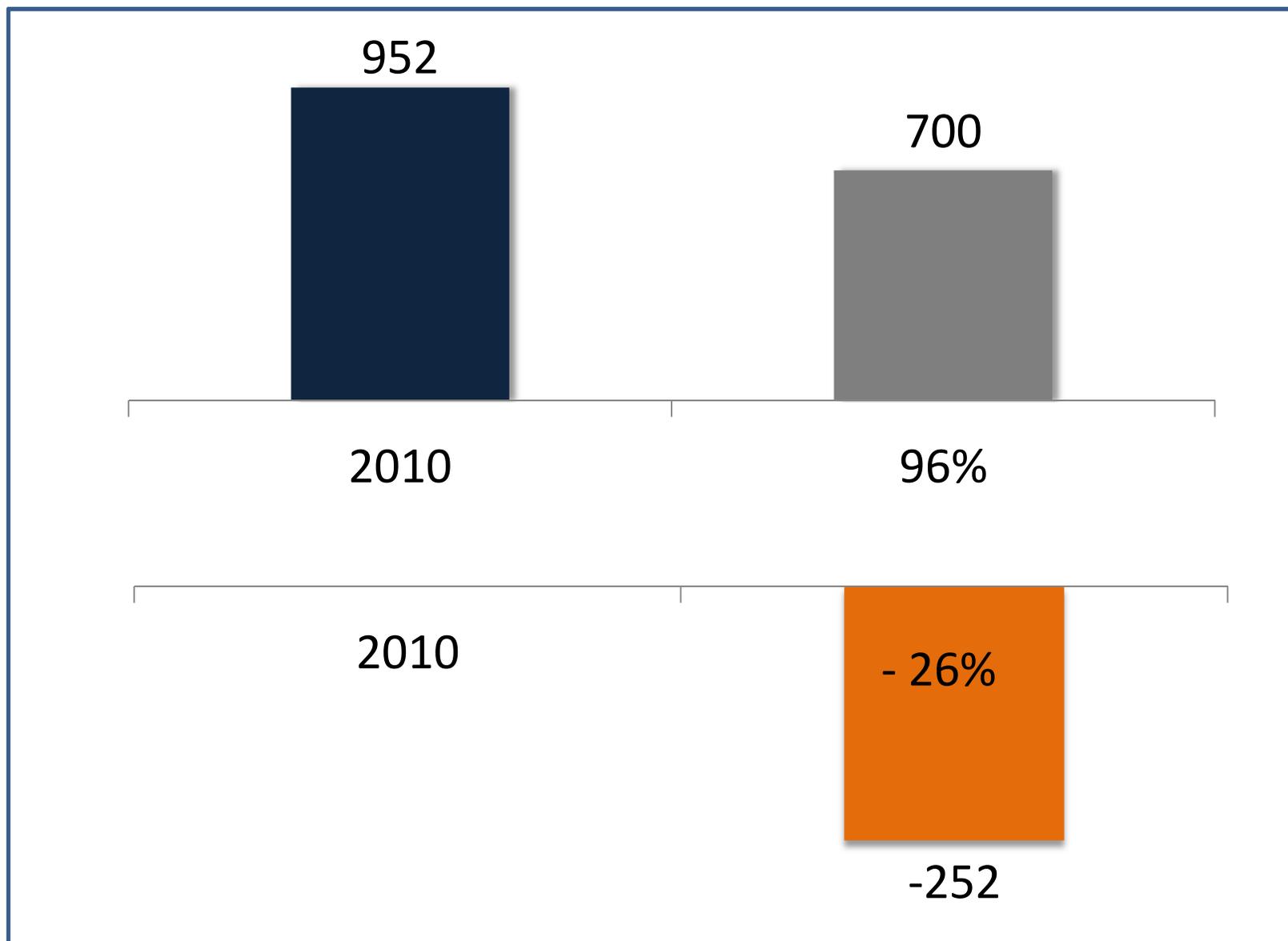


Emisiones declaradas de SO2 en las plantas de ácido:

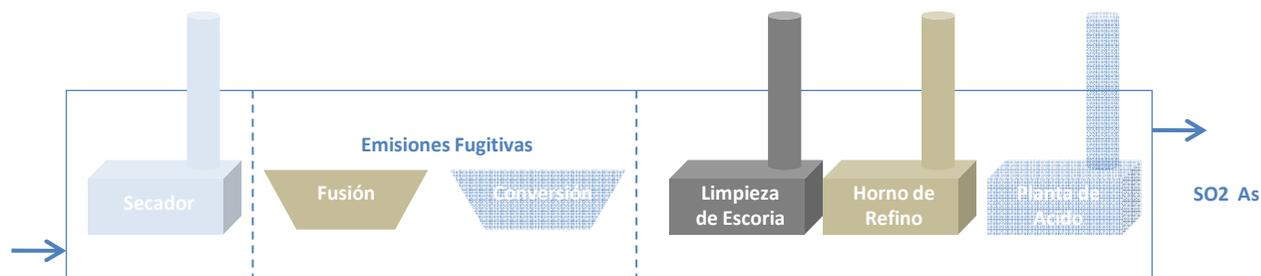


La emisión de SO2 de las 3 plantas de ácido de Chuquicamata equivalen a 1,5 las emisiones totales de la fundición HVL y 2,3 veces las emisiones totales de Chagres

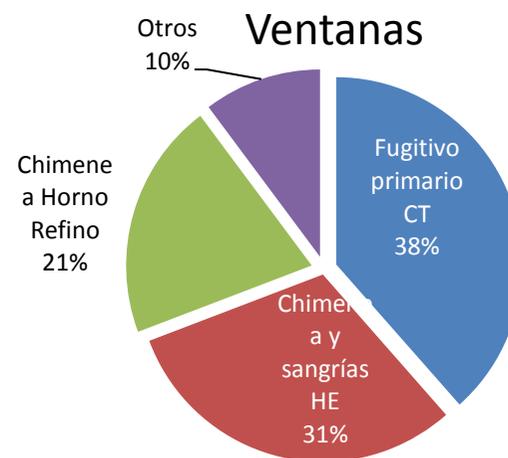
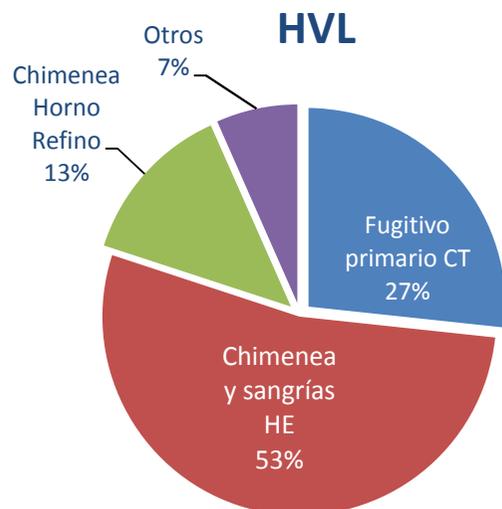
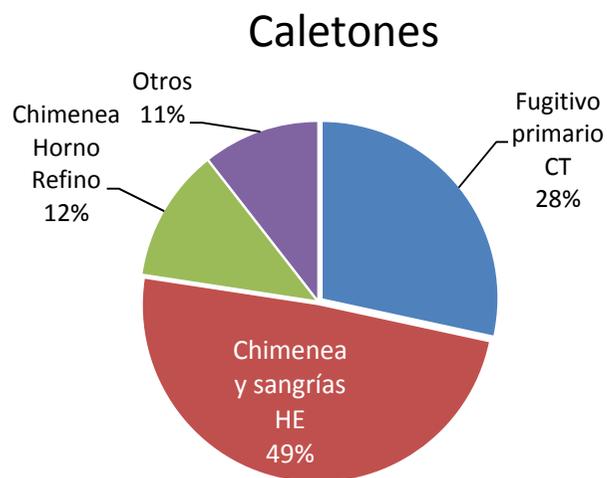
Reducción de Arsénico (ton/año), 96% de captura y fijación



Distribución de las emisiones de Arsénico



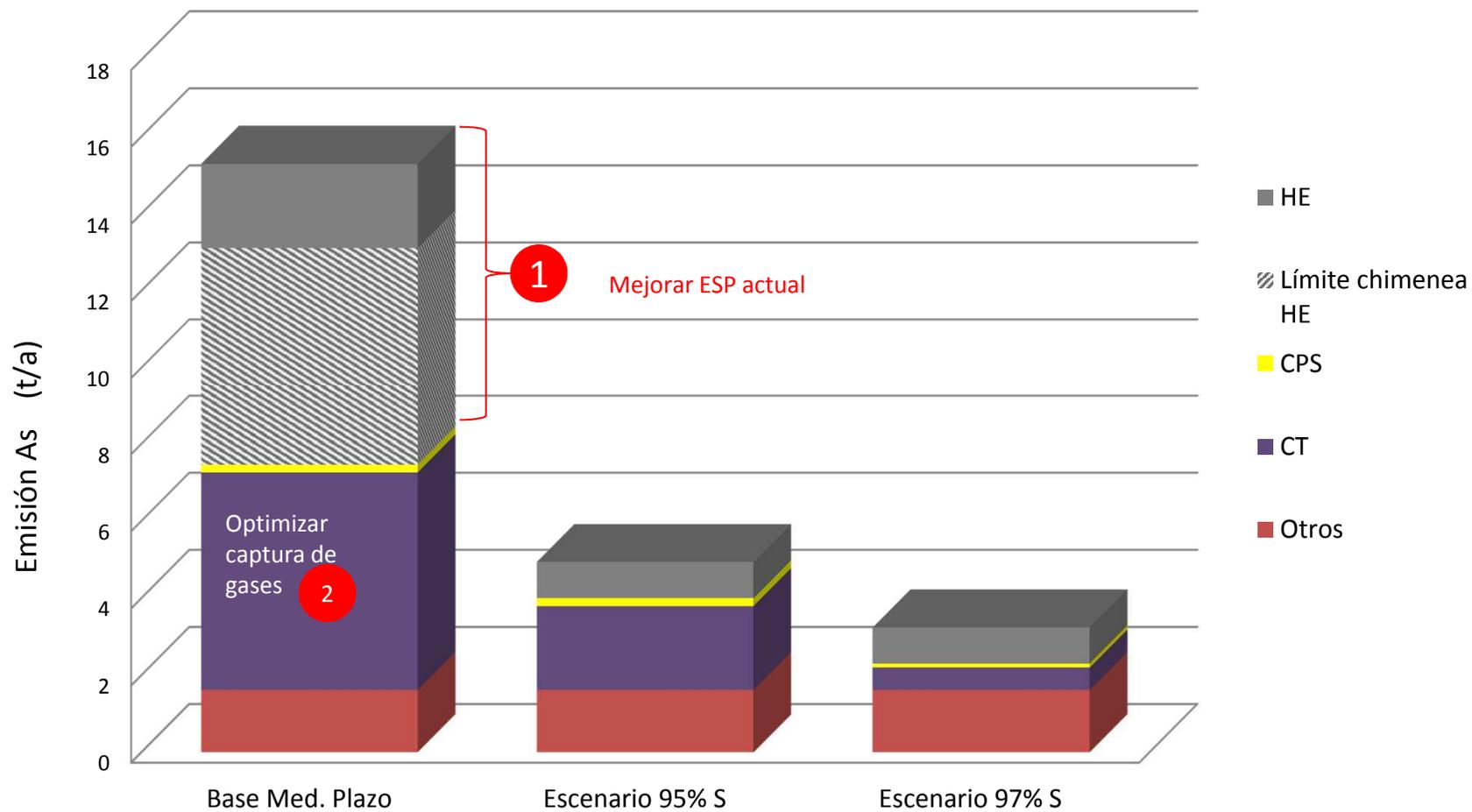
Las principales emisiones de Arsénico provienen del Horno limpieza de escoria (50%), emisiones fugitivas de la fusión CT (30%) y del Horno de refino (10%)



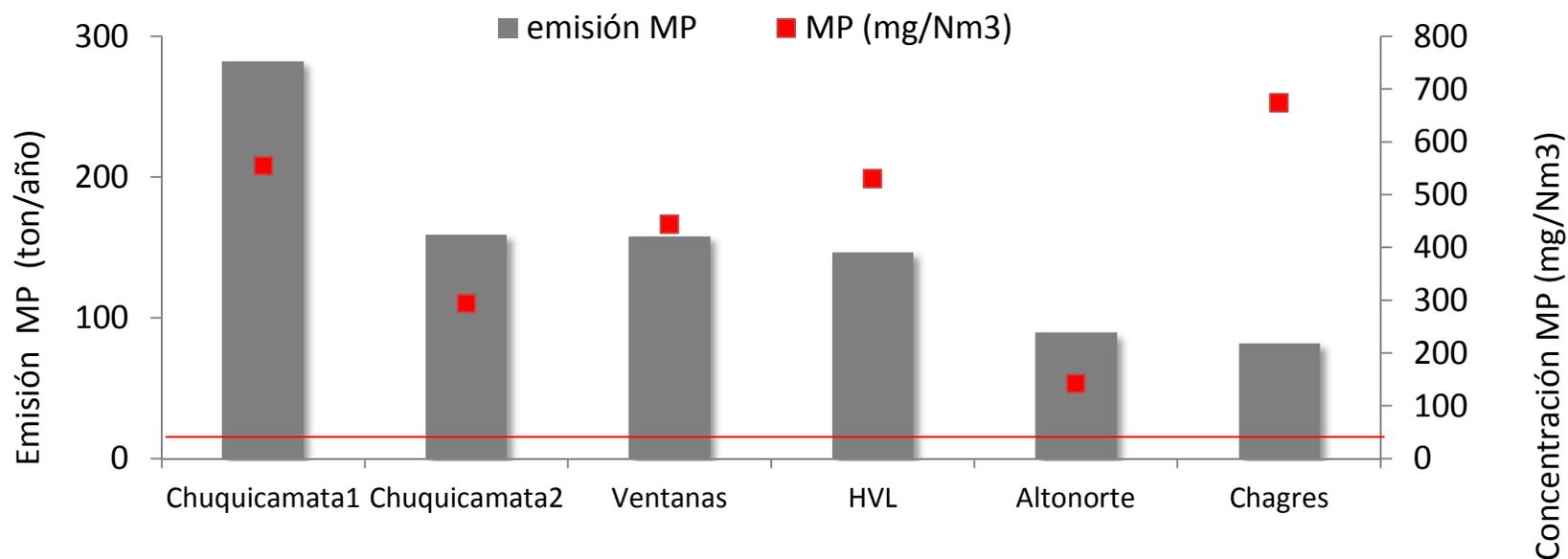
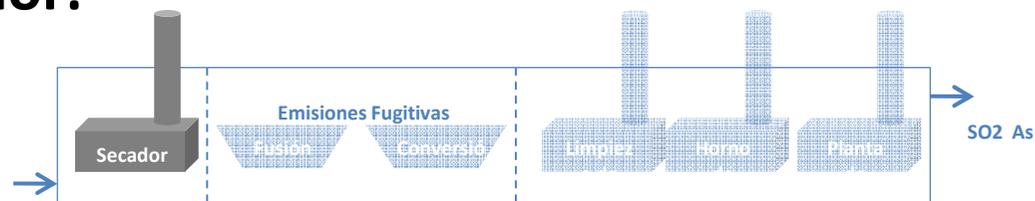
Otros: fugitivos transporte ollas de escoria y metal blanco o mata y fugitivo sangría CT

Ejemplo de potencial de reducción de emisiones

Reducción Emisión As Fundición Hernán Videla Lira



Emisiones declaradas del Secador:



- Todas las fundiciones cuentan con equipo de control (FF y ESP).
- Las emisiones declaradas muestran que se pierde concentrados y que los equipos no cuentan con una adecuada operación y mantención
- El Banco Mundial propone regular los secadores con un valor entre 5 y 10 mg MP/m³- N.
- El límite de emisión del anteproyecto es de 50 mg/m³-N

4. Objetivo y resumen del anteproyecto

4. Objetivo de protección

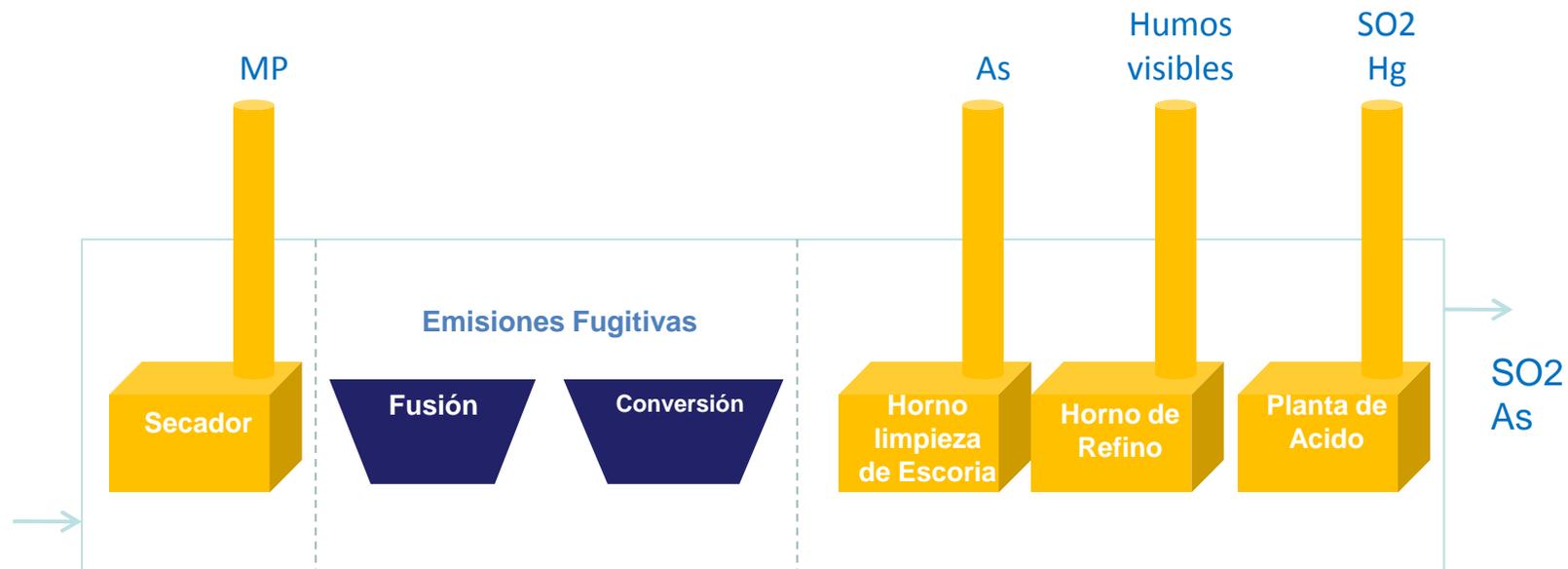
La norma de emisión para fundiciones de cobre y toda fuente emisora de arsénico, tiene por objeto proteger la salud de las personas y el medio ambiente, en todo el territorio nacional.

Como resultado de su aplicación se reducirá las emisiones al aire de material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂), arsénico (As) y mercurio (Hg).

4. Objetivo de protección

Con las reducciones logradas se mejorará el comportamiento ambiental de operación de las fuentes emisoras en el corto y largo plazo.

Esto se traduce en limitar las emisiones anuales de la fuente a una tasa de emisión máxima y a exigir el cumplimiento de límites de emisión en chimenea de operaciones unitarias relevantes.



Resumen del anteproyecto

1. Contaminantes a regular: SO₂, As, Hg, MP

2. Fuente: fundición de cobre y toda fuente contenido de As > 0,05%

3. Exigencias de la regulación:

Limite de emisión SO₂ condicionada a un % de captura/fijación

Limite de emisión As, un punto adicional a captura de SO₂, % de captura/fijación

Límite en chimenea operaciones unitarias contaminantes

Eliminación de humos visibles

4. Metodología de medición:

Balance de masa, validado para reducir error

Medición en chimenea

5. Otros: Reportar indicadores de desempeño

Kg de SO₂/ t de Cu anódico

g de As/ t de Cu anódico

7. Fiscalizador: Superintendencia del Medio Ambiente

Gracias por su atención!