

Comisión Chilena del Cobre

Unidad de Asuntos Internacionales y Medio Ambiente
Dirección de Evaluación de Gestión Estratégica

DOCUMENTO RESERVADO

**ANALISIS DE LAS INVERSIONES AMBIENTALES
DE LAS FUNDICIONES ESTATALES**

AÑO 2003

RESUMEN EJECUTIVO

Desde los últimos años de la década de los 80, las fundiciones estatales de concentrados de cobre¹ han invertido aproximadamente US\$ 1.497 millones² para ajustar sus operaciones a las nuevas normativas ambientales, en particular de calidad del aire, que se han establecido en el país.

El objetivo de este documento es determinar la efectividad de las inversiones realizadas en el período 1989-2002, y se limita a las fundiciones estatales sometidas a planes de descontaminación, para dar cumplimiento a las normas vigentes de calidad del aire (anhídrido sulfuroso y material particulado) y de emisión de arsénico.

Considerando la magnitud de las inversiones realizadas y que el proceso normativo podría demandar nuevas inversiones en los próximos años³, se estimó necesario realizar también un análisis de las principales tendencias en materia de regulación ambiental que afectan a las fundiciones de concentrado a nivel mundial, a fin de tener una visión prospectiva respecto a regulaciones que pudieran enfrentar a futuro las fundiciones nacionales.

La información para realizar este análisis se obtuvo directamente de las empresas involucradas en lo concerniente a: proyectos de inversión, costos ambientales y datos operacionales. Los antecedentes respecto de calidad ambiental fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). En lo relativo a las normativas internacionales, las fuentes fueron diversas y se detallan en las referencias bibliográficas. Toda la información anterior se validó y complementó con la información disponible en la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO).

En primer término, el documento describe los planes de descontaminación y los proyectos de inversión asociados de cada una de las fundiciones y analiza la información ambiental en cuanto a emisiones y calidad del aire, comparándola con la normativa vigente. Para efectos del análisis y teniendo en consideración las características singulares de cada una de las redes de monitoreo, se definieron algunos indicadores uniformes, tales como: concentración promedio anual de SO₂ de todas las estaciones de monitoreo; concentración máxima de SO₂ en cualquiera de las estaciones; número de excedencias de la norma primaria diaria y secundaria horaria de SO₂; número de episodios críticos, y días sobre la norma diaria de material particulado.

Adicionalmente, se realizó un balance de azufre para cada una de las fundiciones y se compararon las emisiones de arsénico con los límites establecidos en la norma respectiva.

¹ Fundiciones Chuquicamata, Potrerillos y Caletones de Codelco-Chile y Hernán Videla Lira (Paipote) y Ventanas de la Empresa Nacional de Minería.

² Moneda de Diciembre de 2002.

³ De acuerdo a la legislación vigente las normas en Chile se revisan obligatoriamente cada cinco años.

En relación con las inversiones, se consideraron todos aquellos proyectos que, en opinión de los especialistas, se orientaban en forma directa o indirecta al abatimiento de SO₂, material particulado y arsénico, y cumplimiento de la normativa.

Se solicitó a cada faena que informara el calendario de inversiones asociado a cada uno de los proyectos, su fecha de entrada en operación y su condición operacional actual. Con esta información se construyó una curva de inversión acumulada en moneda de igual valor (US\$ de diciembre de 2002) versus la evolución de los porcentajes de captación de SO₂.

Con los antecedentes inversionales proporcionados por las fundiciones se generaron dos indicadores: el primero corresponde al promedio de dólares invertidos por tonelada de azufre abatida; y el segundo, muestra la inversión anualizada también por tonelada de azufre abatido, ambos para el conjunto y cada una de las instalaciones.

También se calculó para el período en análisis un coeficiente de toneladas de SO₂ emitido por tonelada de cobre blister producido para cada una de las fundiciones.

Para los efectos de este documento, los costos ambientales se definen como los costos asociados a la operación y mantención de los sistemas de captación, manejo y limpieza de gases, plantas de ácido sulfúrico, instalaciones anexas y disposición final de residuos. Con esta definición se pretendió obviar las dificultades para obtener los antecedentes de costos de cada una de las empresas, debido a los diferentes sistemas de contabilización de cada una de ellas. Se incluyen en éstos los costos de flete de ácido sulfúrico, en aquellos casos en que la fundición incurre en ellos.

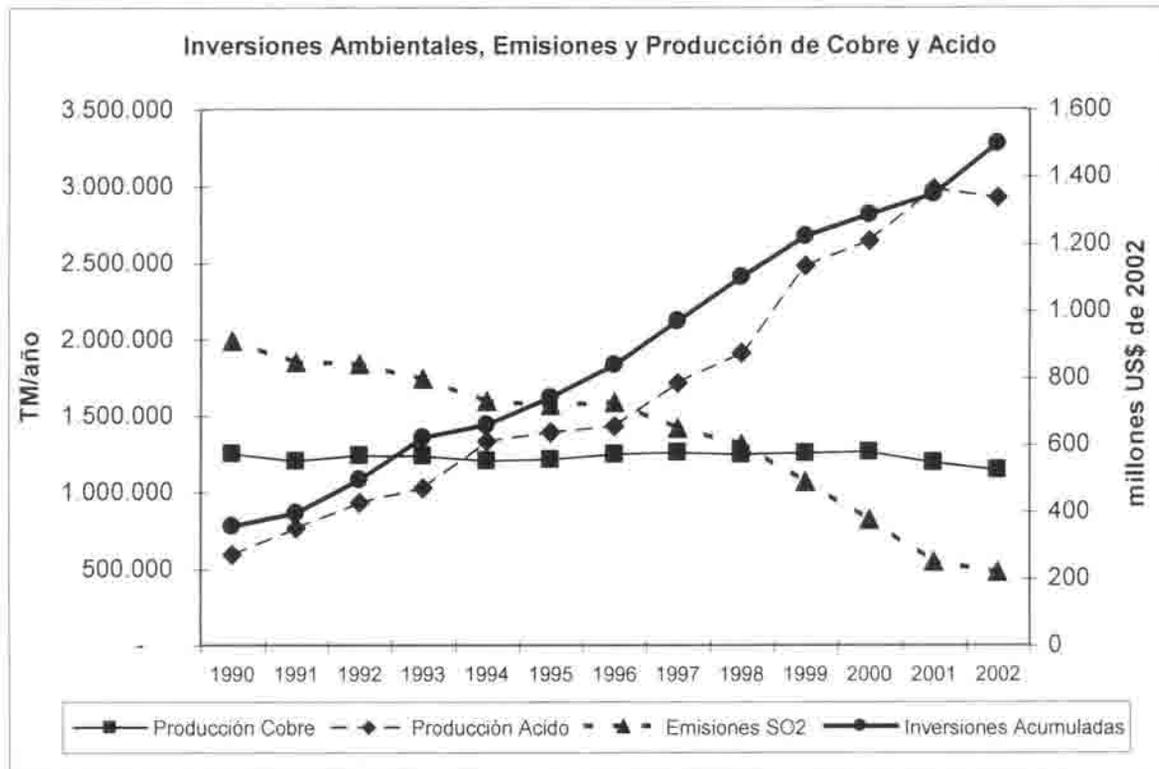
Se solicitó también las producciones de ácido sulfúrico, los volúmenes transados y los respectivos precios de venta. Los costos e ingresos por venta de ácido sulfúrico permiten determinar el margen de contribución a los costos totales de la fundición, y visualizar las diferentes situaciones que se producen en sus costos netos, dependiendo de la localización geográfica de la faena.

En el período en análisis, la capacidad promedio de fusión de concentrado fue de 3,9 millones de toneladas, con un máximo en el año 1999 de 4,2 millones de toneladas y un mínimo de 3,6 millones de toneladas en el año 1991.

El azufre abatido por el conjunto de fundiciones estatales se incrementa desde un valor de 0,14 millones de toneladas el año 1990 a 1 millón de toneladas el año 2002. Lo anterior significa llevar los niveles de captación de azufre, en promedio, desde un 19 % a un 80 %.

El total de inversiones implementadas hasta fines del año 2002 es de US\$ 1.497 millones, valor que considera los montos de inversión gastados en proyectos que se encuentran actualmente en ejecución en Chuquicamata, Potrerillos y El Teniente, proyectos que impactarán, recién a partir del año 2003, los niveles de captación de azufre y de procesamiento de concentrados. En promedio, el conjunto de fundiciones ha gastado US\$1.526 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2002, valor que

debiera disminuir en la medida que Chuquicamata, Caletones y Potrerillos finalicen sus proyectos en ejecución.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

Las emisiones de SO₂ se han reducido de un nivel cercano a las 2 millones de toneladas en 1990, a 480 mil toneladas en el año 2002 (reducción de 76%), lo que ha significado que la producción de ácido sulfúrico proveniente de las cinco fundiciones estatales se ha incrementado en un 395%. Por su parte, la producción de cobre blister prácticamente no experimenta variaciones en el período de 13 años, con un promedio de 1,2 millones de toneladas.

En la tabla siguiente se observa el porcentaje del total de recursos invertidos en relación con la capacidad de tratamiento de concentrados de cada una de las fundiciones. Las cifras muestran que, en principio, no es evidente una relación de escala entre monto de inversión y tamaño de la instalación. Resalta el caso de la fundición de Caletones, en que, con el 29,7% de la capacidad instalada ha invertido sólo el 15% del total de la inversión acumulada. Esta situación se explica por el avance de los programas de inversión asociados a los planes de descontaminación, la naturaleza de los proyectos que se incluyen como inversiones ambientales y el año en que se empiezan a contabilizar estas inversiones.

Fundición	% Inversión	% Capacidad
Chuquicamata	51,5	40,9
Caletones	15,0	29,5
Potrerillos	16,7	12,5
Ventanas	8,8	9,7
H. Videla Lira	8,0	7,4

A nivel internacional, para comparar el desempeño en relación a las emisiones de anhídrido sulfuroso de las fundiciones de concentrados de cobre, se utiliza el coeficiente entre las toneladas de SO₂ emitido y las toneladas de cobre producido por la fundición. A continuación se muestran los valores de este indicador para las fundiciones estatales en el año 2002.

Fundición	TM SO ₂ emitido / TM Cu Blister	Emisiones SO ₂ en año 2002
Paipote	0,275	25.400
Ventanas	0,298	32.780
Caletones	0,592	216.068
Potrerillos (*)	0,661	99.198
Chuquicamata	0,335	148.200
Promedio 5 Fundiciones	0,420	480.080

Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

(*) Cifras del año 2001

Los valores determinados para las fundiciones estatales chilenas se comparan favorablemente con aquellos que se encuentran en la literatura para fundiciones con características similares en Canadá, como por ejemplo, la fundición Rouyn-Noranda y Gaspé, ambas en Québec, y la fundición Copper Cliff de Inco en Sudbury (Ontario), que muestran para el año 2001 valores de 0,4; 0,364 y 1,07 respectivamente (Ver Anexo 2). No obstante, al considerar el concepto de la mejor tecnología disponible para fundiciones primarias de cobre, concepto de creciente utilización a nivel mundial, se debiera tomar como referencia el indicador que presenta la fundición de Kennecott en Utah⁴, el que alcanza un valor aproximado de 0,003 TM SO₂ /TM Cu producido.

En cuanto a los costos ambientales del conjunto de fundiciones, hasta el año 1999 los créditos por la venta de ácido sulfúrico cubrían los costos ambientales, situación que se revierte a partir de ese año, como resultado de la entrada en operaciones de la primera planta de ácido sulfúrico de Caletones.

En promedio para el año 2002 los costos ambientales por tonelada de azufre abatido fueron de US\$ 97,5.

Al realizar un análisis detallado para cada fundición de la efectividad de las inversiones ambientales en relación con la calidad del aire, se tiene que:

⁴ Esta fundición utiliza la tecnología de fusión y conversión Flash Outokumpu, en lugar de la fusión en baño usada mayoritariamente por nuestras fundiciones

Paipote

Las emisiones anuales de azufre han disminuido entre 1990 y el 2002 en un 67 %, no obstante que en el mismo período el volumen de concentrado procesado se incrementó en un 42 %. Los niveles de captación de azufre se han estabilizado a partir del año 1999 en valores cercanos al 88 %.

La reducción de emisiones de azufre ha significado una mejora sustancial de la calidad del aire en la zona circundante a la Fundición Paipote, que se refleja en la variación experimentada por los siguientes indicadores: la concentración promedio anual de SO_2 de todas las estaciones de monitoreo, que en el año 1993 tenía un valor de $157,1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ disminuyó a $14,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ en el año 2002 (Norma = $80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$); el número de episodios críticos⁵ en el mismo período se redujo de 445 a cero; y el número de veces que se superó la norma diaria disminuyó de 155 a cero. Todo lo anterior se ha reflejado en el cumplimiento de la norma primaria anual, primaria diaria y secundaria horaria para anhídrido sulfuroso. También está cumpliendo la norma de emisión de arsénico y de calidad de material particulado.

Las inversiones ambientales realizadas por la fundición Paipote ascienden a US\$ 119,2 millones, en moneda del año 2002. En promedio, la fundición ha invertido US\$ 1.309 por tonelada de azufre abatido, medido en el año 2002. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 78,4 por tonelada de azufre abatido. En relación a los costos ambientales, en el período en análisis los ingresos provenientes de la venta de ácido han más que compensado los costos ambientales incurridos por la fundición.

Por lo tanto, se puede afirmar que el Plan de Descontaminación de la Fundición Paipote logró sus objetivos desde el punto de vista de la protección de la salud de la población y los ecosistemas.

Ventanas

Las emisiones anuales de azufre de la fundición han disminuido entre 1990 y el 2002 en un 75,6% y el volumen de concentrado fundido también ha bajado, de niveles del orden de 460.000 TM/año en los años 1992-93 a 400.000 TM/año en los últimos años. Los niveles de captación de azufre se han estabilizado a partir del año 1999 en valores cercanos al 88 %.

La reducción de emisiones de azufre ha significado una importante mejora de la calidad del aire en la zona circundante a la Fundición Ventanas, que se refleja en la variación experimentada por los siguientes indicadores: la concentración promedio anual de SO_2 de todas las estaciones de monitoreo, que en el año 1994 tenía un valor de $118,7 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ disminuyó a $26,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ en el año 2002 (Norma = $80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$); el número de episodios críticos en el mismo período se redujo de 81 a cero; y el número de veces que se superó la norma diaria disminuyó de 190 a cero. Por lo tanto, la Fundición Ventanas está dando cumplimiento a la norma primaria anual y diaria para anhídrido

⁵ Concentraciones horarias del contaminante mayores a $1.963 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

sulfuroso. Cumple también la norma de emisión de arsénico y de calidad primaria de material particulado.

En relación con la norma secundaria horaria, orientada a la protección de cultivos agrícolas y ecosistemas, ésta no se está cumpliendo.

La adecuación de las operaciones para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación significó a la Fundición Ventanas inversiones por un monto de US\$ 131,5 millones. En promedio, la fundición ha invertido US\$ 1.137 por tonelada de azufre abatido, medido en el año 2002. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 105,2 por tonelada de azufre abatido. En cuanto a los costos ambientales, en el período en análisis, los ingresos provenientes de la venta de ácido han generado un margen positivo.

El Plan de Descontaminación de la Fundición Ventanas ha cumplido con su objetivo de proteger la salud de la población, no obstante que aún presenta dificultades en relación con la protección de los ecosistemas y cultivos agrícolas.

Caletones

La Fundición Caletones ha dado cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones, tanto de anhídrido sulfuroso como de material particulado, establecido en el Plan de Descontaminación. En el período comprendido entre los años 1992 y 2002 las emisiones de azufre se redujeron en un 73%, alcanzando niveles de captación del mismo orden de magnitud.

La reducción de emisiones de azufre ha significado una mejora sustancial de la calidad del aire en la zona circundante a la Fundición Caletones, que se refleja en la variación experimentada por los siguientes indicadores: la concentración promedio anual de SO_2 de todas las estaciones de monitoreo, que en el año 1993 tenía un valor de $1.248 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ disminuyó a $40 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ en el año 2002, considerando el monitor del Campamento de Sewell sólo hasta el año 1998, fecha en que se erradicó la población (Norma = $80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$); el número de episodios críticos en el mismo período se redujo de 171 a 2; y el número de veces que se superó la norma diaria disminuyó de 57 a 5. En la actualidad se está dando cumplimiento a la norma primaria anual y diaria y secundaria horaria para anhídrido sulfuroso y la norma primaria diaria de material particulado respirable.

En cuanto a las emisiones de arsénico, la Fundición de Caletones las redujo en un 91% entre los años 1996 y 2002, con lo que se está dando cumplimiento al límite de emisión establecido por la norma.

Las inversiones realizadas la División El Teniente para cumplir lo establecido en el Plan de Descontaminación y las normas de calidad del aire y de emisión de arsénico ascienden a US\$ 224,5 millones.

En promedio, la fundición ha invertido US\$ 813 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2002; la inversión anualizada para el mismo año es de US\$ 46,4 por tonelada de azufre abatido.

En el período en análisis, los ingresos provenientes de la venta de ácido no han compensado los costos ambientales incurridos por la fundición. Se consideran como parte de estos costos los costos de transporte de ácido sulfúrico desde Caletones al punto de venta (Mejillones).

De los antecedentes anteriores se desprende que el Plan de Descontaminación de la Fundición Caletones logró sus objetivos.

Potrerrillos

La Fundición Potrerillos ha dado cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones, tanto de anhídrido sulfuroso como de material particulado, establecido en el Plan de Descontaminación. En el período comprendido entre los años 1996 y 2002 las emisiones de azufre se redujeron en un 83%, alcanzando niveles de captación del orden de 72%.

Por su parte, las emisiones de arsénico se redujeron en un 87% entre los años 1998 y 2002, incrementándose los niveles de captación de un 21% a un 78,5%, con lo que se está dando cumplimiento al límite de emisión.

El Plan de Descontaminación exige el cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire sólo a contar del año 2003. Es importante destacar que el proceso de traslado de la población de Potrerillos terminó en noviembre de 1999, habilitándose, a unos 3 kilómetros al noroeste de la fundición y fuera del área saturada, un campamento dormitorio para los trabajadores, por lo que no existe población expuesta en el área declarada saturada, excepto la que labora en la fundición y refinería.

Las inversiones realizadas por la Fundición de Potrerillos, asociadas a los proyectos y acciones orientados a dar cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones y la normativa de calidad del aire y de emisión de arsénico, ascienden a US\$ 250 millones.

En promedio, la fundición ha invertido US\$ 1.724 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2001. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 131,6 por tonelada de azufre abatido.

En relación a los costos ambientales, en el período en análisis, los ingresos provenientes de la venta de ácido han compensado los costos ambientales incurridos por la fundición.

Teniendo en consideración el programa de inversiones implementado por la fundición, y el traslado del campamento Potrerillos (1999), se puede afirmar que se han logrado los objetivos del Plan de Descontaminación, no obstante que se mantienen altos niveles de concentración de SO₂ en el entorno de la fundición. Como no hay población expuesta,

excepto los trabajadores durante la jornada laboral, las autoridades competentes deberían buscar alguna salida legal para dar por finalizado el plan y levantar la zona saturada.

Chuquicamata

La Fundición Chuquicamata dio cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones que establecía el Plan de Descontaminación original, el que finalizó el año 1998. No obstante lo anterior, y debido a que los niveles de concentración de SO₂ se mantuvieron por sobre las normas primarias anuales y diarias, fue necesario reformular el Plan. El nuevo cronograma de reducción de emisiones que finaliza el año 2003, ha sido cumplido por la fundición.

En el período comprendido entre los años 1993 y 2002 las emisiones de azufre se redujeron en casi un 80%, alcanzando niveles de captación cercanos al 86%, según lo informado por la empresa. Esta reducción de emisiones significó una mejora en las condiciones ambientales del Campamento de Chuquicamata; la concentración promedio anual de todas las estaciones de monitoreo, que el año 1993 tenía un valor de 182 µg/Nm³ disminuyó a 84 µg/Nm³ en el año 2002, el número de veces que se excede la norma diaria disminuyó de 69 a 11, y el número de episodios críticos pasó de 221 a 88.

Las inversiones realizadas alcanzan a un monto aproximado de US\$ 771,8 millones, que resultan en una inversión promedio de US\$ 1.870 por tonelada de azufre abatido y una inversión anualizada de US\$ 153,4 por tonelada de azufre abatido, ambas medidas el año 2002.

En relación a los costos ambientales, se distingue un primer período en que los ingresos provenientes de la venta de ácido han compensado ampliamente los costos ambientales incurridos por la fundición, y un segundo período, a partir del año 2000, en que los ingresos por venta de ácido son inferiores o muy similares a los costos.

No obstante el alto monto de inversiones materializadas, actualmente los niveles de concentración de SO₂ exceden, en el campamento de Chuquicamata, los niveles de la norma primaria diaria y anual, lo que permite inferir que es poco probable que el Plan Reformulado cumpla sus objetivos. En relación con la norma de emisión de arsénico, ésta se está cumpliendo, pero asociada a reducciones en el nivel de fusión de concentrado, producto del atraso en el traslado del campamento.

Del análisis de las tendencias regulatorias a nivel mundial que afectan a las fundiciones de concentrado de cobre se puede concluir que, los valores vigentes en Chile, en particular para SO₂ y material particulado, son similares a aquellos que se aplican en países desarrollados. Para el cumplimiento de estas normas, que han estado en vigencia en el mundo desde la década del 70, las instalaciones que operan en dichos países han debido introducir tecnología que les permita llevar los niveles de captación y abatimiento de contaminantes, principalmente azufre y material particulado, a valores superiores al 95%, los que en algunos casos superan al 99%.

Teniendo en consideración lo anterior, y ponderando el esfuerzo inversional y tecnológico realizado por las fundiciones estatales, se visualiza como una tarea relevante para el corto y mediano plazo, evaluar el potencial de la tecnología en uso en dichas fundiciones, que permita aproximarse a los niveles de captación mencionados, toda vez que la globalización de los mercados eventualmente obligará a la industria chilena de fundiciones a cumplir estándares internacionales.

1. INTRODUCCION

Desde los últimos años de la década de los 80, las fundiciones estatales de concentrados de cobre han invertido aproximadamente US\$ 1.497 millones⁶ para ajustar sus operaciones a las nuevas normativas ambientales, en particular de calidad del aire, que se han establecido en el país. Estas inversiones se encuentran mayoritariamente en su fase final, lo que hace necesario evaluar sus resultados, desde el punto de vista del cumplimiento de la normativa.

Considerando la magnitud de las inversiones realizadas y que el proceso normativo podría demandar nuevas inversiones en los próximos años, se estima necesario realizar también un análisis de las principales tendencias en materia de regulación ambiental que afectan a las fundiciones de cobre a nivel mundial, a fin de tener una visión a largo plazo respecto a regulaciones que pudieran enfrentar las fundiciones de cobre chilenas, considerando esto como una oportunidad de competitividad de sus productos en el acceso a mercados internacionales.

1.1 Objetivo

El objetivo de este informe es determinar la efectividad de las inversiones realizadas para el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, así como también, estimar el impacto de futuras normas ambientales en la industria de fundiciones estatales.

1.2 Aspectos Metodológicos

En el primer capítulo de este informe se describen los planes de descontaminación de cada una de las fundiciones. Luego, se analiza la información ambiental, en cuanto a emisiones y calidad del aire para anhídrido sulfuroso y material particulado, en comparación con la normativa vigente. La información ambiental se obtuvo de los reportes anuales de avance que elabora CONAMA, como así mismo de información que fue solicitada directamente a las fundiciones.

Los antecedentes operacionales, para el período 1989-2002, fueron proporcionados por cada fundición, y complementada con información disponible en COCHILCO. Con estos antecedentes se determinó el tonelaje de azufre abatido o capturado, considerando el azufre contenido en los concentrados que se alimentan a cada fundición y el porcentaje de captación reportado por cada una de ellas.

En cuanto a las inversiones, para el análisis se consideró aquellas orientadas al control de la calidad del aire y que se materializaron en el período 1989-2002. Esta información fue proporcionada por las Empresas y validada por COCHILCO.

En el capítulo de Análisis de Costos e Inversiones Ambientales se presentan algunos indicadores que reflejan, para cada fundición, el nivel de inversiones realizadas

⁶ Moneda de Diciembre de 2002.

respecto al azufre abatido, así como también, el impacto en el costo de captar y tratar estos gases, asumiendo como ingreso la venta del ácido sulfúrico producido.

2. INFORMACION AMBIENTAL

A continuación se describen los planes de descontaminación de cada una de las fundiciones estatales y los resultados obtenidos, en materia de calidad del aire y cumplimiento de la normativa.

La Norma de Calidad Primaria⁷ para anhídrido sulfuroso que establecía el D.S. N° 185/91 (Minería) era de 80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ como concentración media anual y de 365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ como concentración media diaria. Este último valor fue modificado por el D.S. N° 113/02 (SEGPRES), reduciéndose a 250 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, valor que entrará en vigencia a contar del 1° de abril de 2006.

La Norma de Calidad Primaria para material particulado respirable MP10, establecida por el D.S. N° 59/98 (SEGPRES), tiene un valor de 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, como concentración de 24 horas.

La Norma de Calidad Secundaria⁸ para anhídrido sulfuroso que establece el Art. 6° del D.S. N° 185/91 (Minería) tiene un valor de 1.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ como concentración máxima en una hora, desde la VI Región al norte.

2.1 FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA (PAIPOTE)

2.1.1 Antecedentes

El artículo 7° transitorio del D.S. N° 185/91 (Minería) obligó a la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) a instalar una red permanente de monitoreo de calidad del aire en la zona circundante a la Fundición Hernán Videla Lira antes del 30 de junio de 1992. La información recogida por esta red de monitoreo demostró que en algunos lugares aledaños a la Fundición se sobrepasaba en algunas oportunidades la norma primaria de anhídrido sulfuroso en su nivel diario, como asimismo se superaba en numerosas ocasiones la norma secundaria del contaminante en sus niveles horarios. La zona fue declarada saturada por anhídrido sulfuroso mediante D.S. N° 255/93 (Agricultura).

Producto de la declaración de zona saturada, la Empresa Nacional de Minería presentó en noviembre de 1993 un Plan de Descontaminación al Intendente de la III Región, el que fue aprobado mediante D.S. N° 180/94 (SEGPRES). En dicho Plan se estableció un

⁷ La normas primarias de calidad ambiental son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia. (Art. 2° D.S. N° 93/95 (SEGPRES)).

⁸ La normas secundarias de calidad ambiental son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. (Art. 3° D.S. N° 93/95 (SEGPRES)).

cronograma de reducción de emisiones para anhídrido sulfuroso, expresadas como azufre, y a proposición de la ENAMI se estableció, además, un cronograma de reducción de emisiones de arsénico y material particulado.

Tabla 1
Cronograma de Reducción de Emisiones

Año	Azufre		Arsénico		Material Particulado
	TM/mes (1)	TM/mes (2)	TM/año	TM/mes	TM/año
1995	2.200	3.700	84	7	1.500
1996	2.200	3.700	84	7	1.500
1997	2.200	3.700	84	7	1.500
1998	2.200	2.600	84	7	1.000
1999	1.666	1.666	42	3,5	600
2000	(*)	(*)	28	2,3	600

(1) Meses de junio, julio y agosto

(2) Meses de septiembre a mayo inclusive

(*) Cumplimiento de normas de calidad del aire

Cabe destacar que, el D.S. N° 165/98 (SEGPRES), que establece la Norma de Emisión⁹ para la regulación del contaminante Arsénico emitido al aire, en su artículo 6° le estableció nuevos límites y plazos a la Fundición Hernán Videla Lira, a saber, desde el año 2000 la emisión es de 42 TM/año y desde el año 2003 el límite es de 34 TM/año.

2.1.2 El Plan de Descontaminación

El Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira consistió en la modificación del proceso productivo a través de un cambio tecnológico, con el propósito de reducir las emisiones gaseosas y de material particulado a la atmósfera. El plan se complementa con tres instrumentos de gestión, cuyo objetivo fundamental es controlar la ocurrencia de episodios críticos de contaminación y mantener permanentemente informada a la comunidad afectada. Estos instrumentos corresponden a un plan operacional de control de eventos críticos, un sistema meteorológico predictivo de episodios críticos y un plan comunicacional.

- Proyecto de Modernización de la Fundición

El proyecto consistió en la eliminación del horno reverbero, realizando la fusión en un Convertidor Teniente (CT) de 3,9 m. de diámetro por 14,9 m. de largo, con uso de oxígeno e inyección de concentrado seco por toberas al reactor. La etapa de conversión no sufre grandes modificaciones, transformándose los convertidores Hoboken en convertidores Peirce-Smith (julio de 1996) donde se procesa todo el metal blanco generado por el CT más el eje de alta ley generado en el horno eléctrico de tratamiento de escorias.

⁹ Las Normas de Emisión son aquellas que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora (Art. 4° D.S. N° 93/95 (SEGPRES)).

Las modificaciones introducidas en la etapa de fusión implicaron la instalación de una planta de oxígeno (Octubre 1997); un secador de concentrados (0% de humedad) con un sistema de inyección presurizada al CT (1997); una segunda planta de ácido de 70.000 Nm³/h (Diciembre 1996); las adecuaciones necesarias para el manejo de los gases; y un horno eléctrico de tratamiento de escorias (Octubre 2002). Debido al atraso en el subproyecto Tratamiento de Escorias, durante 1998 en las instalaciones del horno reverbero se habilitó un horno decantador con quemadores oxígeno-petróleo para el tratamiento parcial de las escorias del CT, de manera de reducir el contenido de cobre en la escoria, para su posterior enfriamiento controlado y envío a procesamiento por flotación en Planta Matta.

- **Los Complementos del Plan de Descontaminación**

El carácter episódico de la contaminación en el Valle de Copiapó ha significado que se planteen exigencias adicionales para la Fundición Hernán Videla Lira, que se expresan en los complementos del Plan, definidos en el Decreto aprobatorio del mismo. Estos complementos corresponden a un plan operacional de control de eventos críticos, un sistema meteorológico predictivo de episodios críticos y un plan comunicacional.

Plan Operacional

Desde diciembre de 1998, una vez que se detuvo el horno reverbero, opera un Plan Operacional de tipo permanente, basado en la capacidad de tratamiento de gases de las plantas de ácido y apoyado por un servicio de meteorología de la empresa, quien entrega pronósticos de las condiciones de dispersión de contaminantes en forma periódica al Jefe de Turno de la fundición, de manera de hacer un control estricto de las emisiones fugitivas en el proceso de conversión.

El Sistema Meteorológico Predictivo de Episodios Críticos

La aplicación del sistema de predicción está fundamentalmente orientada a anticipar la manifestación de condiciones atmosféricas de alta estabilidad, en cuyo caso la dispersión de los gases se dificulta y las concentraciones de SO₂ se elevan. El análisis de las condiciones meteorológicas permite pronosticar, con un cierto grado de certeza, las características que presentará la atmósfera durante la mañana siguiente, en cuanto a la situación de la capa de inversión térmica, la velocidad y dirección del viento y la estabilidad de la atmósfera. Con estos antecedentes es posible conocer la capacidad de dispersión que presentará la atmósfera en el área de influencia de la fundición y de este modo actuar sobre el aspecto operacional de la planta.

Este instrumento funciona desde diciembre de 1995. Consiste en un complejo sistema de predicción meteorológica, constituido por tres niveles de determinación del comportamiento de la atmósfera, los que corresponden a una macro, meso y microescala. Estos tres niveles consideran el tratamiento de información meteorológica de superficie, que es levantada a partir de una red de estaciones aparejadas a la red de monitoreo de calidad del aire, más una estación central instalada en la fundición; información meteorológica de altura, obtenida desde un sondaador acústico instalado cercano a la fundición; y en tercer lugar, se obtiene información sinóptica, a través de una conexión vía Internet.

El conjunto de estos antecedentes son procesados por el Centro de Predicción Meteorológica que opera en la fundición las 24 horas del día. Su función principal es la realización de modelaciones meteorológicas, pronósticos a escala sinóptica, pronósticos meteorológicos generales, análisis meteorológicos locales de altura y superficie, para llegar finalmente a un pronóstico meteorológico local. Los resultados de estos análisis permiten recomendar niveles de fusión o restricciones operacionales, que posibilitan el control de potenciales episodios contaminantes.

Si los resultados de los análisis y pronósticos meteorológicos detectan condiciones atmosféricas adversas para la dispersión de los contaminantes, se procede a activar el Plan Operacional en sus diversos niveles de implementación, dependiendo del grado de adversidad que se presente para la dispersión. Las restricciones operacionales podrán ir desde la operación preventiva, pasando por la operación restrictiva, hasta la operación con restricción extrema. En otros términos, los diferentes análisis de comportamiento de la meteorología permiten hacer las recomendaciones más adecuadas para la operación, lo cual se traduce en niveles de fusión y emisión determinados.

El Plan Comunicacional

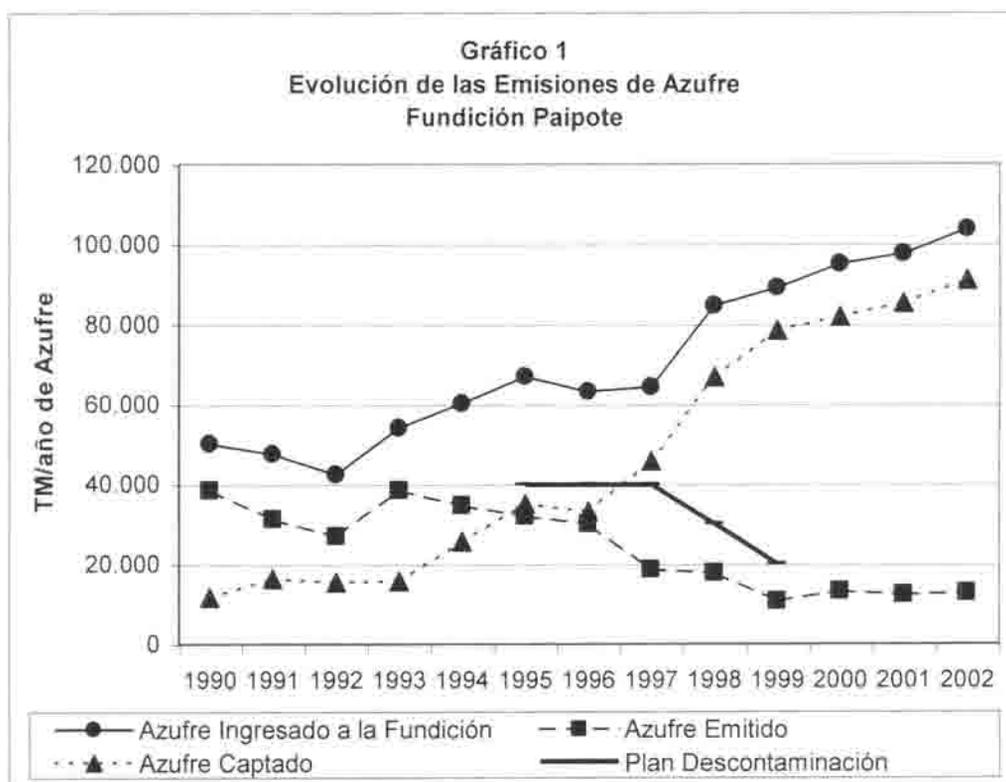
Funciona desde marzo 1996 y tiene como objetivo mantener permanentemente informada a la comunidad y a las autoridades respecto de los niveles que alcanza la concentración de anhídrido sulfuroso durante el período del día afecto a la ocurrencia de alguna situación de elevación de los índices, es decir, las mañanas.

La Dirección Regional de la Comisión Nacional del Medio Ambiente ha tomado bajo su responsabilidad la entrega de la información oficial relacionada con los datos de calidad del aire que se recogen en la red de monitoreo, y el Plan se hace operativo en las oficinas de CONAMA regional, que actúa como un Centro de Información Ambiental. El Centro de Información está constituido por cuatro componentes, un centro de documentación, un teléfono receptor de consultas, un terminal computacional conectado a la red de calidad del aire y un sistema de transmisión de fax a radioemisoras.

2.1.3 Resultados Ambientales Obtenidos

Anhídrido Sulfuroso

Las emisiones anuales de azufre han disminuido entre 1990 y el 2002 en un 67%, no obstante que en el mismo período el volumen fundido se ha incrementado en un 42%, alcanzando en el 2002 las 316.400 TM. Los niveles de captación de azufre se han estabilizado a partir del año 1999 en valores cercanos al 88%.



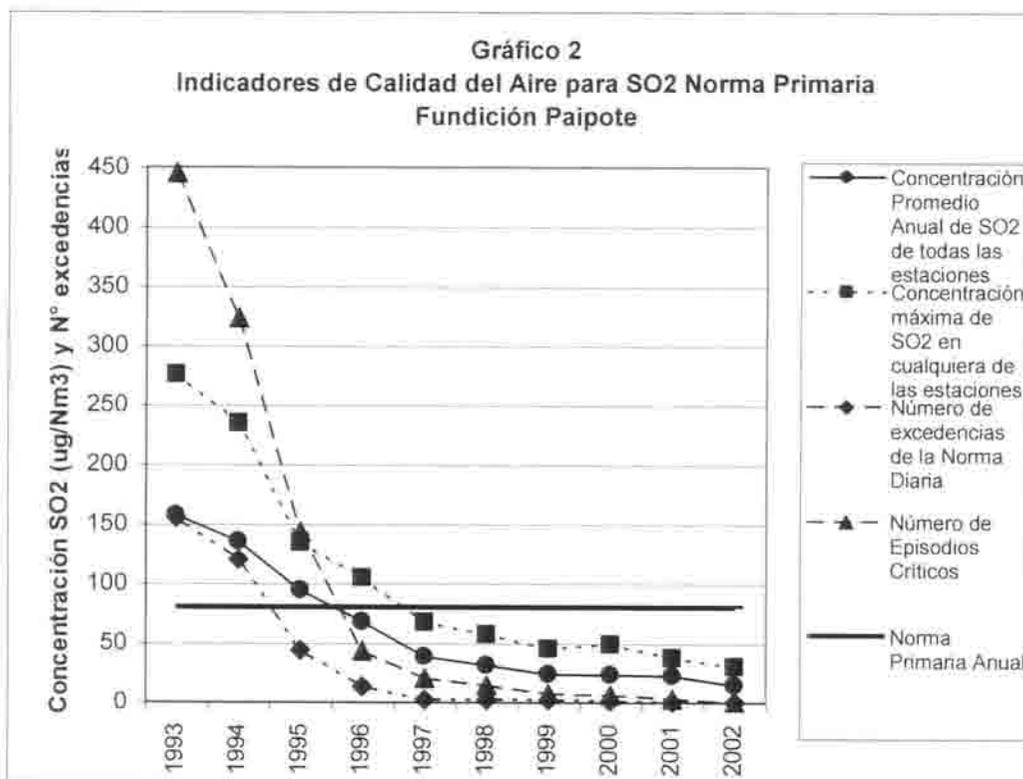
Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

La reducción de emisiones de azufre ha significado que la Fundición Hernán Videla Lira esté dando cumplimiento a la norma primaria anual para anhídrido sulfuroso ($80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) en todas las estaciones de monitoreo desde el año 1997, con el consiguiente mejoramiento en la calidad del aire y una reducción en el riesgo para la población por exposición crónica al anhídrido sulfuroso.

En relación con la norma primaria diaria para anhídrido sulfuroso ($365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), actualmente vigente, y que representa el mejoramiento experimentado en la calidad del aire desde el punto de vista del riesgo por exposición aguda de la población al contaminante, ésta no ha sido superada desde el año 1997 en las estaciones de Copiapó, Tierra Amarilla y San Fernando. En la estación monitora de Paipote, que es la más cercana a la fundición, la norma diaria se superó en dos ocasiones en los años 1997, 1998 y 1999, una vez en el año 2000, y no ha sido superada en los años 2001 y 2002.

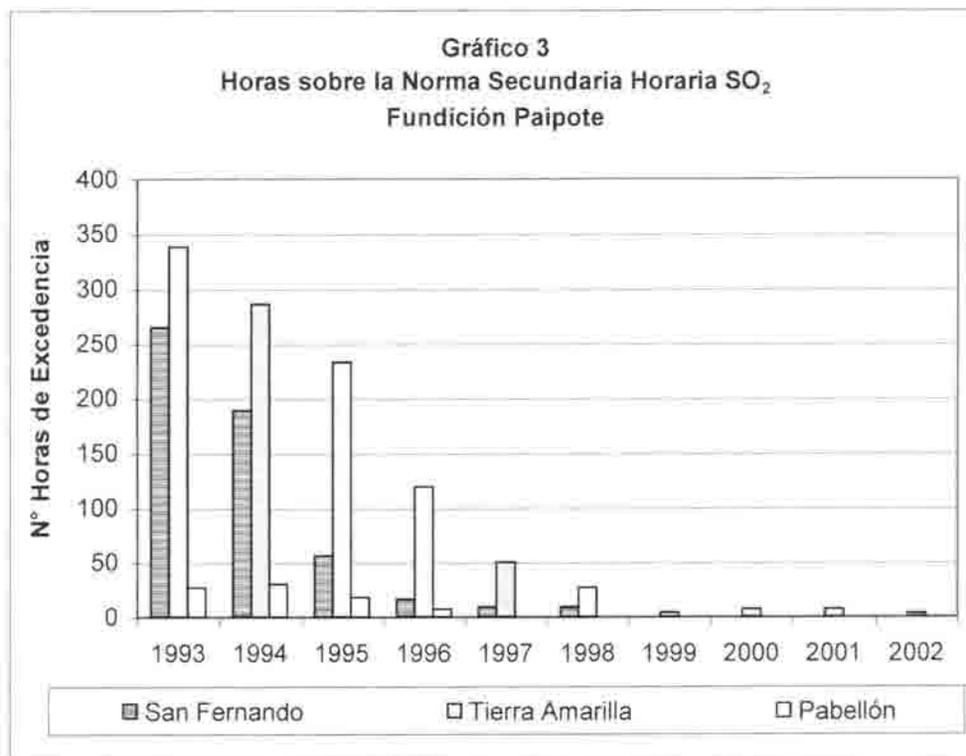
También se observa una clara tendencia a la reducción del número de episodios críticos, es decir, concentraciones horarias del contaminante por sobre los $1.963 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ definido como ALERTA por el D.S. N° 185/91 (Minería), de 445 episodios críticos en 1993 a 3 en el año 2001 en la estación Paipote y ninguno en el año 2002.

Por lo tanto, se puede afirmar que el Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira logró su objetivo desde el punto de vista de la protección de la salud de la población.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA

En relación con la norma secundaria horaria ($1.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), orientada a la protección de cultivos agrícolas, en las estaciones monitoras representativas (San Fernando, Tierra Amarilla y Pabellón) se observa una drástica tendencia a la reducción del número de superaciones de la norma secundaria, lo que indica que el riesgo de daño a los cultivos agrícolas más sensibles por acción de concentraciones altas de anhídrido sulfuroso es bajo y se reduce al área de Tierra Amarilla, más cercana a la Fundición, aún cuando esta estación de monitoreo está ubicada en un sector más representativo de la población que de los cultivos agrícolas.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA.

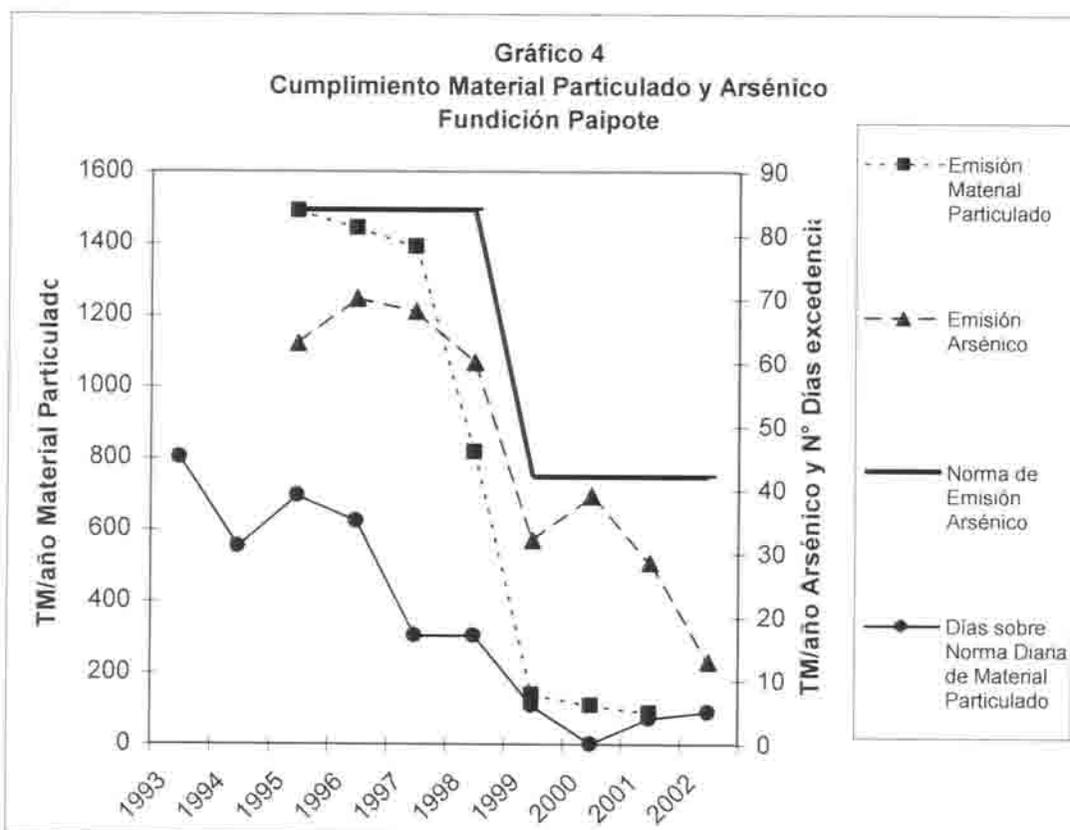
Material Particulado

Aún cuando el área circundante a la Fundición Hernán Videla Lira fue declarada zona saturada por anhídrido sulfuroso, una consecuencia adicional de las modernizaciones de la fundición es la reducción de la emisión de material particulado y arsénico.

Las emisiones de material particulado se redujeron en un 91% entre los años 1995 y 2000, alcanzando este último año las 137 TM. No hay mediciones para los años 2001 y 2002. Lo anterior ha significado una importante reducción en la excedencia de la norma diaria de material particulado respirable PM₁₀.

Arsénico

Las emisiones de arsénico en la Fundición Hernán Videla Lira se redujeron en un 79% entre los años 1995 y 2002, con lo que se está dando total cumplimiento a lo establecido en el D.S. N° 165/98 de SEGPRES.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

2.2 FUNDICION VENTANAS

2.2.1 Antecedentes

El artículo 4º transitorio del D.S. N° 185/91 (Minería) obligó a la Empresa Nacional de Minería, en conjunto con Chilgener S.A. (actualmente GENER S.A.), a instalar una red de monitoreo permanente de calidad del aire en la zona circundante al Complejo Industrial Ventanas (Fundición y Refinería Ventanas, Planta Termoeléctrica de GENER) y presentar un Plan de Descontaminación antes del 31 de julio de 1992. Dicho Plan fue aprobado por D.S. N° 252/92 (Minería). La zona fue declarada saturada para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable mediante D.S. N° 346/93 (Agricultura), con posterioridad a la aprobación del plan, cuando se dispuso de los resultados de las mediciones realizadas con la red.

En lo concerniente a la Fundición Ventanas, el Plan de Descontaminación definió los plazos, niveles de emisión, el proceso tecnológico a emplear en la adecuación de la fundición, las capacidades de tratamiento, etc., todo lo cual permitiría dar cumplimiento a las normas vigentes de calidad del aire para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable (PM₁₀).

Tabla 2
Cronograma de Reducción de Emisiones

Año	Azufre		Material Particulado	
	TM/año	TM/día (*)	TM/año (***)	TM/día (*)
1993	62.000	170	3.400	9,3
1994	62.000	170	3.400	9,3
1995	62.000	170	3.400	9,3
1996	62.000	170	3.400	9,3
1997	62.000	170	3.400	9,3
1998	45.000	123	2.000	5,5
1999	(**)		1.000	2,7

(*) Los valores diarios se han calculado dividiendo la emisión anual por 365 días y no representan una limitación a las emisiones diarias.

(**) Cumplimiento de normas de calidad del aire de anhídrido sulfuroso a más tardar el 30 de junio de 1999

(***) Cumplimiento de la norma de material particulado respirable vigente a más tardar el 1° de enero de 1995. No obstante lo anterior, desde el 1° de enero de 1999 la Fundición Ventanas no podrá emitir más de 1.000 TM/año de material particulado.

Por su parte, el D.S.N° 165/98 (SEGPRES) que establece la Norma de Emisión para la regulación del contaminante Arsénico emitido al aire, en su artículo 10 le estableció a la Fundición Ventanas un límite de emisión de 120 TM/año de arsénico a contar del año 2000.

2.2.2 El Plan de Descontaminación

El proceso tecnológico seleccionado para dar cumplimiento a lo establecido en el Plan de Descontaminación se caracterizó principalmente por la eliminación de la etapa de fusión en el horno reverbero, para realizar ésta en el Convertidor Teniente (CT) existente (4 m. de diámetro por 14,9 m. de largo), con inyección de concentrado seco al baño, utilizando aire enriquecido con oxígeno (34%) y agregado de combustible para balancearlo energéticamente.

Se estableció una fusión de 1.280 TM/día de concentrado seco, con una operación de 330 días al año, resultando con esto un tratamiento anual esperado de 420.000 TM.

El metal blanco producido por el CT es tratado en los convertidores tradicionales tipo Peirce Smith (CPS) para producir cobre blister, el que luego se trata en hornos de refinación a fuego, se moldea en forma de ánodos y se despacha a la refinería electrolítica. La producción de cobre anódico proveniente del concentrado fundido en Ventanas es del orden de 110.000 TM/año. Las escorias generadas en el CT son tratadas en un horno eléctrico, el que además se utiliza para procesar carga circulante.

Los gases del proceso, tanto los que provienen del CT como los de los CPS, son captados para ser tratados en la planta de ácido. Se realizaron adecuaciones mayores en el sistema de manejo de gases, tanto para el CT como para los CPS, incluyendo nuevas campanas, ductos y sistemas de limpieza. También fue necesario ampliar la capacidad de manejo de gases de la planta existente desde 88.000 Nm³/h a 125.000

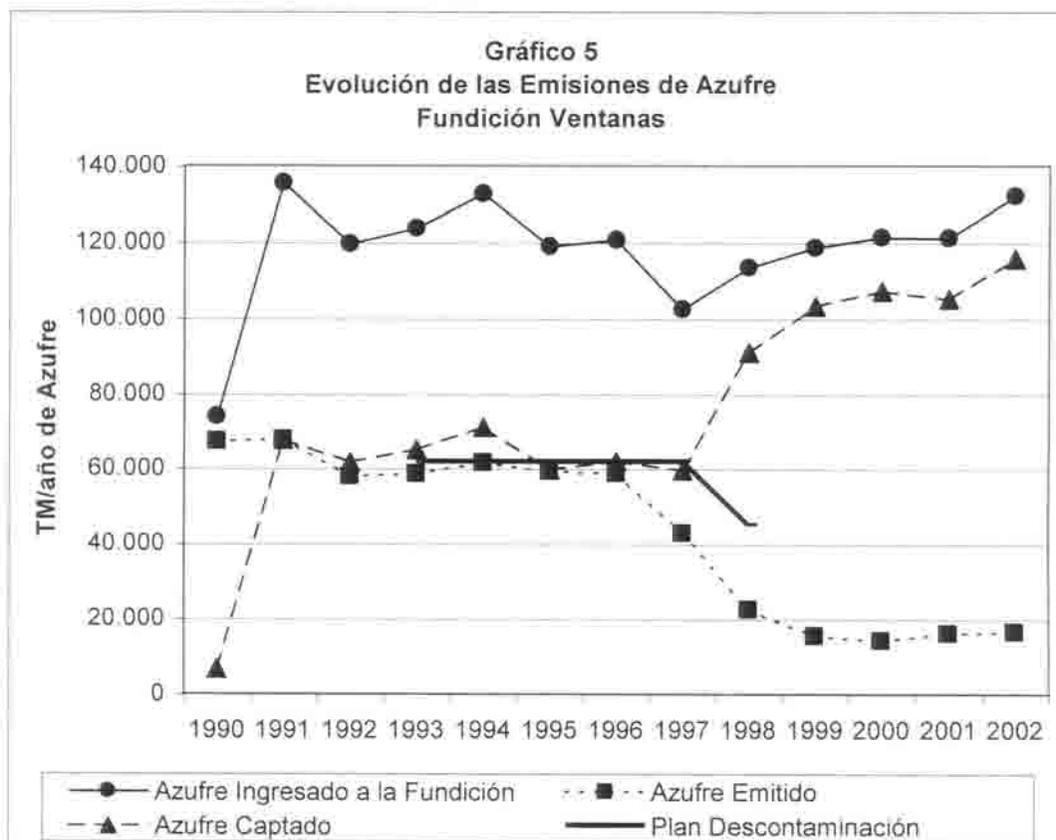
Nm³/h, modificando además la concentración máxima de anhídrido sulfuroso (SO₂) contenido en los gases de 8,5% a 10,5%, lo que se logró transformando la planta de simple a doble contacto.

2.2.3 Resultados Ambientales Obtenidos

La Fundición Ventanas ha cumplido con el plan de reducción de emisiones tanto de material particulado como de anhídrido sulfuroso, siendo la actividad más significativa la paralización del horno reverbero durante febrero de 1998.

Anhídrido Sulfuroso

Las emisiones anuales de azufre de la fundición han disminuido entre 1990 y el 2002 en un 75,6% y el volumen de concentrado fundido también ha bajado, de niveles del orden de 460.000 TM/año en los años 1992-93 a 400.000 TM/año en los últimos años. Los niveles de captación de azufre se han estabilizado a partir del año 1999 en valores cercanos al 88%. La producción de ácido sulfúrico es del orden de 320 – 350 miles de TM/año.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

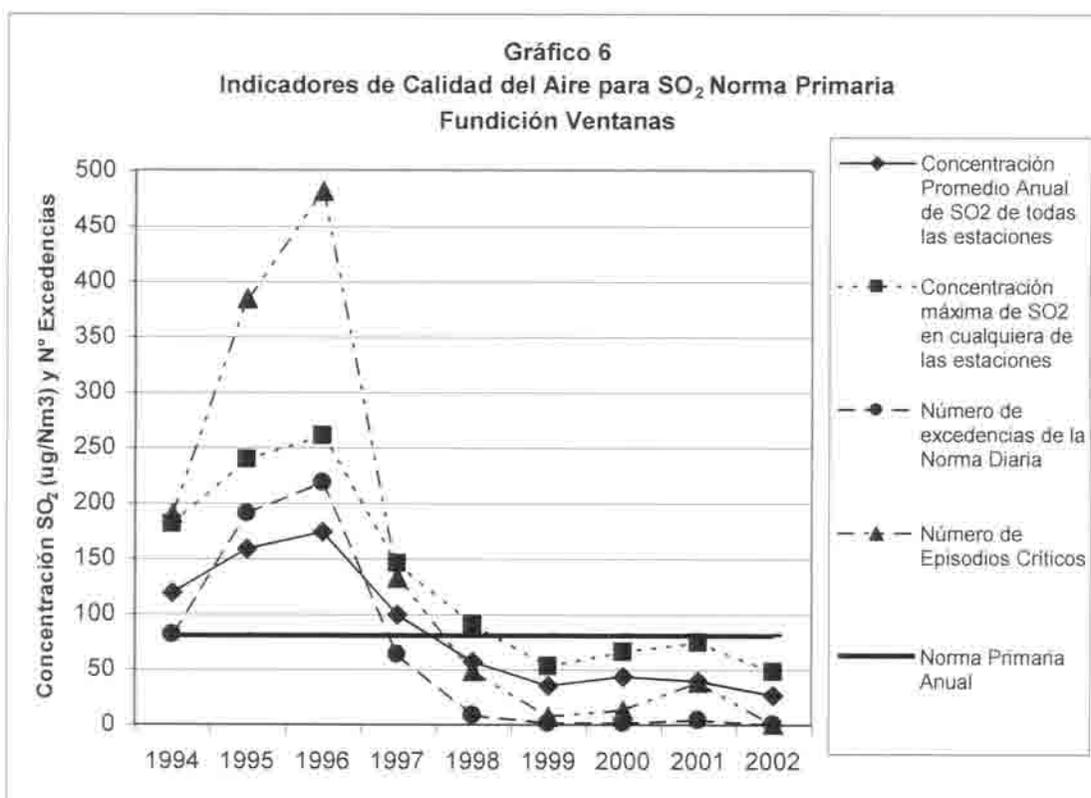
La reducción de emisiones de azufre ha significado que la Fundición Ventanas esté dando cumplimiento a la norma primaria anual para anhídrido sulfuroso (80 µg/Nm³) en todas las estaciones de monitoreo desde el año 1999. En el año 2001, las estaciones

de monitoreo registraron una tendencia al aumento de concentraciones, registrándose en la estación Los Maitenes un máximo promedio anual de $73,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, superando el 80% de la norma, lo que implicó un situación de latencia. Sin embargo, durante el 2002 las concentraciones muestran una tendencia a la baja, registrando promedios anuales entre $8 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Valle Alegre) y $47 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Los Maitenes).

En relación con la norma primaria diaria para anhídrido sulfuroso ($365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), actualmente vigente, y que representa el mejoramiento experimentado en la calidad del aire desde el punto de vista del riesgo por exposición aguda de la población al anhídrido sulfuroso, ésta muestra un disminución significativa a contar del año 1998.

Durante el período 1998-2000 las estaciones de monitoreo que presentaron las mayores concentraciones diarias promedio fueron Los Maitenes y Estación Sur, con valores que fluctuaron entre los 483 y $233 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ y, 831 y $322 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ respectivamente. En el año 2000 todas las estaciones dieron cumplimiento a la norma diaria, mostrando sólo 1 día de excedencia la estación Los Maitenes. Durante el 2001 la estación Los Maitenes y Estación Sur superaron la norma diaria vigente (430 y $578 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ respectivamente) y La Greda mostró una situación de latencia ($320 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). En el año 2002 las concentraciones promedio diarias nuevamente bajaron, alcanzando valores promedio diarios entre los $71 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Valle Alegre) y $351 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Estación Sur), registrando esta última un 96% de la norma ($365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), es decir, estado de latencia. Al igual que en los promedio anuales, las estaciones que presentan las mayores concentraciones son Los Maitenes y Estación Sur.

Respecto a los episodios críticos asociados a las concentraciones de anhídrido sulfuroso se observa una disminución importante a contar del año 1996, disminuyendo de 481 a 132 en 1997, 48 en 1998 y 7 en 1999. Sin embargo, en el 2000 aumentaron a 13 y en el 2001 se registraron 36 episodios críticos. En el año 2002 hasta el mes de noviembre no se habían registrado eventos.

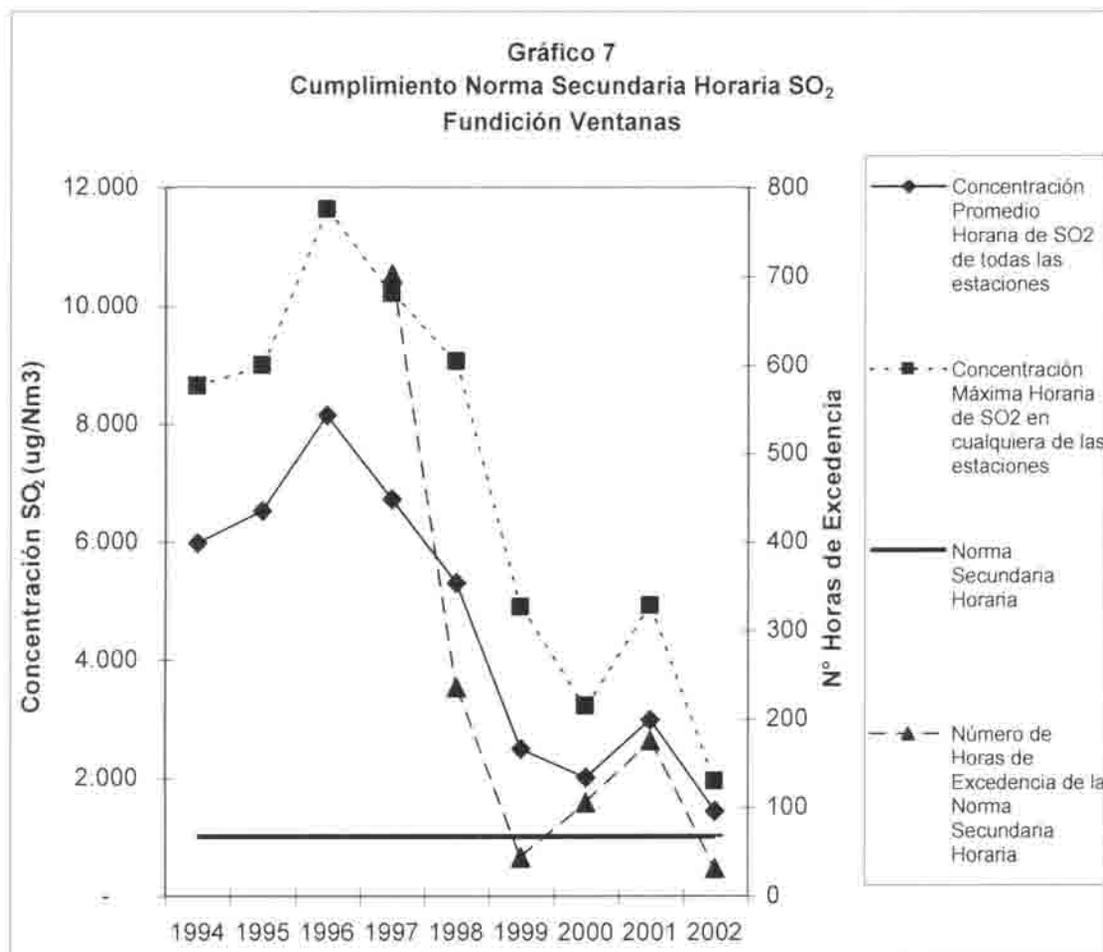


Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA.

En relación con la norma secundaria horaria ($1.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), orientada a la protección de cultivos agrícolas, sólo las estaciones de Puchuncaví y Valle Alegre dieron cumplimiento a ella en el año 1999, manteniendo esta condición hasta el año 2002 la estación de Valle Alegre. Si bien se constató una disminución en las concentraciones promedio horarias a partir del año 1999, los valores registrados siguen sobrepasando la norma, especialmente en las estaciones Los Maitenes y Sur, donde se registran para el año 2001 promedios máximos horarios de $4.031 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ y $4.908 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ respectivamente, es decir, entre 4 y 5 veces el valor de la norma.

En el año 2002, si bien se registró una disminución de las máximas concentraciones horarias, éstas se mantuvieron sobre la norma, $1.933 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ estación Los Maitenes, $1.904 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ estación Sur y $1.618 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ estación La Greda.

A contar de 1997 se registra una evidente disminución de las excedencias, tanto para la norma primaria diaria como para la secundaria horaria. En el año 2001 la red de monitoreo registró un total de 4 excedencias a la norma promedio diaria y 175 excedencias a la norma promedio horaria. En el 2002 no se registraron excedencias a la norma primaria diaria, mientras que los promedios horarios mostraron una marcada disminución, alcanzando 31 excedencias al valor de la norma, es decir una disminución del 82% respecto del año anterior.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA

En consecuencia, en lo relativo al cumplimiento de la calidad del aire para anhídrido sulfuroso (SO₂) sólo persisten las superaciones de la norma secundaria horaria.

Material Particulado

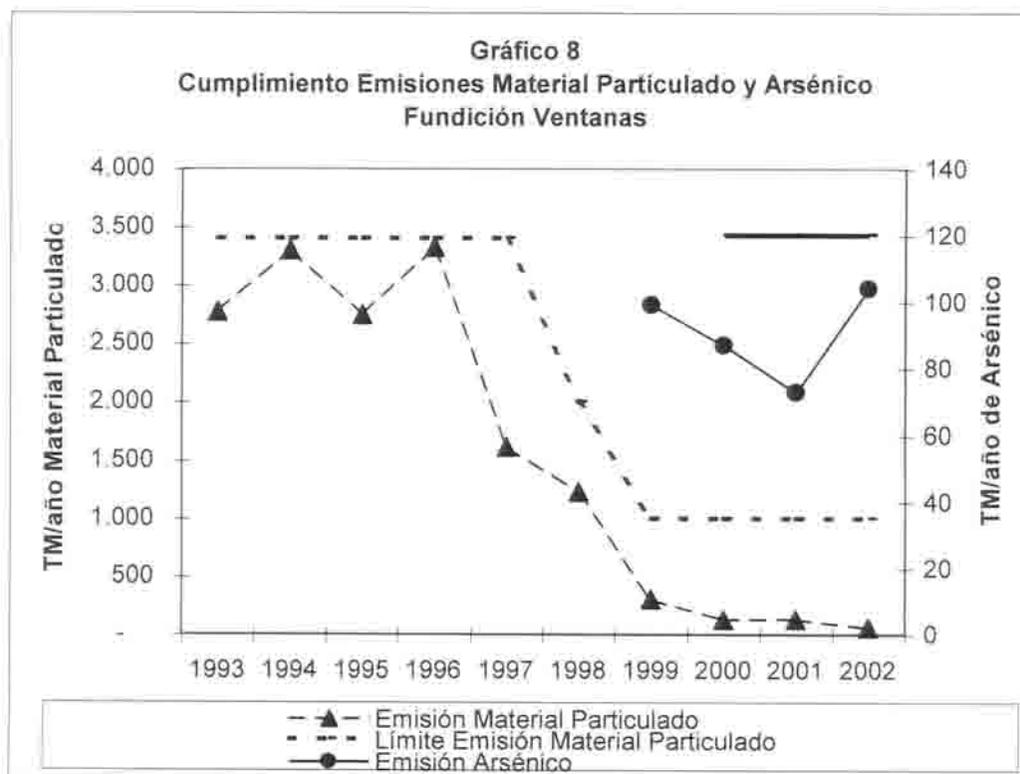
Las emisiones de material particulado de la Fundición Ventanas se redujeron en un 98% entre los años 1993 y 2002, alcanzando este último año las 55 TM.

Históricamente la estación que presenta mayor concentración promedio diaria (24 horas) de material particulado respirable es la estación La Greda, registrando valores máximos promedio diarios del orden del valor de referencia establecido en la norma primaria (150 µg/Nm³). Los valores registrados en esta estación van desde los 233 µg/Nm³ durante 1994 hasta los 148 µg/Nm³ durante el 2002. Es importante considerar que la estación de monitoreo se ubica en las cercanías del Complejo Industrial específicamente en el sector noreste.

El D.S. N°59/98 (SEGPRES) que establece la Norma de Calidad Primaria de Material Particulado Respirable PM₁₀, fija como valor de referencia la concentración promedio diaria de 150 µg/Nm³ y establece que se considerará sobrepasada la norma cuando el

percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación de monitoreo clasificada como de representatividad poblacional sea mayor o igual al valor de referencia. Por lo tanto, la superación de la norma vigente en este caso en particular, se constatará cuando el 2% de los valores registrados durante el año sean iguales o mayores a $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, situación que deberá verificarse sólo en 2 oportunidades, lo anterior debido a que los registros de material particulado se efectúan cada tres días.

En consecuencia y bajo el criterio anterior, la norma de calidad primaria de material particulado respirable fue superada durante el período 98-99 en las estaciones La Greda y Los Maitenes. A contar del año 2000 no se registran superaciones de la norma.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

Arsénico

Las emisiones de arsénico en la Fundición Ventanas se han incrementado en un 5% entre los años 1999 y 2002, alcanzando este último año las 104 TM, aún cuando hasta la fecha se está dando cumplimiento a lo establecido en el D.S. N° 165/98 de SEGPRES, que como se indicó anteriormente establece un límite de emisión de 120 TM/año a la fundición.

2.3 FUNDICION CALETONES – DIVISION EL TENIENTE

2.3.1 Antecedentes

El artículo 5º transitorio del D.S. N° 185/91 (Minería) obligó a la División El Teniente de CODELCO-Chile a instalar una red permanente de monitoreo de calidad del aire en la zona circundante a la Fundición Caletones, la que se encuentra operando desde el año 1992. Conforme a los antecedentes entregados por las mediciones de la red de monitoreo, la autoridad, mediante D.S. N° 179/94 (SEGPRES) declaró zona saturada para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable el área circundante a la Fundición de Caletones. La autoridad ambiental elaboró un plan de descontaminación para la Fundición de Caletones, el cual fue aprobado mediante D.S. N° 81/98 (SEGPRES).

En lo fundamental, el Plan de Descontaminación establece que la Fundición de Caletones deberá reducir, conforme a un cronograma definido, las emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y material particulado respirable, expresadas como material particulado total, a fin de dar cumplimiento a la normativa vigente sobre calidad del aire, en lo que se refiere a estos contaminantes.

Tabla 3
Cronograma de Reducción de Emisiones

AÑO	Emisión Anual Máxima de SO ₂ TM/año	Emisión Mensual Máxima de SO ₂ TM/mes	Emisión Anual Máxima Material Particulado Total TM/año
Desde 1998	--	62.500	3.017
Desde 1999	494.000	41.166	1.987
Desde 2000	494.000	41.166	1.987
Desde 2001	230.000	19.166	(*)
Desde 2002	230.000	19.166	(*)
Desde 2003	(*)		

(*) Cumplimiento de Norma de Calidad del aire para anhídrido sulfuroso y material particulado, según corresponda.

2.3.2 Acciones para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación

Para dar cumplimiento a lo establecido en el D.S. N° 81/98 (SEGPRES) la División El Teniente definió las siguientes acciones: erradicación del Campamento de Sewell; construcción de dos plantas de limpieza de gases, adecuación de la red de monitoreo e incorporación de tubos pasivos y cambio del esquema de operación de la fundición.

Erradicación del Campamento de Sewell. Debido a que la localidad de Sewell era la zona de mayor impacto de la contaminación generada por la Fundición y donde se presentaban con mayor frecuencia episodios críticos, para proteger a la población que residía en el campamento de Sewell, correspondiente a personal de empresas contratistas, la División El Teniente resolvió trasladarlos a Rancagua y sus alrededores.

Este traslado, realizado en 1998, involucró una serie de acciones previas, tales como: acondicionamiento ambiental de edificio del campamento Sewell; mejoramiento de la infraestructura del tramo #5 de la carretera "Presidente Eduardo Frei M."; habilitación en Colón de camarines existentes y construcción de nuevos camarines de cambio para el personal de contratistas y diseño del sistema de transporte del personal.

Construcción de dos Plantas de Limpieza de Gases. La planta N° 1 se adquirió mediante un contrato "llave en mano" a la empresa Mitsubishi de Japón, y se encuentra funcionando desde diciembre de 1998, consiguiendo con esto disminuir en un 36% las emisiones de SO₂ y en un 48% las emisiones de material particulado de los Convertidores Teniente. La planta N° 2 se adquirió con la misma modalidad "llave en mano" a la empresa Kvaerner Metals de Canadá, y entró en operación en noviembre de 2001.

Para almacenar el ácido sulfúrico producido por las plantas de limpieza de gases de Caletones se dispone de 4 estanques de 7.500 TM cada uno. Para el despacho existe una estación de carguío de cuatro pistas que permite cargar 4 camiones a la vez.

Conforme a lo establecido en las resoluciones aprobatorias de los Estudios de Impacto Ambiental de las plantas de ácido, los residuos sólidos generados en la planta de tratamiento de efluentes de las plantas de ácido, que corresponden a arsenato de calcio, deben ser empacados en bolsas de polipropileno con cierre hermético y dispuestas en el Relleno de Residuos Arsenicales diseñado para estos efectos. Este sitio de disposición final de residuos sólidos fue aprobado por la autoridad sanitaria mediante Resolución N° 4954 de 1998 de la Dirección de Salud O'Higgins.

Transporte Definitivo de Acido Sulfúrico. Las rutas de transporte del excedente de ácido generado por la Fundición fueron el resultado de una exigencia de la autoridad ambiental, durante el proceso de aprobación de los estudios de impacto ambiental de las plantas de ácido, para evitar en lo posible la pasada de éste por zonas densamente pobladas. El ácido se transporta en camiones hasta la estación de transferencia Los Lirios y posteriormente en ferrocarril hasta el puerto de San Antonio.

Con el objeto de evitar el ingreso de los camiones con ácido a la ciudad de Rancagua, la División se comprometió a transportar el ácido hasta la estación de transferencia por el Camino Ribera Sur del Río Cachapoal, lo que le significó a la empresa realizar inversiones para adecuar y mejorar el camino, de acuerdo a los estándares de la Dirección de Vialidad.

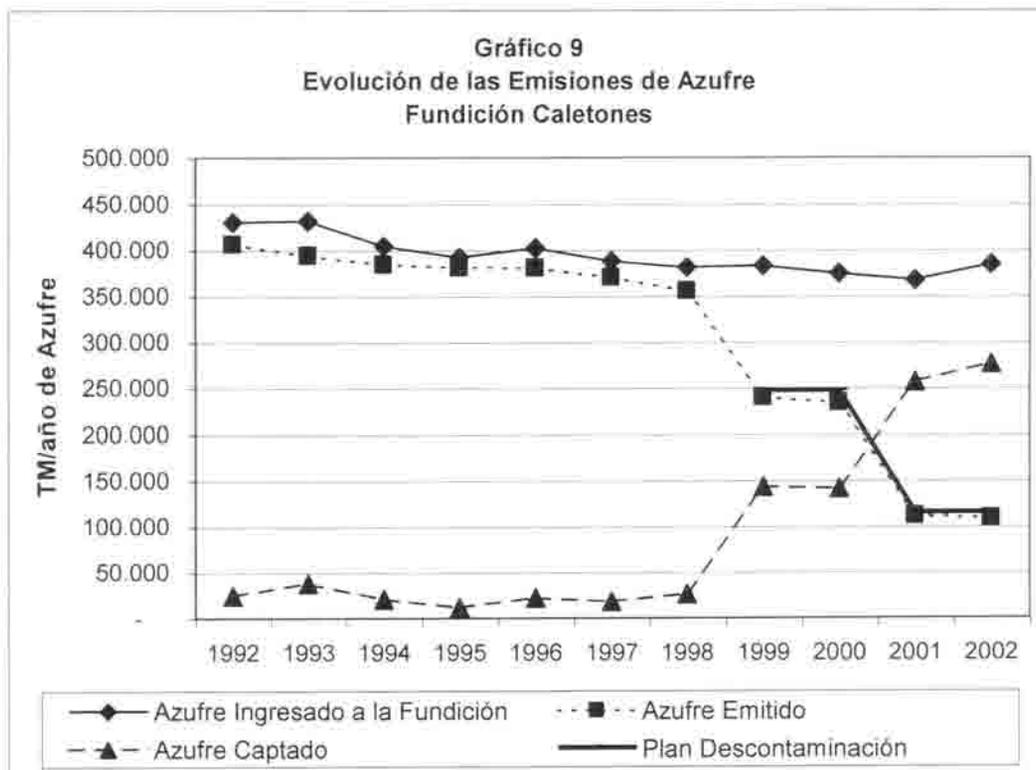
Cambio del Esquema Operativo de la Fundición. El Horno Reverbero dejó de operar a fines del año 2000. En el esquema actual de operación, los principales equipos de fusión son 2 Convertidores Teniente (CT) que procesan concentrado seco, produciendo metal blanco con 75% de cobre y escoria con un contenido de cobre superior al 7%, la que es tratada en 4 Hornos de Limpieza de Escoria (tecnología tipo Teniente) para recuperar el cobre y generar una escoria de descarte, cuyos contenidos de cobre sean inferiores al 1%, la que es llevada a botaderos.

Para dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente también se han realizado otras inversiones orientadas a mejorar el sistema de inyección de concentrado a los CT para lograr una capacidad de fusión de 1.800 TM/día; aumentar la capacidad de secado de

las Plantas de Secado Fluosólido; y mejorar todo el sistema de captación y manejo de gases, a fin de captar los gases primarios de los CPS.

2.3.3 Resultados Ambientales Obtenidos

La Fundición Caletones ha dado cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones, tanto de anhídrido sulfuroso como de material particulado, establecido en el Plan de Descontaminación. En el período comprendido entre los años 1992 y 2002 las emisiones de azufre se redujeron en un 73%, alcanzando niveles de captación del mismo orden de magnitud. Hasta el año 1997 Caletones tenía una pequeña planta de ácido, que le permitía niveles de captación inferiores al 5%.



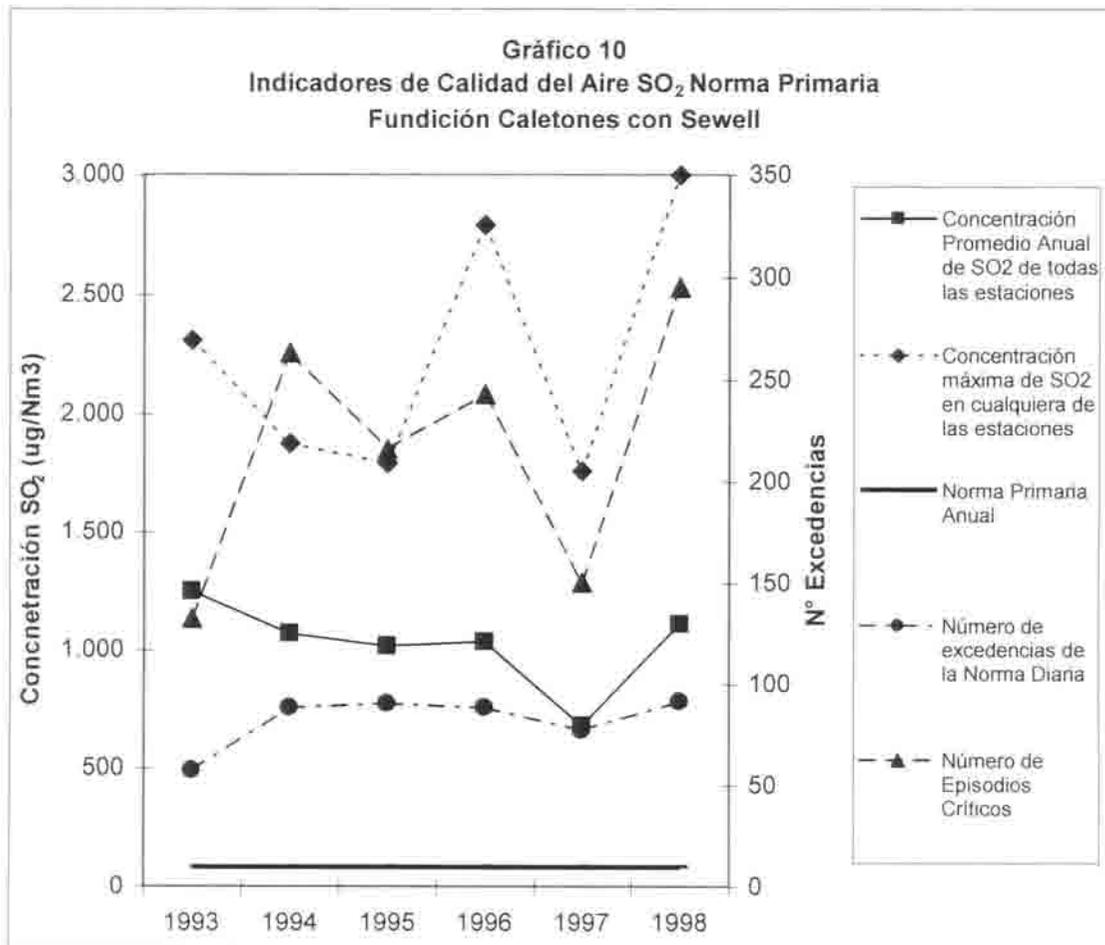
Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

No obstante que la Fundición de Caletones está obligada a dar cumplimiento a la normativa de calidad del aire para SO_2 a contar del año 2003, la reducción de emisiones de azufre ha significado que, en la realidad, se está dando cumplimiento a la norma primaria anual para anhídrido sulfuroso ($80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) en las dos estaciones de monitoreo con representatividad poblacional (Coya Población y Coya Club de Campo) desde el año 2001. Cabe destacar que en la estación de Coya Población se ha cumplido la norma anual para anhídrido sulfuroso durante todo el período del Plan de Descontaminación.

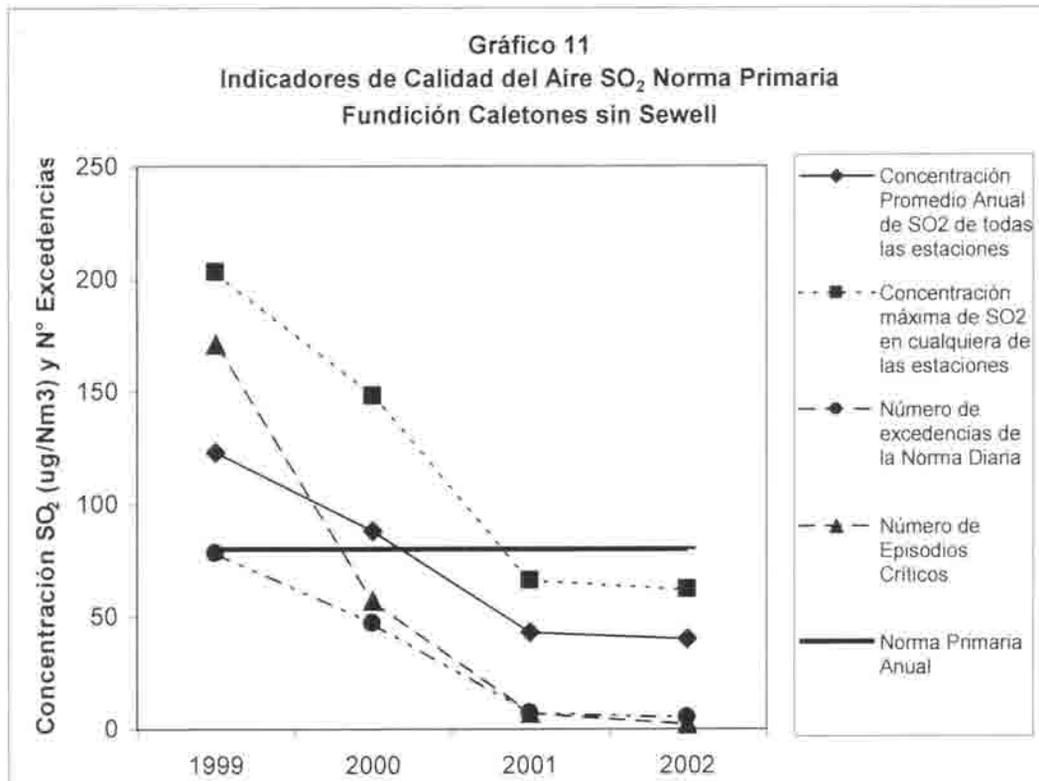
La estación de monitoreo ubicada en el Campamento de Sewell tuvo representatividad poblacional mientras existió allí población expuesta, sin embargo, como se señaló anteriormente, el Campamento de Sewell fue erradicado en el año 1998.

En relación con la norma primaria diaria para anhídrido sulfuroso ($365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$), actualmente vigente, y que representa el mejoramiento experimentado en la calidad del aire desde el punto de vista del riesgo por exposición aguda de la población al contaminante, ésta no ha sido superada desde el año 2001 en la estación de Coya Población, y el monitor de Coya Club de Campo muestra en el tiempo valores decrecientes de excedencia, superando la norma diaria 5 veces en el año 2002.

También se observa una clara tendencia a la reducción del número de episodios críticos, es decir, concentraciones horarias del contaminante por sobre los $1.963 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ definido como ALERTA por el D.S. N° 185/91 (Minería) de 295 episodios críticos en 1998 a 2 en el año 2002 en la estación de Coya Club de Campo.



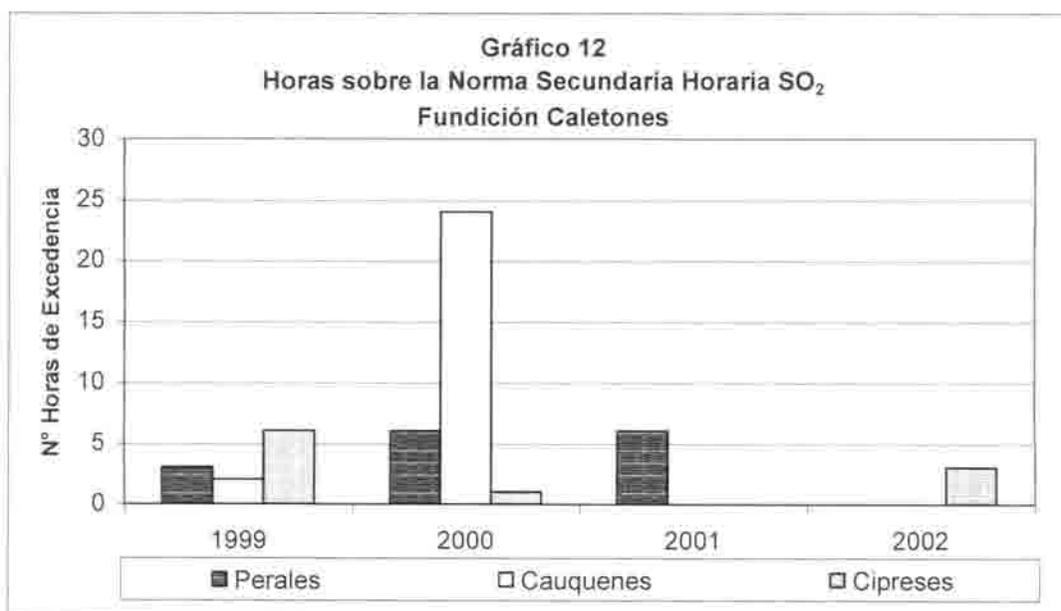
Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA

En los gráficos anteriores se puede observar que la Fundición Caletones está dando cumplimiento a la normativa primaria de calidad del aire para SO₂.

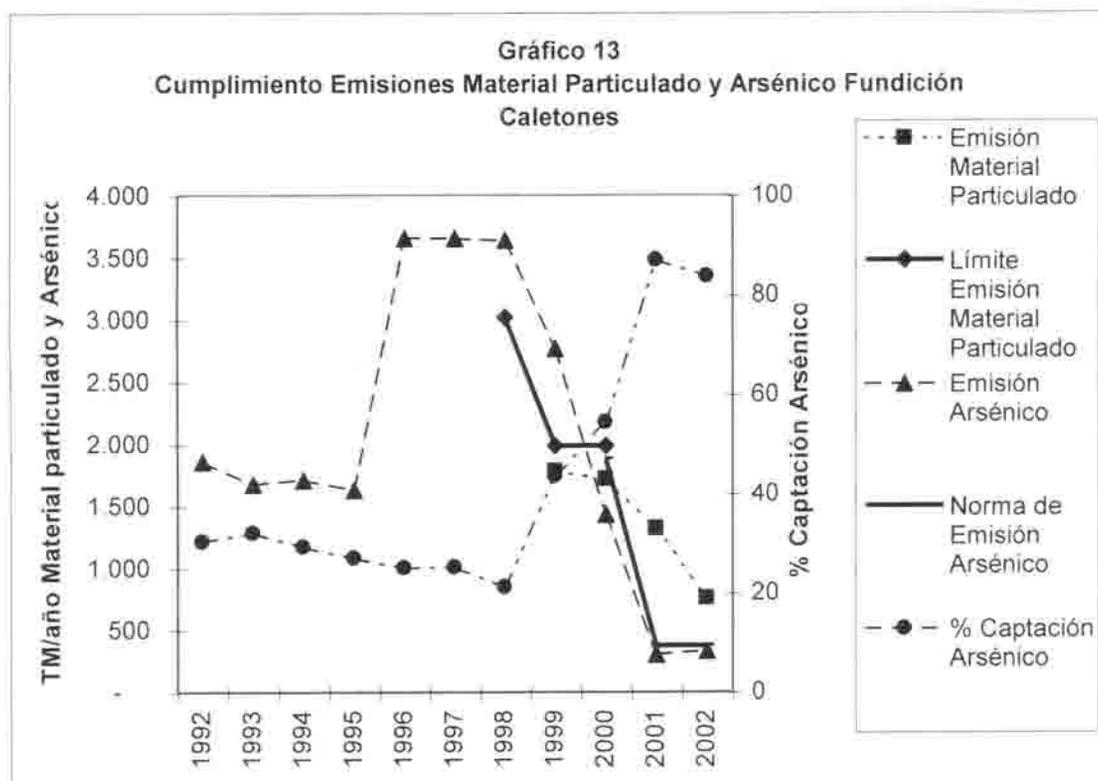
En relación con la norma secundaria horaria (1.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$), orientada a la protección de cultivos agrícolas, en las estaciones monitoras representativas (Perales, Cauquenes y Cipreses) se observa una fuerte tendencia a la reducción del número de superaciones de la norma secundaria, desde 31 horas en el año 2000 a 3 en el 2002.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA

Por su parte, las emisiones de material particulado de la Fundición de Caletones se redujeron en un 58% entre los años 1999 y 2002, alcanzando este último año las 754 TM. Lo anterior ha significado que la norma primaria diaria de material particulado respirable PM₁₀ (150 µg/Nm³) nunca ha sido superada desde el año 1996 en las estaciones monitoras de Coya Población y Coya Club de Campo, alcanzándose concentraciones que fluctúan alrededor de los 30-40 µg/Nm³.

En cuanto a las emisiones de arsénico, la Fundición de Caletones las redujo en un 91% entre los años 1996 y 2002, alcanzando este último año las 330 TM, con lo que se está dando total cumplimiento a lo establecido en el D.S.N° 165/98 de SEGPRES, que establece a la fundición, a contar del año 2001, un límite de emisión de 375 TM/año.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

2.4 FUNDICION POTRERILLOS – DIVISION SALVADOR

2.4.1 Antecedentes

El artículo 6º transitorio del D.S. N° 185/91 (Minería) estableció la obligación para la División El Salvador de CODELCO-Chile de instalar una red permanente de monitoreo de calidad del aire para detectar y registrar las concentraciones de anhídrido sulfuroso y material particulado respirable en el Campamento de Potrerillos. Históricamente, la contaminación ambiental en el Campamento Potrerillos ha sido un problema, registrándose índices de calidad ambiental muy superiores a las normas. Lo anterior, llevó a la autoridad ambiental a declarar la zona circundante a la Fundición de Potrerillos como zona saturada por anhídrido sulfuroso y material particulado respirable, mediante D.S. N° 18/97 (SEGPRES).

Luego de la declaración de zona saturada, la autoridad ambiental se abocó, conjuntamente con la empresa, al estudio de un Plan de Descontaminación, el que fue aprobado mediante D.S. N° 179/98 (SEGPRES). Este Plan, en su parte medular, establece un cronograma de reducción de emisiones de anhídrido sulfuroso y material particulado total, y la exigencia de implementar un Plan Operacional para el control de los episodios críticos, el que sería aplicable siempre que existiera población en el Campamento de Potrerillos.

Tabla 4
Cronograma de Reducción de Emisiones

Año	Emisión Anual Máxima SO₂ (TM/año)	Emisión Anual Máxima Material Particulado Total (TM/año)
Desde 1999	352.000	6.300
Desde 2000	100.000	5.500
Desde 2001	100.000	5.500
Desde 2002	100.000	5.500
Desde 2003	(*)	(*)

(*) Cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable. Sin perjuicio de lo anterior, la División Salvador no podrá emitir una cantidad superior a 100.000 TM/año de anhídrido sulfuroso y 5.500 TM/año de material particulado total.

2.4.2 Acciones para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación

En forma paralela al estudio del Plan de Descontaminación y a fin de avanzar en la resolución de los problemas ambientales detectados, la Fundación desarrolló un programa de inversiones que contempló una serie de proyectos.

La primera etapa de este programa consistía en el desarrollo de los proyectos MALIGAS (Manejo y Limpieza de Gases) y Construcción de Campanas para el Convertidor Teniente y los Convertidores Peirce Smith, cuyo objetivo principal es capturar la mayor cantidad de gases primarios, abatir el material particulado de los mismos y conducirlos a los sistemas de evacuación de gases (chimeneas).

La segunda etapa correspondió a la instalación de una Planta de Acido Sulfúrico para abatir y procesar los gases generados por el Convertidor Teniente (CT). Esta planta se encuentra en operaciones desde agosto de 1999. Adicionalmente, y en forma paralela, la fundición desarrolló el proyecto "Ordenamiento Potrerillos", cuyo objetivo fue trasladar a los trabajadores de CODELCO-Chile desde el Campamento Potrerillos hacia El Salvador, y a los terceros y particulares hacia zonas menos contaminadas del mismo Campamento.

Un antecedente adicional que la División Salvador debió tener en consideración y que la obligó a implementar otras acciones que se suman a las ya señaladas, fue la Norma de Emisión de Arsénico (D.S. N° 165/98 (SEGPRES)), que para la Fundición Potrerillos establece un límite máximo de emisión, a contar del año 2003, de 150 TM/año, en el caso que existan asentamientos humanos dentro de un radio de 2,5 Kms. desde la fuente emisora, radio que cubre la totalidad del campamento. En el caso de no existir población expuesta, el límite máximo de emisión se eleva a 800 TM/año de arsénico.

Luego que la autoridad ambiental estableció en forma definitiva las condiciones a las que estaría sujeta la operación de la Fundición, esto es, el cronograma de reducción de emisiones; el año a partir del cual se exigiría el cumplimiento de las normas de calidad o emisión; la metodología para el control de los episodios críticos; y las mayores o menores restricciones de tipo ambiental (existencia de población expuesta), la empresa realizó, con la información más actualizada disponible, un estudio de modelamiento de

la calidad del aire en el Campamento Potrerillos y los balances de masa para el contaminante arsénico.

Este estudio determinó la imposibilidad de cumplir las normas de calidad ambiental en el Campamento Potrerillos, en todos los escenarios estudiados de configuraciones operacionales de la Fundición, aún implementando el proyecto "Ordenamiento Potrerillos", sin comprometer la viabilidad económica del complejo fundición-refinería, dada la gran cercanía del Campamento con la Fundición.

Considerando lo anteriormente expuesto, la División Salvador resolvió implementar una serie de medidas adicionales para dar cumplimiento a la normativa vigente.

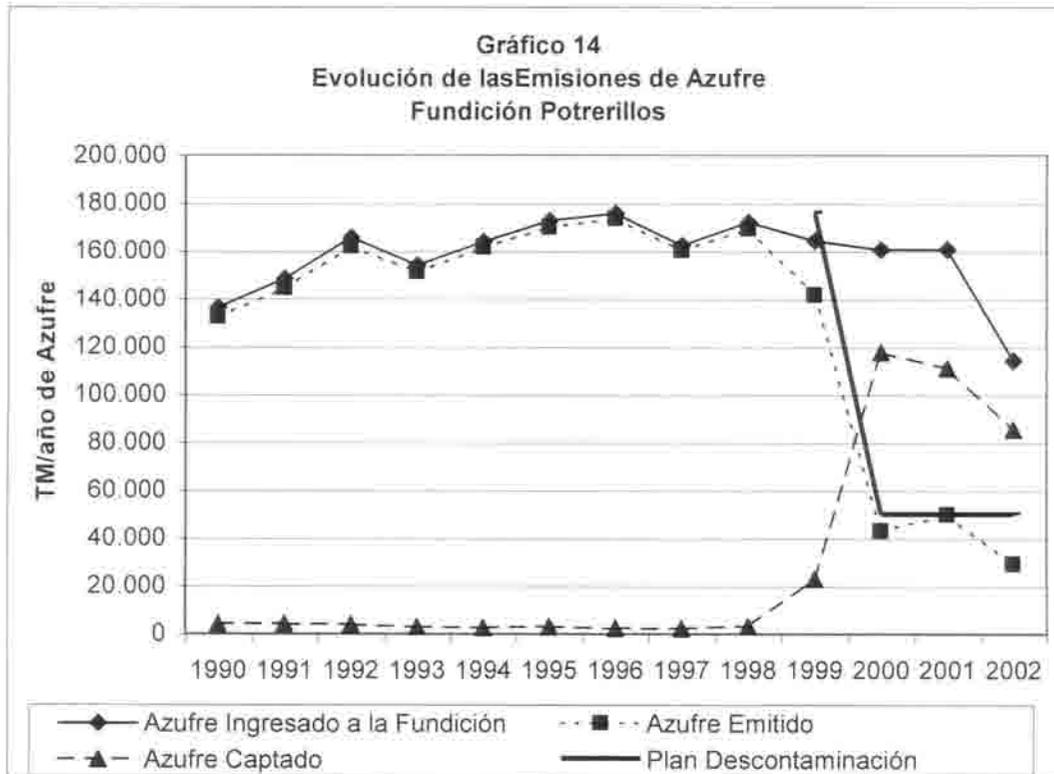
Transformación del Campamento Potrerillos en Zona Industrial, lo que significó el traslado del personal de CODELCO-Chile y de los particulares hacia otras ciudades o localidades.

Cambio de la jornada de trabajo en la Fundición y Refinería, a un sistema de turnos con jornadas de trabajo de 12 horas, lo que significa la construcción de un sistema de hotelería para alojar a los trabajadores en el nuevo sistema de turnos.

Cambio Tecnológico Fundición. Considerando la baja sustentabilidad de una fundición operando con un horno reverbero, la División estudió e implementó un proyecto de cambio tecnológico, reemplazando el horno reverbero y el convertidor Teniente de 4 m. de diámetro y 17 m. de largo por una única unidad de fusión (CT de 5*22 m.) operando en línea con hornos de tratamiento de escorias de tecnología tipo Teniente, proyecto que inició su puesta en marcha en febrero de 2003. Lo anterior, significará además un incremento de capacidad de la fundición de 520.000 a 680.000 TM/año de concentrados.

2.4.3 Resultados Ambientales Obtenidos

La Fundición de Potrerillos ha dado cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones, tanto de anhídrido sulfuroso como de material particulado, establecido en el Plan de Descontaminación. En el período comprendido entre los años 1996 y 2002 las emisiones de azufre se redujeron en un 83%, alcanzando niveles de captación del orden de 72%.

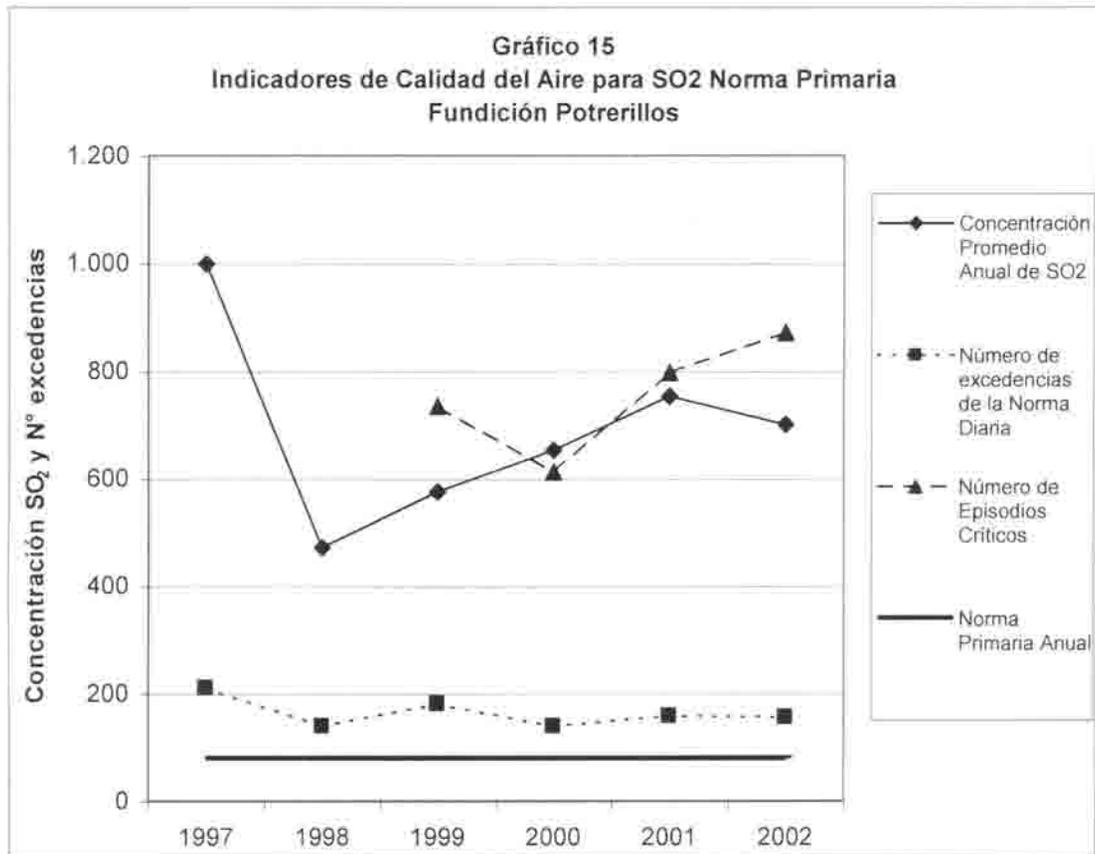


Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

Aún cuando el cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire para la Fundición Potrerillos es obligatorio sólo a contar del año 2003, se hará un análisis de la información disponible respecto de calidad para anhídrido sulfuroso y material particulado en la única estación monitorea existente.

A pesar de la entrada en operación de la planta de ácido sulfúrico en el mes de agosto de 1999, lo que ha permitido una importante reducción de las emisiones de anhídrido sulfuroso, se mantienen los altos niveles de concentración de este contaminante ($700 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ como promedio anual del año 2002). La norma anual ($80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) se sobrepasó en el año 2002 en casi 800%. Por su parte, la norma primaria diaria se superó en 156 ocasiones en el mismo año.

Se mantiene, además, un alto número de episodios críticos (871 en el 2002) con una mayoría de eventos de emergencia, lo que indica que el funcionamiento de la planta de ácido y la detención del horno reverbero en febrero del 2002 no se ha traducido en un mejoramiento sustantivo de la calidad del aire. Lo anterior se explica posiblemente por la incidencia que tienen en la calidad del aire de la localidad de Potrerillos las emisiones fugitivas, y la cercanía del sitio de monitoreo respecto de la fuente emisora, situaciones que los modelamientos realizados cuando se estudió el plan no fueron considerados.

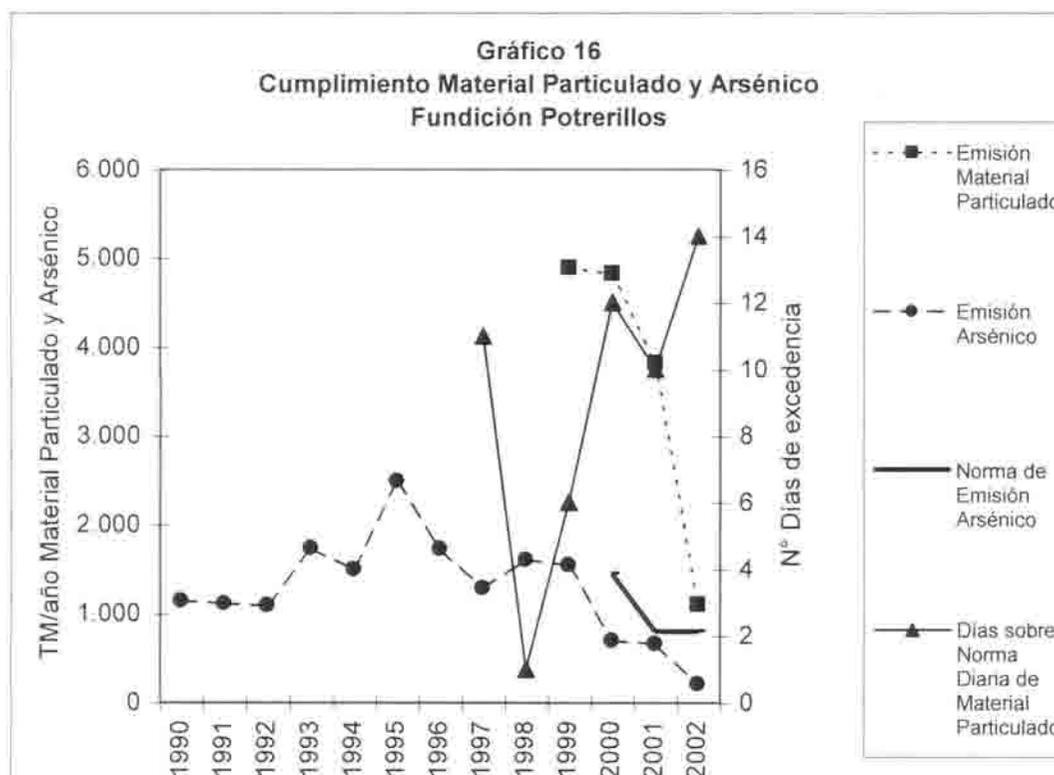


Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA

En relación con la calidad del aire para material particulado respirable PM₁₀, a pesar que la reducción de emisiones entre 1999 y 2002 fue de un 77,5%, se observa un deterioro respecto de años anteriores, incrementándose de 6 a 14 el número de días de excedencia de la norma de calidad primaria para este contaminante.

Por su parte, las emisiones de arsénico en la Fundición de Potrerillos se redujeron en un 87% entre los años 1998 y 2002, incrementándose los niveles de captación del contaminante de un 21% a un 78,5%. La emisión de arsénico en el año 2002 fue de 205 TM, con lo que se está dando total cumplimiento a lo establecido en el D.S. N° 165/98 de SEGPRES, que establece un límite de emisión de 800 TM/año a la fundición, en el caso que no haya población expuesta en un radio de 2,5 Kms. desde la fuente emisora.

Es importante destacar que el proceso de traslado de la población de Potrerillos terminó en noviembre de 1999, habilitándose, a unos 3 kilómetros al noroeste de la fundición y fuera del área saturada, un campamento dormitorio para los trabajadores.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

Con posterioridad al traslado del Campamento de Potrerillos, la empresa inició una serie de conversaciones con el Servicio de Salud de Atacama, que es el organismo fiscalizador, a fin de adaptar las exigencias del Plan de Descontaminación al escenario actual, en que no existe población expuesta en el área declarada saturada, excepto la que trabaja en la fundición en horario laboral.

La situación anteriormente descrita, que no está contemplada en la legislación ambiental vigente, está siendo analizada, a solicitud de la empresa, por los organismos competentes, a fin de definir un curso de acción respecto de la vigencia de la declaración de zona saturada y la finalización del Plan de Descontaminación.

2.5 FUNDICION CHUQUICAMATA – DIVISION CODELCO NORTE

2.5.1 Antecedentes

El artículo 1º transitorio del D.S. N° 185/91 (Minería) declaró como zona saturada para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable el Campamento de la División Chuquicamata de CODELCO-Chile. El artículo 3º transitorio de este mismo decreto estableció la obligación para la División Chuquicamata de mantener y calibrar periódicamente y a su costo, la red permanente de monitoreo de calidad del aire actualmente en operación, aprobada por Resolución 1.273 del 1º de diciembre de 1986 del Director del Servicio de Salud de Antofagasta, que permite la detección y registro de

las mediciones de concentración de anhídrido sulfuroso y material particulado respirable en la atmósfera de las áreas poblacionales del Campamento de Chuquicamata y de la ciudad de Calama.

Luego de la declaración de zona saturada, la División Chuquicamata presentó, el día 16 de julio de 1992, un Plan de Descontaminación al Intendente de la II Región, el cual fue aprobado mediante D.S. N° 132/93 (Minería). Este Plan estableció un cronograma de reducción de emisiones atmosféricas de azufre, material particulado y arsénico, con límites mensuales y anuales. Se exigía además, implementar un Plan Operacional para el control de los episodios críticos, el que debía ser aprobado por el Servicio de Salud de Antofagasta.

Tabla 5
Cronograma de Reducción de Emisiones

Año	Azufre		Mat. Particulado		Arsénico		
	TM/mes	TM/año	TM/mes	TM/año	TM/día (*)	TM/mes	TM/año
1993	21.000	252.000	810	9.720	7,5	225	--
1994	19.500	234.000	690	8.280	6,5	195	2.340
1995	16.500	198.000	270	3.240	5,2	156	1.870
1996	16.500	198.000	270	3.240	--	--	--
1997	16.500	198.000	270	3.240	--	--	--
1998	13.500	162.000	270	3.240	--	--	--

(*) Los valores diarios de arsénico se calcularon dividiendo la emisión anual por 360 días y no representan una limitación a las emisiones diarias.

En el caso de la emisión mensual de arsénico se consideraba aceptable que la emisión de un mes cualquiera excediera hasta un 40% los límites mensuales indicados en el cronograma.

2.5.2 Acciones para cumplir con el Plan de Descontaminación

A mediados de la década del 80 la División Chuquicamata de CODELCO-Chile inició un vasto programa de acciones de descontaminación, entre las que destacan:

- Incorporación de tecnología de fusión de concentrados apropiada para el tratamiento de los gases metalúrgicos en plantas de ácido (Convertidor Teniente en 1984 y Horno Flash en 1988). Además, se desarrolló un proyecto de captación y tratamiento de parte de los gases metalúrgicos generados por el Horno Reverbero N°4.
- Proyectos de captación de polvo en instalaciones industriales.
- Planta de abatimiento de arsénico en el agua potable.
- Red de monitoreo de calidad del aire para estudiar las características de la dispersión de contaminantes y adoptar decisiones operacionales en anticipación a los efectos de condiciones meteorológicas adversas.

A contar de 1990 se desarrollaron una serie de acciones de descontaminación que constituyeron la base del Plan que se aprobó en 1993.

- Detención definitiva de los Reverberos 1 y 2 en 1991, como parte de un programa de cambio de tecnología de fusión. La detención anticipada de estos dos reverberos tuvo un alto impacto positivo en los niveles de contaminación, si bien el costo económico fue elevado, porque implicó la reducción de la capacidad de tratamiento de concentrados.
- Construcción de la Planta de Acido N° 4 y dos módulos de limpieza de gases adicionales a los ya existentes. Este proyecto permitió absorber la mayor parte de los nuevos requerimientos de limpieza de gases metalúrgicos y la totalidad de las necesidades de contacto.
- Para reemplazar la capacidad de fusión que se perdería producto de la detención de los reverberos N°s 3 y 4, entre 1993 y 1994 se instaló un segundo Convertidor Teniente (CT) y se realizaron modificaciones en el horno Flash. En este mismo contexto, se instaló un segundo secador de concentrados y un tercer precipitador electrostático que se conectó al CT N° 1, además de otras modificaciones a los sistemas de apoyo a los hornos de fusión. Los hornos reverberos N°s 3 y 4 se detuvieron definitivamente en 1993 y 1994, respectivamente.
- Junto con la captación y tratamiento de los gases metalúrgicos de los hornos de fusión, durante el año 1991 se inicia el proyecto de racionalización, captación y conexión a plantas de ácido de los gases provenientes de los convertidores Peirce-Smith. Esto significó que la fundición quedó operando con 4 de los 7 convertidores Peirce-Smith.
- Lo anterior significó la instalación de un 5° módulo de limpieza de gases y la reparación y puesta en marcha de la planta de ácido N°1, que se encontraba detenida desde aproximadamente el año 1992.
- Con el fin de disminuir la contaminación en el ambiente laboral y aumentar la captación de gases fugitivos, la fundición ha desarrollado una serie de proyectos de descontaminación de áreas laborales e instalación de campanas secundarias en los hornos tanto de fusión como de conversión.
- Adicional a los proyectos de inversión propiamente tales, la División en los últimos años de la década del 90 realizó varios estudios y proyectos preinversionales orientados a la captación de las emisiones de arsénico, para dar cumplimiento a la normativa vigente sobre la materia, entre ellos, el plan de desarsenificación, operación del Convertidor Teniente con lanzas, traslado del Campamento de Chuquicamata, etc.

La División Chuquicamata realizó, como se ha señalado más arriba, todas las acciones de control y cambio tecnológico comprometidas, dando cumplimiento a los objetivos propuestos en el Plan de Descontaminación, esto es, la reducción de emisiones a la atmósfera de los contaminantes azufre, material particulado y arsénico, de acuerdo con el cronograma establecido en el D.S. N° 132/93 (Minería).

Se cumplió también con realizar un estudio para determinar si Calama y Chuquicamata eran zonas saturadas naturalmente para material particulado respirable, llegándose a la conclusión de que esta presunción no era correcta, pues se demostró que la principal fuente emisora la constituyen las operaciones mineras de la División, chancado primario del mineral extraído, carguío y tráfico de camiones y la depositación de material estéril en botaderos.

Finalmente, tal como lo requería el Plan de Descontaminación, se estableció un Plan Operacional para el Control de Episodios Críticos de contaminación atmosférica, el cual fue aprobado por Resolución N° 4.263/95 del Servicio de Salud de Antofagasta.

No obstante lo anterior, y el descenso de las concentraciones de contaminantes en el aire, no se logró el objetivo principal del Plan que era cumplir con las normas de calidad primaria del aire para anhídrido sulfuroso y material particulado respirable al 31 de Diciembre de 1999.

Teniendo en consideración el cumplimiento de la reducción de emisiones y la imposibilidad de cumplir las normas en los plazos indicados en el Decreto N° 132/93 (Minería), el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente resolvió reevaluar la situación y reformular el Plan de Descontaminación de la Fundición de Chuquicamata, lo que se concretó mediante D.S. N° 206/00 (SEGPRES), donde se establece un nuevo cronograma de reducción de emisiones para anhídrido sulfuroso, a fin de cumplir con la normativa vigente de calidad del aire.

Tabla 6
Cronograma de Reducción de Emisiones

Año	Emisión Anual Máxima SO ₂ (TM/año)
2001	174.600
2002	158.000
Desde 2003	56.600

Además, la reformulación del Plan estableció que la Fundición Chuquicamata de CODELCO-Chile no podrá emitir más de 1.850 TM/año de material particulado total.

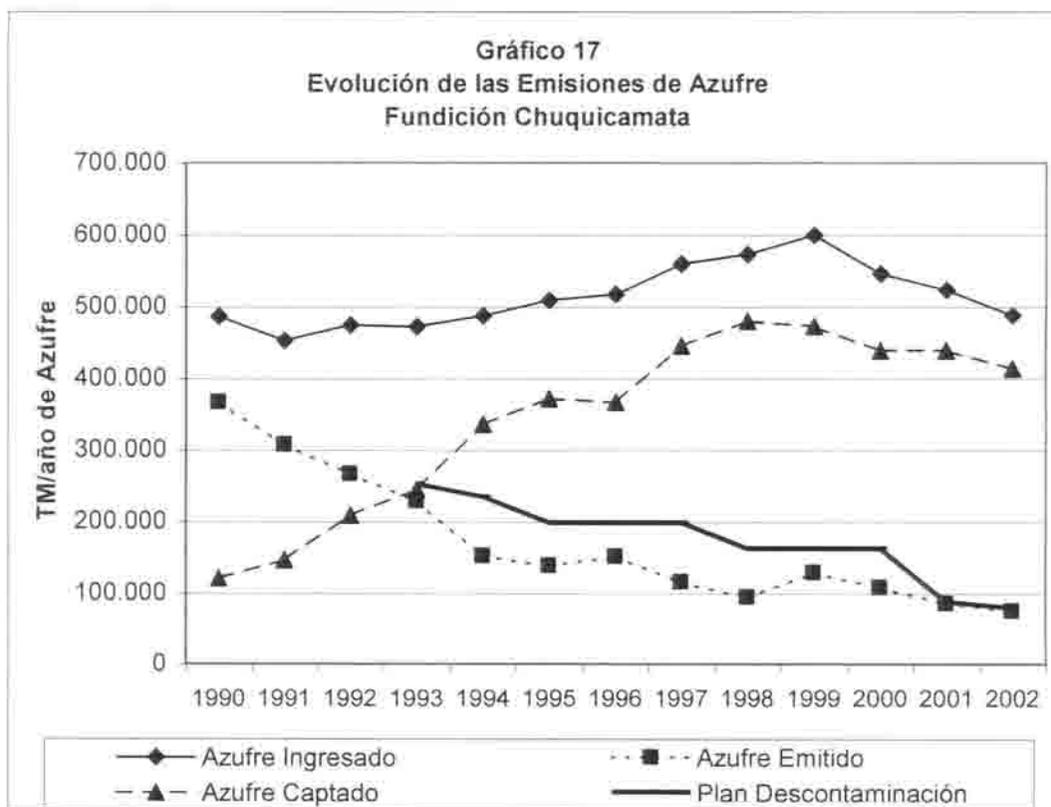
Para dar cumplimiento a la reducción de emisiones señalada más arriba y a la norma de emisión de arsénico, la División ha debido realizar en los últimos años una serie de proyectos:

- Mejoramiento Competitividad Fundición de Concentrados, que en términos generales considera las siguientes actividades:
 - Discontinuar la operación de una de las unidades de fusión (CT), potenciando el Horno Flash y el otro Convertidor Teniente (CT) para procesar 2.500 toneladas de concentrado por día en cada uno, de manera de mantener la capacidad de la Fundición. Lo anterior permitirá obtener una significativa reducción del volumen de gases metalúrgicos, lo que posibilitará a su vez el tratamiento en la Planta de Acido del 100% de los gases de los convertidores Peirce Smith (CPS).
 - Mejoras en la Planta de Acido para tratar gases más concentrados en SO₂ (12-13%).
 - Incorporación de un Horno Sedimentador-Reductor conectado directamente con el CT potenciado.
 - Obras misceláneas tendientes a asegurar la adecuada disponibilidad de suministros y servicios para la Fundición operando con este nuevo esquema tecnológico.

- Erradicación del Campamento de Chuquicamata.

2.5.3 Resultados Ambientales Obtenidos

La Fundición Chuquicamata ha dado cumplimiento a los cronogramas de reducción de emisiones de anhídrido sulfuroso y material particulado establecidos tanto en el Plan de Descontaminación original, como en la reformulación del Plan que entró en vigencia en octubre del 2001. En el período comprendido entre los años 1990 y 2002 las emisiones de azufre se redujeron en casi un 80%, alcanzando niveles de captación cercanos al 86%, según lo informado por la empresa.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

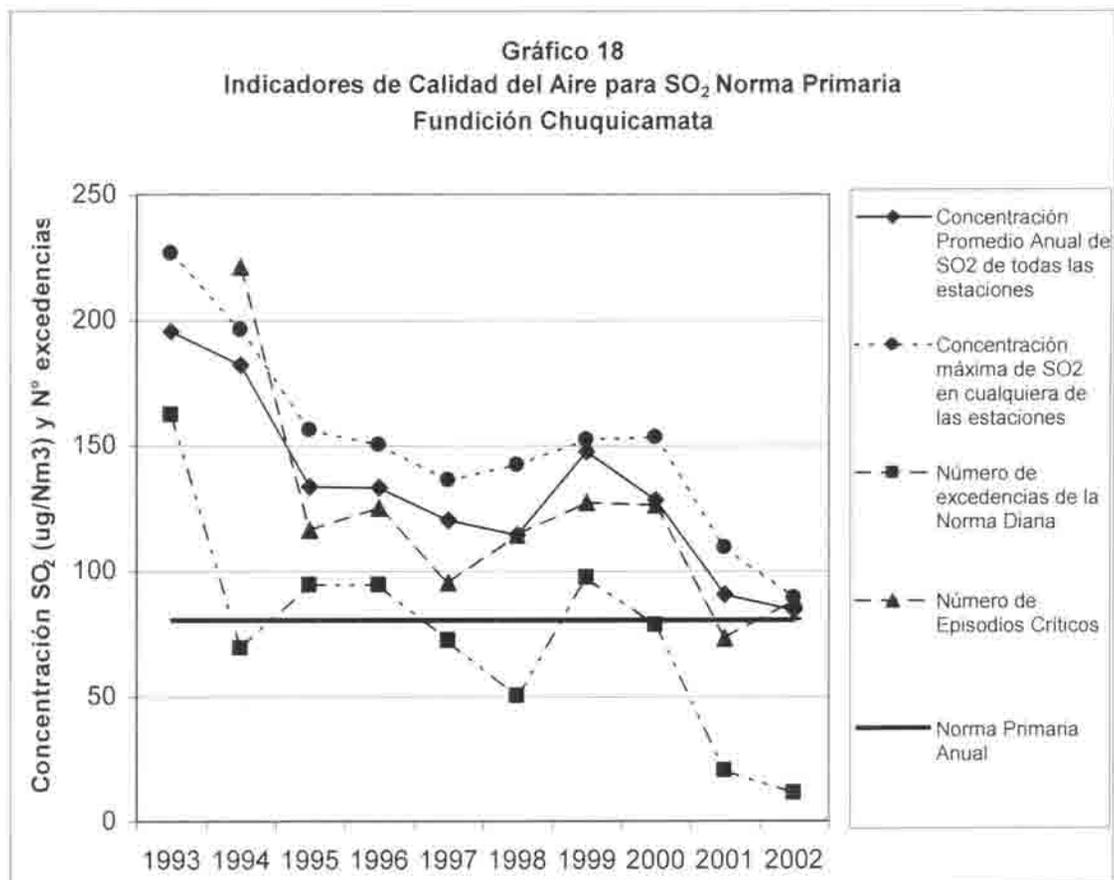
No obstante lo anterior, y el descenso sostenido de las concentraciones de anhídrido sulfuroso en el aire, no se ha logrado hasta fines del año 2002 el objetivo principal de los planes de descontaminación, que es cumplir con las normas de calidad primaria del aire para anhídrido sulfuroso en el Campamento de Chuquicamata.

La norma primaria anual ($80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) se cumplió recién en el año 2001 sólo en la estación de monitoreo Auka Huasi con un valor de $75 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ y en el año 2002 sólo en la estación San José, donde el promedio anual fue de $79 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

En relación con la norma primaria diaria de SO_2 , aún cuando el número de días de excedencia de la norma se ha reducido en el tiempo, las dos estaciones de monitoreo

actualmente vigentes, San José y Auka Huasi, muestran excedencias en el año 2002, 4 y 7 días respectivamente. (La estación John Bradford realizó monitoreos hasta mayo 2001).

Los episodios críticos también han disminuido en el tiempo, sin embargo aún se mantienen en valores bastante altos, ya que en el año 2002 se produjeron 88.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA.

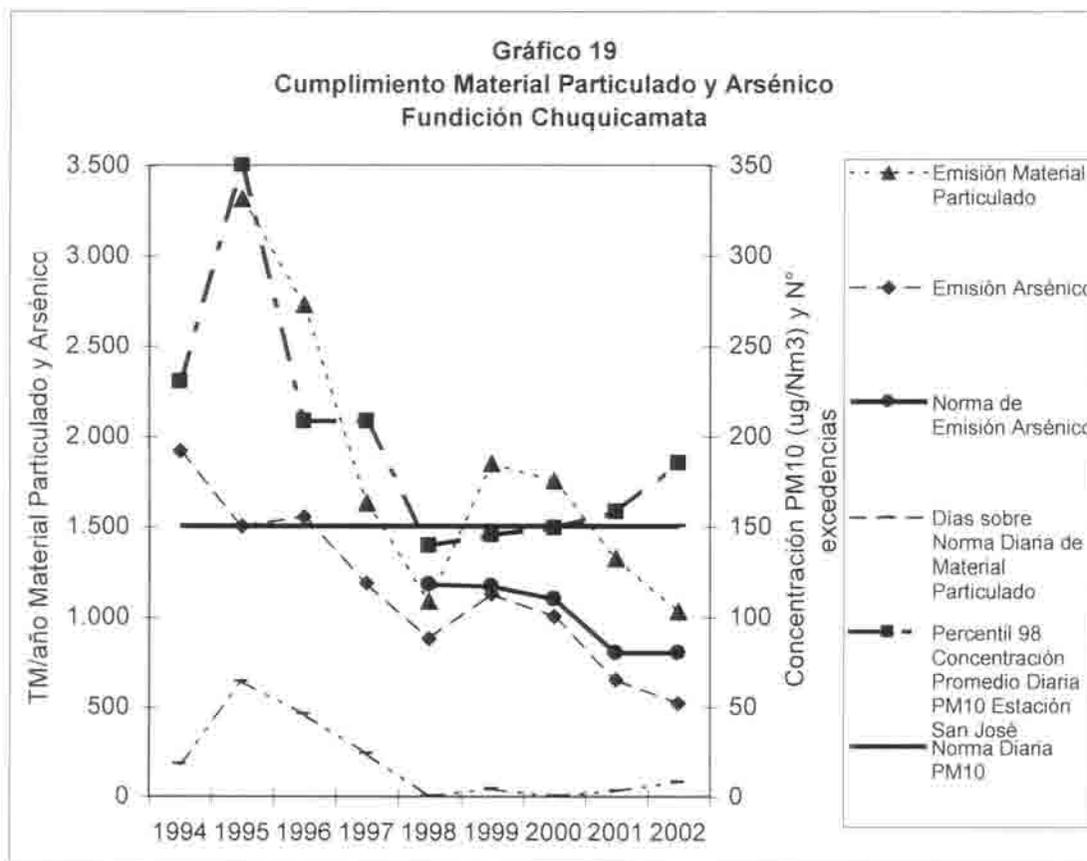
Las emisiones de material particulado (PM₁₀) se han reducido entre 1994 y el 2002 en un 87,5%, y durante todo el período la Fundición Chuquicamata ha dado cumplimiento a los límites de emisión establecidos por la autoridad.

En materia de calidad del aire para material particulado respirable, la norma primaria diaria está establecida en el D.S. N° 59/98 (SEGPRES) y su valor es de 150 µg/Nm³. Según se establece en el decreto, se considerará sobrepasada la norma cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como con representatividad poblacional, sea mayor o igual a 150 µg/Nm³.

En el período comprendido entre los años 1994 y 2002 se han reducido significativamente el número de días de superación de la norma. La Fundición Chuquicamata dio cumplimiento a la norma entre los años 1998 y 2000, ya que en los

años 1998 y 2000 no se supera la norma y en 1999 el percentil 98 está bajo los 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

En el año 2001, en la estación San José la norma se superó en 3 ocasiones, pero el nivel de latencia se excedió 36 veces. Como el percentil 98 tuvo un valor de 158 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, ese año se excedió la norma. Lo mismo sucedió en el año 2002, en que el percentil 98 fue de 185 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, por lo que la zona se encontraría saturada por PM_{10} .



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas y CONAMA

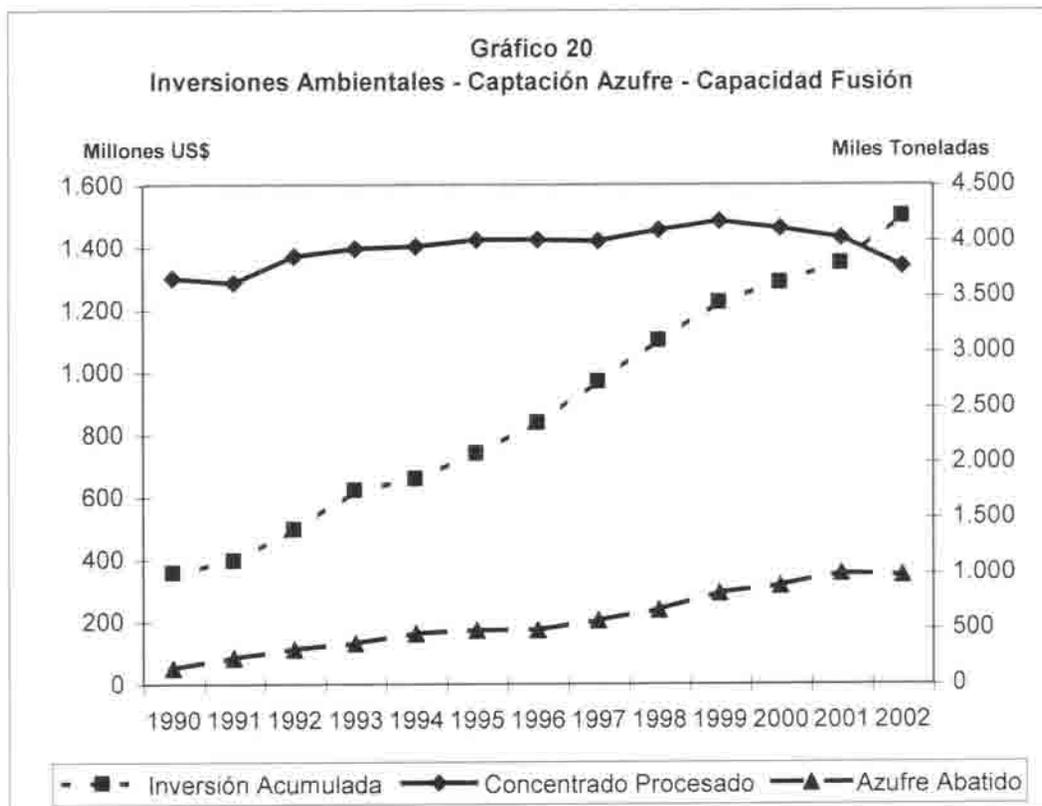
Las emisiones de arsénico se han reducido en un 96 % en el período comprendido entre los años 1990 y 2002, alcanzando niveles de captación cercanos al 95%, de acuerdo a lo informado por la empresa, y siempre la fundición ha dado cumplimiento a los límites de emisión de arsénico, sean éstos los establecidos en el D.S. N° 132/93 (Minería) para los años 1994 y 1995, los que estableció el Servicio de Salud de Antofagasta mediante Resolución N° 1459/98 para los años 1998 y 1999, o los que establece el D.S.N° 165/98 (SEGPRES) correspondiente a la norma de emisión de arsénico actualmente vigente.

3. ANALISIS DE INVERSIONES Y COSTOS AMBIENTALES

3.1 Inversiones Ambientales

Como se describió en el capítulo anterior, a excepción de la División Chuquicamata, la estrategia seguida por todas las otras fundiciones de concentrado de cobre para abordar las restricciones ambientales, fue el reemplazo de los Hornos Reverberos como hornos de fusión por Convertidores tipo Teniente y la instalación de sistemas de captación, manejo y limpieza de gases. En el caso de la División Chuquicamata, se instaló un horno de fusión Flash Outokumpu, operando conjuntamente con los Convertidores tipo Teniente.

En el siguiente gráfico se muestran los montos agregados de las inversiones realizadas por el conjunto de las fundiciones estatales para dar respuesta a las restricciones ambientales. El esfuerzo inversional realizado por algunas fundiciones es anterior a la entrada en vigencia de la normativa de calidad del aire (1992), y al establecimiento de los planes de descontaminación, lo que indica que la industria de fundiciones estatales había internalizado las restricciones que a nivel mundial estaba enfrentando esta industria.



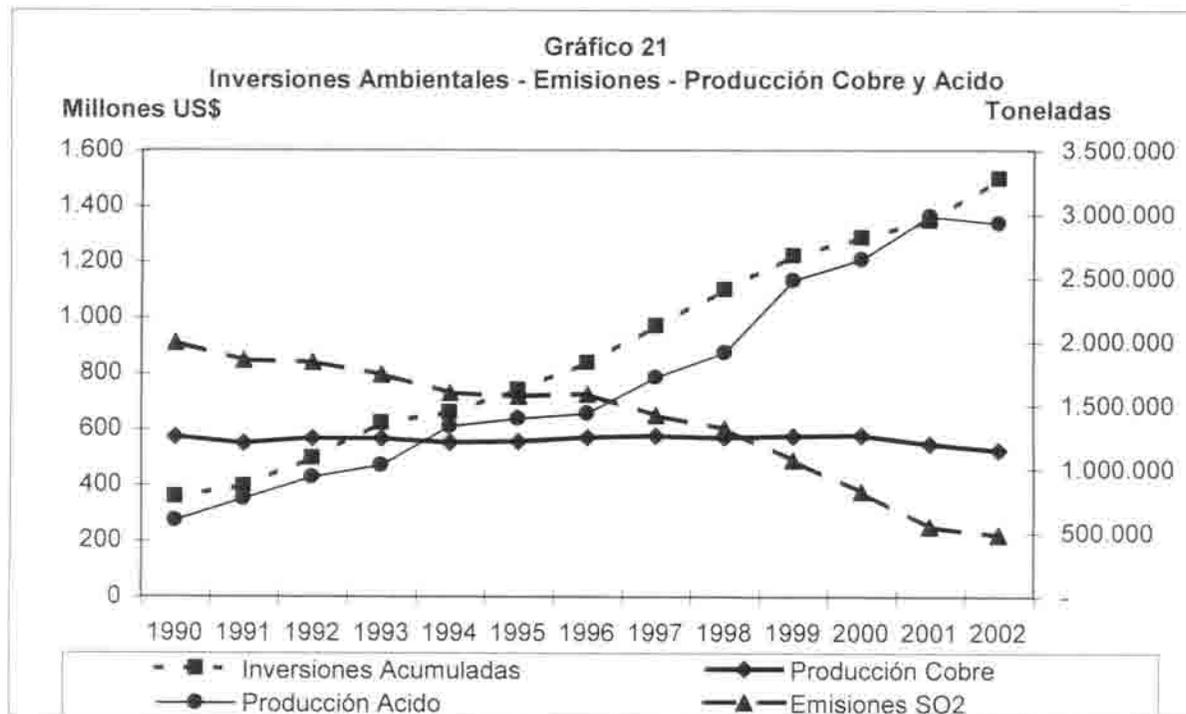
Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

En promedio, en el período que cubre el análisis, la capacidad de fusión fue de 3,9 millones de toneladas de concentrado, con un máximo en el año 1999 de 4,2 millones de toneladas y un mínimo de 3,6 millones de toneladas en el año 1991.

La definición del concepto y alcance de las inversiones asociadas al cumplimiento de la normativa ambiental no significó una disminución de la capacidad de procesamiento de concentrado, sino más bien una mantención o incrementos marginales de la capacidad. La disminución de capacidad que se observa el año 2002 es el resultado de, por una parte, la implementación del proyecto "Cambio Tecnológico y Aumento de Capacidad Fundición de Potrerillos", que significó operar la fundición a un nivel de 348 mil toneladas, situación que se revierte a partir del año 2003, para alcanzar niveles de procesamiento en torno a las 710 mil toneladas; y por otra, a una menor fusión en Chuquicamata (112 mil toneladas), que se produjo por la obligación de dar cumplimiento a la norma de emisión de arsénico, debido al atraso del traslado del Campamento.

La excepción la constituye la fundición Ventanas que, al establecer su programa de inversiones asociado al cumplimiento de la normativa ambiental, definió como la alternativa óptima, dadas las restricciones de inversión existentes, una capacidad de procesamiento inferior a la original.

El azufre abatido por el conjunto de fundiciones estatales se incrementa desde un valor de 142 mil toneladas el año 1990 a 1 millón de toneladas el año 2001. Lo anterior significa llevar los niveles de captación de azufre, en promedio, desde un 19% a un 80%.



El total de inversiones asociadas implementadas hasta fines del año 2002 es de US\$ 1.497 millones, valor que considera los montos de inversión gastados en proyectos que se encuentran actualmente en ejecución en Chuquicamata, Potrerillos y El Teniente, proyectos que impactarán, recién a partir del año 2003, los niveles de captación de azufre y de procesamiento de concentrados. Además, también considera inversiones realizadas antes del año 1990, las que ascienden a US\$ 296 millones, y que corresponden principalmente a inversiones realizadas por Chuquicamata (US\$ 247 millones en la instalación del horno de fusión Flash Outokumpu y sus instalaciones anexas a partir del año 1986), Paipote (US\$ 2 millones) y Ventanas (US\$ 47 millones).

En promedio, el conjunto de fundiciones ha gastado US\$ 1.526 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2002, valor que debiera disminuir en la medida que Chuquicamata, Caletones y Potrerillos finalicen sus proyectos en ejecución. Las emisiones de SO₂ se han reducido de un nivel cercano a las 2 millones de toneladas en 1990, a 480 mil toneladas en el año 2002 (reducción de 76%), lo que ha significado que la producción de ácido sulfúrico proveniente de las cinco fundiciones estatales se ha incrementado en un 395%. Por su parte, la producción de cobre blister prácticamente no experimenta variaciones en el período de 13 años, con un promedio de 1,2 millones de toneladas.

Los proyectos de carácter ambiental considerados reflejan un grado de consenso con los operadores de las fundiciones, por cuanto la naturaleza de la mayoría de los proyectos implementados muestra una mezcla de justificaciones, es decir, conjuntamente con su justificación de carácter ambiental tienen también componentes de aumentos de productividad, los que no son menores.

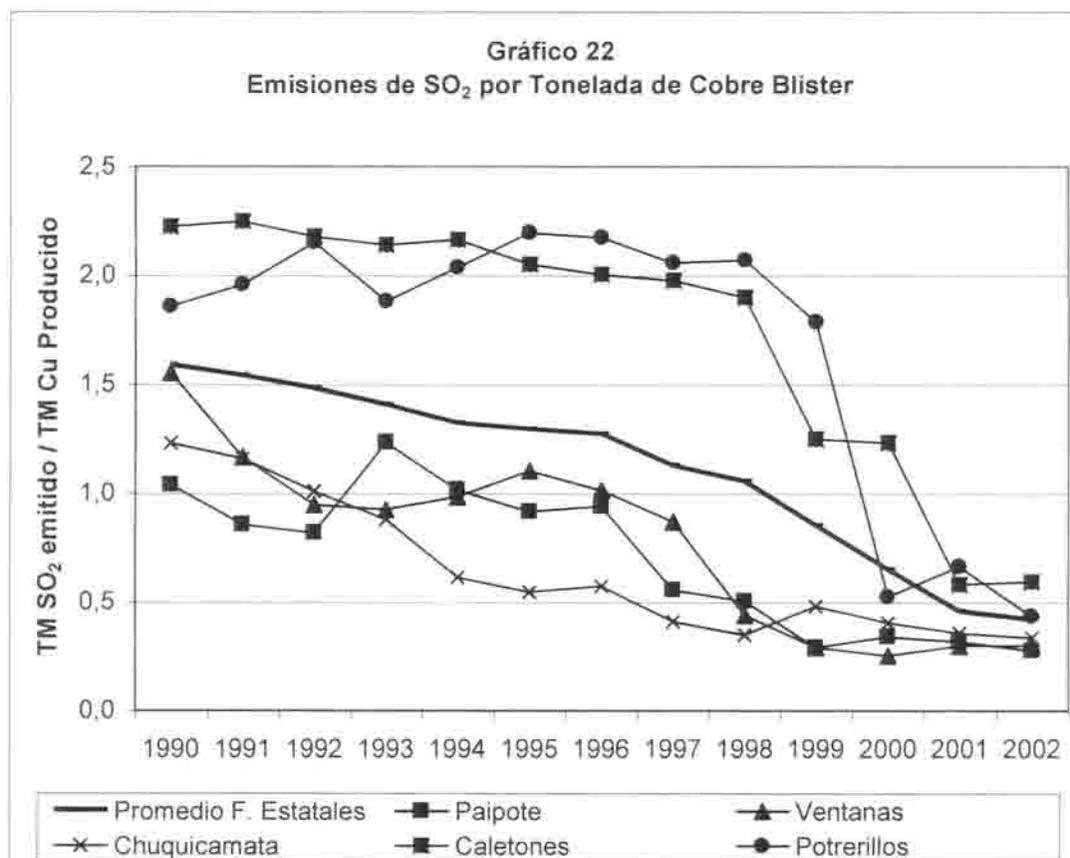
El esfuerzo inversional realizado ha sido constante y permanente durante el período. Esta situación, favorable desde el punto de vista del uso de recursos de inversión, ha sido el resultado de los diferentes plazos que la autoridad ambiental ha definido para cada una de las fundiciones para dar cumplimiento de la normativa ambiental.

Un coeficiente que se utiliza a nivel internacional para comparar el desempeño ambiental en relación a las emisiones de anhídrido sulfuroso de las fundiciones de concentrados de cobre, es las toneladas de SO₂ emitido por tonelada de cobre producido por la fundición.

En el gráfico siguiente se observa que el coeficiente de SO₂ emitido por tonelada de cobre producido, en promedio, muestra una clara tendencia decreciente, disminuyendo en el período en un 74%, alcanzando el año 2002 un valor de 0,42.

En opinión de la Comisión Chilena del Cobre este coeficiente aún no ha alcanzado el valor representativo de la tecnología utilizada en las fundiciones estatales. Los valores que mejor representan este coeficiente tecnológico corresponden a los presentados por las fundiciones de Paipote y Ventanas, por cuanto son las únicas fundiciones que han finalizado sus inversiones asociadas a los Planes de Descontaminación. Es preciso

recordar que este coeficiente tecnológico puede verse afectado por los contenidos de azufre de los concentrados procesados.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

Al considerar los valores para el año 2002 determinados para las fundiciones estatales chilenas, éstos se comparan favorablemente con aquellos que se encuentran en la literatura para fundiciones con tecnologías equivalentes en Canadá, como por ejemplo, la fundición Horne y Gaspé, ambas de Noranda en Québec, y la fundición Copper Cliff de Inco en Sudbury (Ontario), que muestran para el año 2001 valores de 0,4; 0,364 y 1,07 respectivamente (Ver Anexo 2). Los coeficientes obtenidos para las fundiciones estatales chilenas son el resultado de solamente la captura y procesamiento de los gases primarios de fusión y conversión.

Sin embargo, al considerar el concepto de la mejor tecnología disponible para fundiciones primarias de cobre, concepto de creciente utilización a nivel mundial, se debiera tomar como referencia el indicador que presenta la fundición de Kennecott en Utah, que utiliza la tecnología de fusión y conversión Flash, en lugar de la fusión en baño usada mayoritariamente por nuestras fundiciones, el que alcanza un valor de aproximadamente 0,003 TM SO₂ / TM Cu producido.

En la tabla siguiente se observa el porcentaje del total de recursos invertidos en relación con la capacidad de tratamiento de concentrados de cada una de las fundiciones.

Tabla 7

	% Inversión	% Capacidad
Chuquicamata	51,5	40,9
Caletones	15,0	29,5
Potrerrillos	16,7	12,5
Ventanas	8,8	9,7
H. Videla Lira	8,0	7,4

Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

Los porcentajes anteriores se calcularon considerando las capacidades del año 2001, debido a que, como se indicó anteriormente, las capacidades y porcentajes de utilización del año 2002 están distorsionadas. Las cifras anteriores muestran que, en principio, no es evidente una relación de escala entre monto de inversión y tamaño de la instalación. Resalta el caso de la fundición de Caletones, en que, con el 29,7% de la capacidad ha invertido sólo el 15% del total de la inversión acumulada. Esta situación se explica por el avance de los programas de inversión asociados a los planes de descontaminación, la naturaleza de los proyectos que se incluyen como inversiones ambientales y el año en que se empiezan a contabilizar estas inversiones.

Para efectos de comparación entre las fundiciones, se definieron dos indicadores por tonelada de azufre abatido: el primero, corresponde a la inversión promedio y el segundo a la inversión anualizada. No obstante que la definición tecnológica adoptada por el conjunto de fundiciones es similar, equipo de fusión Convertidor Modificado tipo Teniente y conversión en Convertidores Peirce Smith, ambas tecnologías no continuas, se observa una dispersión en la inversión anualizada de las fundiciones, para niveles semejantes de porcentaje de abatimiento de azufre.

Lo anterior se explica por distintos factores, por una parte, por que los proyectos que se incluyen en los planes de descontaminación tienen una mezcla de justificaciones (ambiental, rentabilidad, productividad, etc.); por otra, la ubicación geográfica de las fundiciones (altura sobre el nivel del mar) y finalmente, debido a la existencia de proyectos, que en algunas fundiciones se ejecutaron, operaron y posteriormente fueron abandonados.

Tabla 8

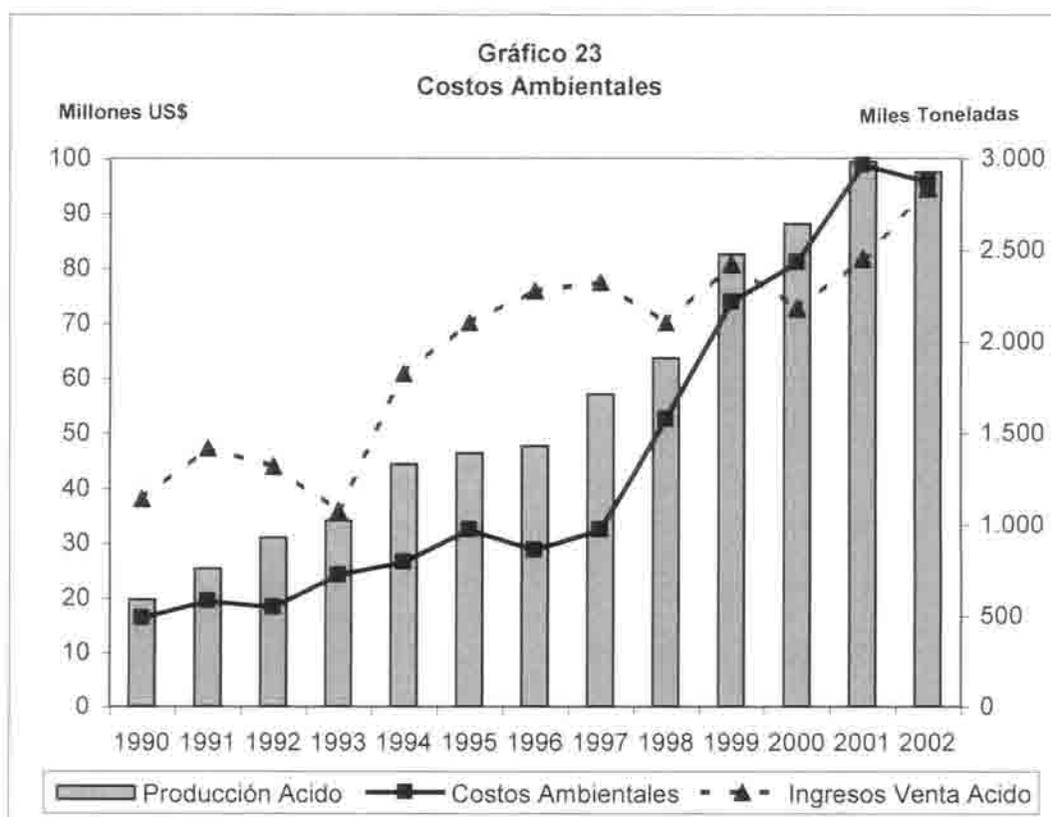
Fundición	Inversión (US\$ / TM Azufre Abatido)		Azufre Abatido (miles TM)
	Promedio	Anualizada	
Paipote	1.309	78,4	91,1
Ventanas	1.137	105,2	115,6
Caletones	813	46,4	276,0
Potrerrillos	1.724	131,6	111,0
Chuquicamata	1.870	153,4	412,7

Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas

3.2 Costos Ambientales.

Se consideran como costos ambientales aquellos asociados a la operación de las plantas de ácido sulfúrico, los sistemas de manejo y limpieza de gases, los costos de las instalaciones anexas a las plantas de ácido y los costos de flete de ácido.

En el siguiente gráfico se muestran los costos ambientales anuales incurridos por las instalaciones, las producciones acumuladas y los ingresos provenientes de la venta de ácido sulfúrico, para el conjunto de las fundiciones estatales.



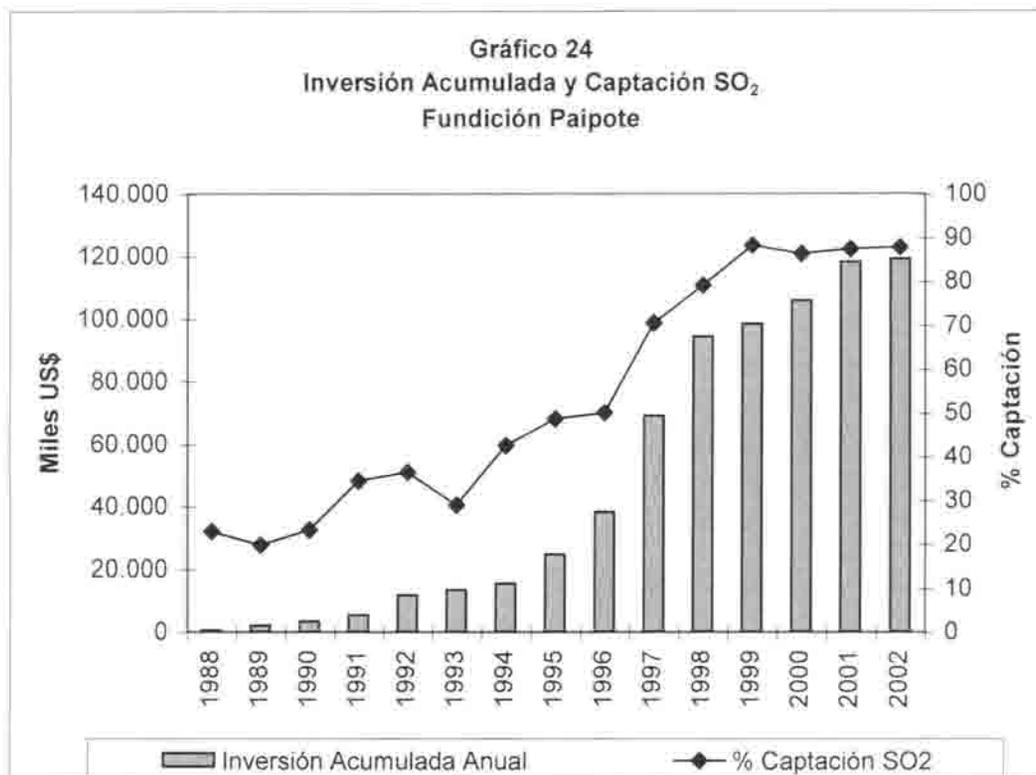
Se observa que hasta el año 1999 los créditos por la venta de ácido sulfúrico cubrían los costos ambientales, situación que se revierte a partir de ese año y se mantiene en el futuro. En promedio para el año 2002 los costos ambientales por tonelada de azufre abatido fueron de US\$ 97,5.

Los ingresos percibidos por las fundiciones por concepto de venta de ácido sulfúrico se ven fuertemente influenciados por las variaciones del precio del ácido.

3.3 Análisis por Fundición.

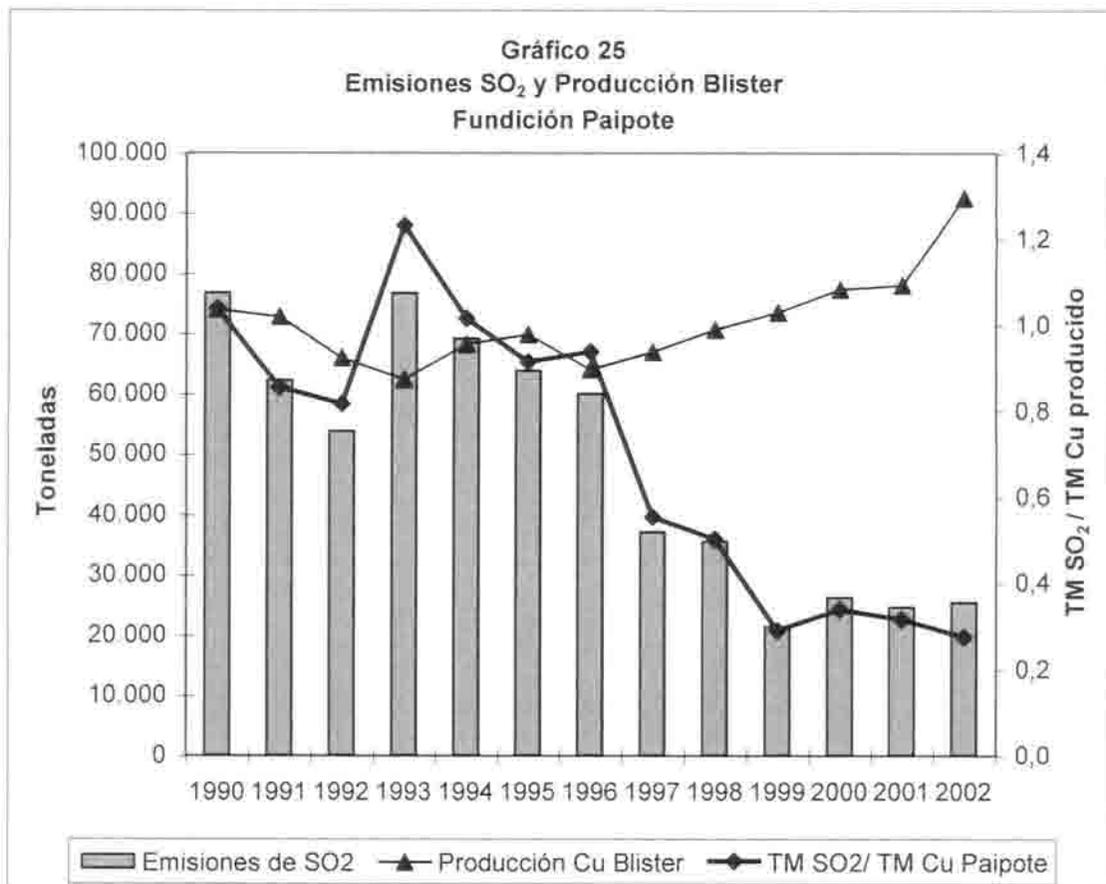
3.3.1 Fundición Hernán Videla Lira (PAIPOTE)

En el Gráfico 24 se observa la inversión acumulada y los porcentajes de captación de anhídrido sulfuroso. Las inversiones ambientales realizadas por la fundición Hernán Videla Lira ascienden a la suma de US\$ 119,2 millones, en moneda del año 2002.



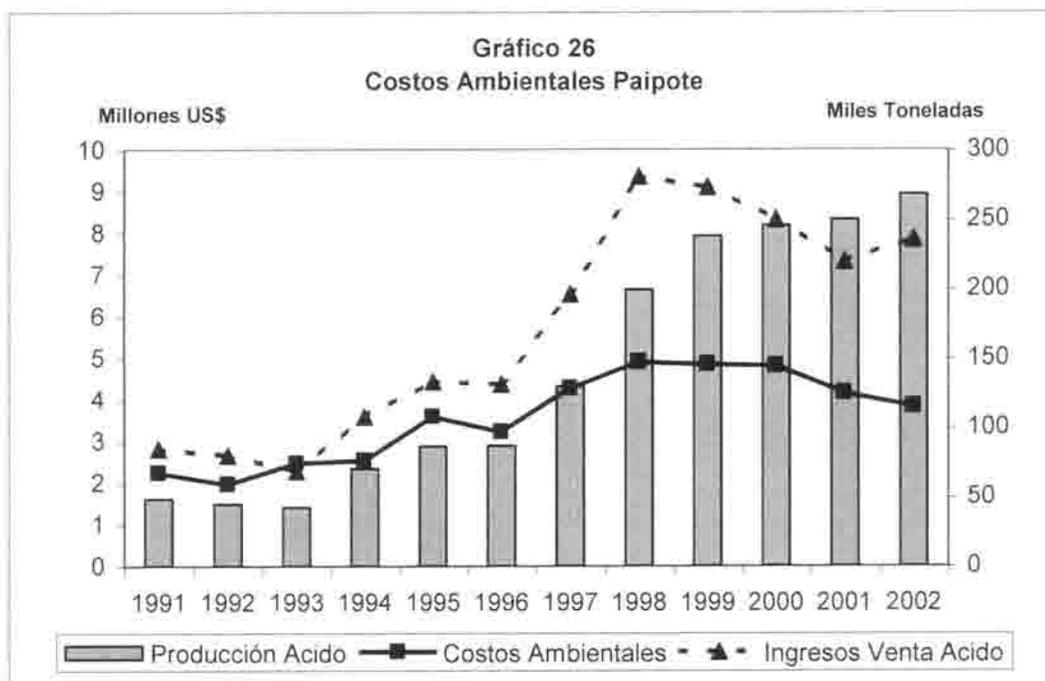
Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

En promedio, la fundición ha invertido US\$ 1.309 por tonelada de azufre abatido, medido en el año 2002. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 78,4 por tonelada de azufre abatido. La inversión anualizada se calcula considerando una tasa de descuento del 10% y el perfil de inversiones en función de los proyectos realizados. Los proyectos más relevantes corresponden a: "Modernización Fundición HVL" con un monto de inversión de US\$ 101 millones, ejecutado en el periodo 1995-2002 y "Ampliación Planta de Acido" con un monto de inversión de US\$ 12,08 millones, ejecutado en el periodo 1990-1996.



La fundición Paipote aumentó su producción de cobre blister en un 25% entre 1990 y 2002, reduciendo sus emisiones de SO₂ en un 67%, hasta un nivel de 25.400 toneladas, alcanzando un coeficiente de SO₂ emitido por tonelada de cobre producido de 0,275.

En relación a los costos ambientales, en el período en análisis los ingresos provenientes de la venta de ácido han compensado los costos ambientales incurridos por la fundición, excepto en el año 1993, como se observa en el siguiente gráfico.

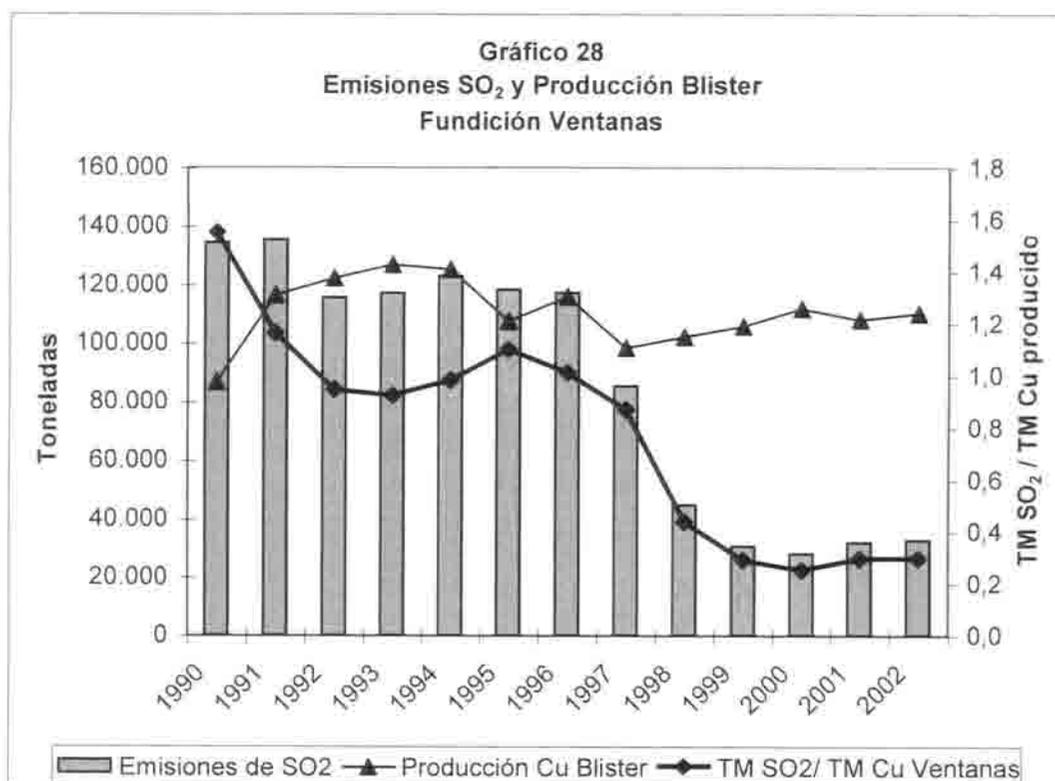


3.3.2 Fundición Ventanas

El programa de inversiones para dar cumplimiento al Plan de Descontaminación significó a la Fundición Ventanas desembolsos por un monto de US\$ 131,5 millones, en moneda del año 2002



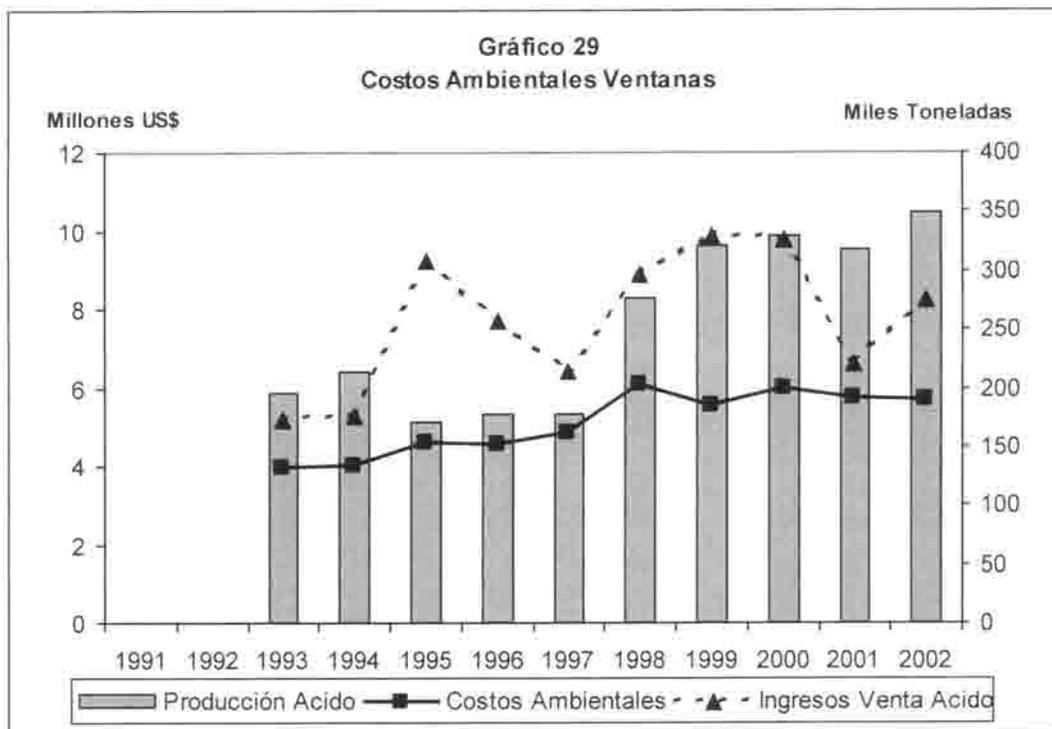
En promedio, la fundición ha invertido US\$ 1.137 por tonelada de azufre abatido, medido en el año 2002. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 105,2 por tonelada de azufre abatido. Los proyectos más relevantes desarrollados corresponden a: "Planta Acido Sulfúrico" con un monto de inversión de US\$ 70,1 millones, ejecutado en el período 1988-1991 y "Modernización Fundición Ventanas" con un monto de inversión de US\$ 58,1 millones, ejecutado en el período 1995-1999.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

La fundición Ventanas disminuyó en promedio su producción de cobre blister en un 8,5% respecto de los niveles promedio de producción del período anterior a la implementación del Plan de Descontaminación. Por su parte, las emisiones de SO₂ se redujeron en un 75,6%, hasta un nivel de 32.800 toneladas, alcanzando en los últimos 3 años un coeficiente promedio de SO₂ emitido por tonelada de cobre producido de 0,282.

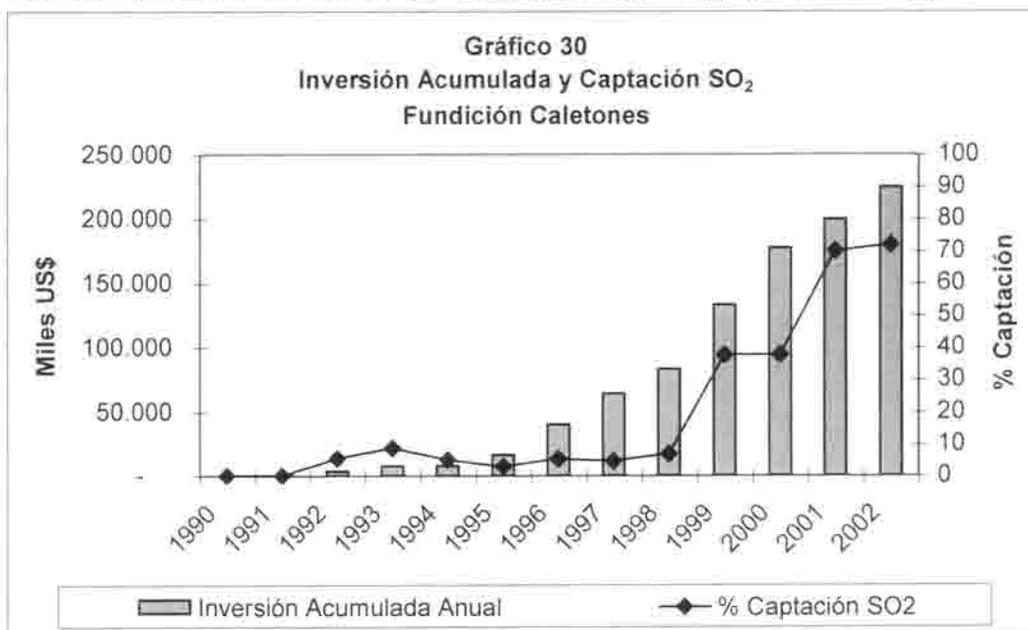
En relación a los costos ambientales, en el período en análisis, los ingresos provenientes de la venta de ácido han compensado los costos ambientales incurridos por la fundición, como se observa en el siguiente gráfico.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

3.3.3 Fundición Caletones – División El Teniente

Las inversiones que ha debido realizar la División El Teniente para cumplir lo establecido en el Plan de Descontaminación y con las normas de calidad del aire y de emisión de arsénico ascienden a US\$ 224,5 millones, en moneda de 2002.

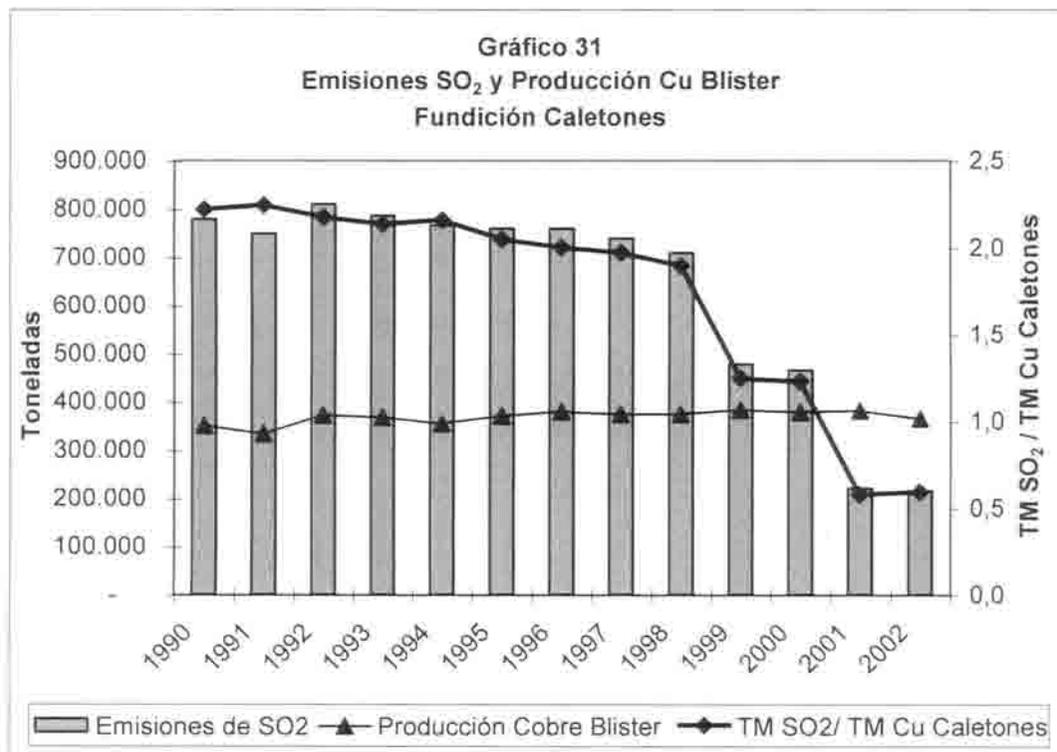


Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

En promedio la fundición ha invertido US\$ 813 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2002. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 46,4 por tonelada de azufre abatido.

Los proyectos más relevantes desarrollados corresponden a: "Segunda Planta Acido Sulfúrico" con un monto de inversión de US\$ 79,9 millones, ejecutado en el periodo 1999-2002; "Planta Acido Sulfúrico N°1" con un monto de inversión de US\$ 66,8 millones, ejecutado en el periodo 1995-2000; "Cambio Esquema Operativo Fundición" con una inversión de US\$ 14,9 millones, ejecutado en el periodo 2001-2002; "Sistema Captación Manejo de Gases Primarios CPS" con una inversión de US\$ 20,6 millones, ejecutado en el periodo 2001/2002; y "Transporte Definitivo de Acido Sulfúrico" con una inversión de US\$ 22,4 millones, ejecutado en el periodo 1999-2002.

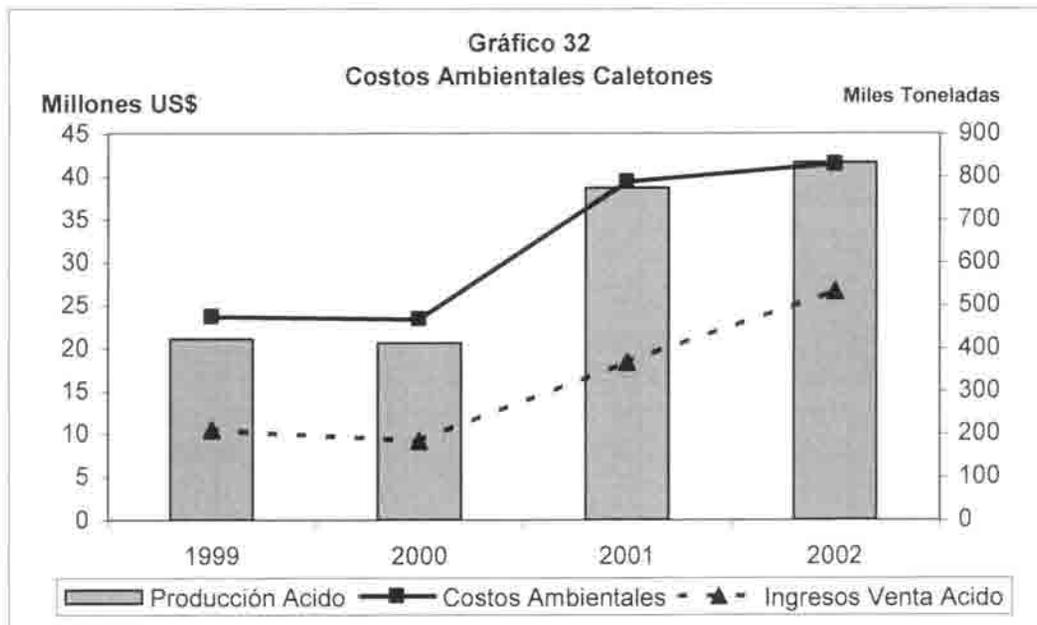
El último proyecto forma parte del sistema de transporte multimodal de ácido sulfúrico, desde la Fundición de Caletones hasta el puerto de San Antonio. Corresponde a la inversión para la construcción del camino que une la fundición con la estación de transferencia a ferrocarril ubicada en Gultro. El sistema de transporte fue financiado en una modalidad mixta, es decir, parte de las inversiones fueron realizadas en forma directa por la División y otras corresponden a inversiones realizadas por terceros, los que cobran una tarifa por el servicio a la fundición.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

En el período en análisis la fundición Caletones mantiene prácticamente constante su producción de cobre blister. Las emisiones de SO₂ se redujeron en un 72,3%, hasta un nivel de 216.000 toneladas, alcanzando en los últimos 2 años un coeficiente promedio de SO₂ emitido por tonelada de cobre producido de 0,586.

Las inversiones realizadas por terceros no se consideran parte de las inversiones que ha debido implementar la fundición, pero sí como costos ambientales en los que debe incurrir. Esto se refleja en el gráfico siguiente en que los costos ambientales aparecen como muy superiores respecto de las otras fundiciones.

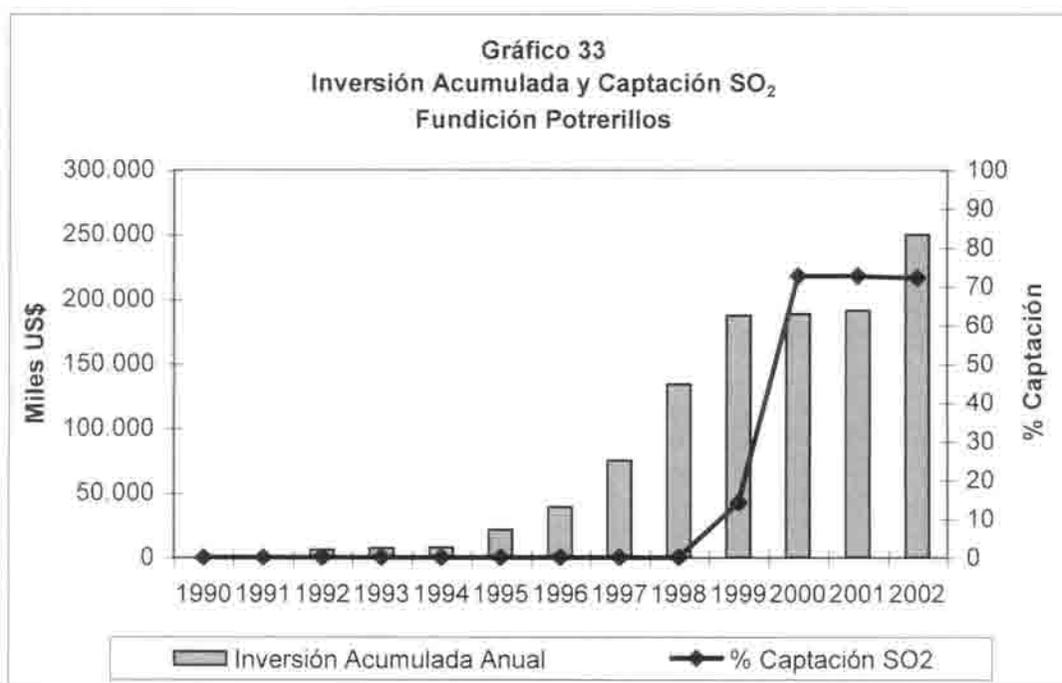


Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

En el período en análisis, los ingresos provenientes de la venta de ácido no han compensado los costos ambientales incurridos por la fundición. Estos costos se ven incrementados por la localización geográfica de la fundición, que está muy alejada de los centros consumidores del ácido.

3.3.4 Fundición Potrerillos – División Salvador

Las inversiones realizadas por la Fundición de Potrerillos asociadas a los proyectos y acciones orientados a dar cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones y la normativa de calidad del aire y de emisión de arsénico, ascienden a US\$ 250 millones, en moneda de 2002.

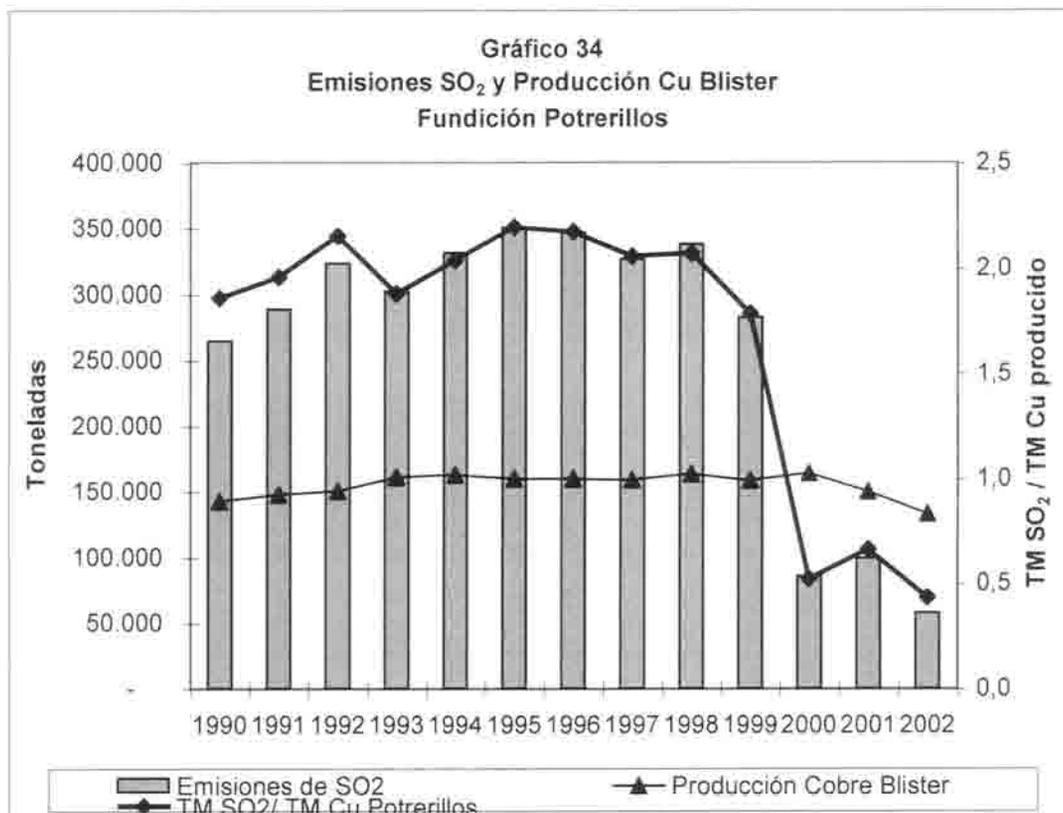


Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

En promedio la fundición ha invertido US\$ 1.724 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2001. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 131,6 por tonelada de azufre abatido.

Los proyectos más relevantes desarrollados corresponden a: "Manejo y Limpieza de Gases" con un monto de inversión de US\$ 52,7 millones, ejecutado en el período 1995-1998; "Planta Acido Sulfúrico", con un monto de inversión de US\$ 102,2 millones, ejecutado en el período 1997-1999; y "Cambio Tecnológico Fundición Potrerillos", con una inversión de US\$ 116 millones, proyecto que se encuentra en su etapa final de ejecución.

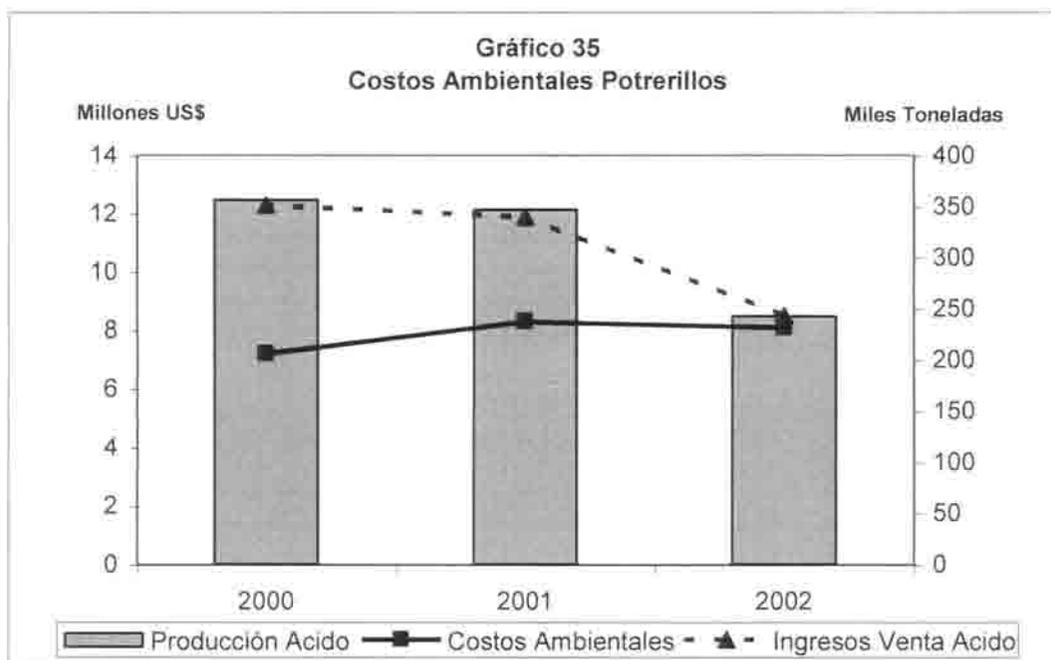
La fundición realizó, además, dos proyectos de monto menor en términos de inversión, pero de gran impacto en el concepto del Plan de Descontaminación, como se indicó en el capítulo precedente, "Ordenamiento Campamento Potrerillos" y "Transformación Campamento Potrerillos en Zona Industrial", con inversiones de US\$ 3,2 y 2,3 millones respectivamente y que se ejecutaron en el período 1997-1999.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

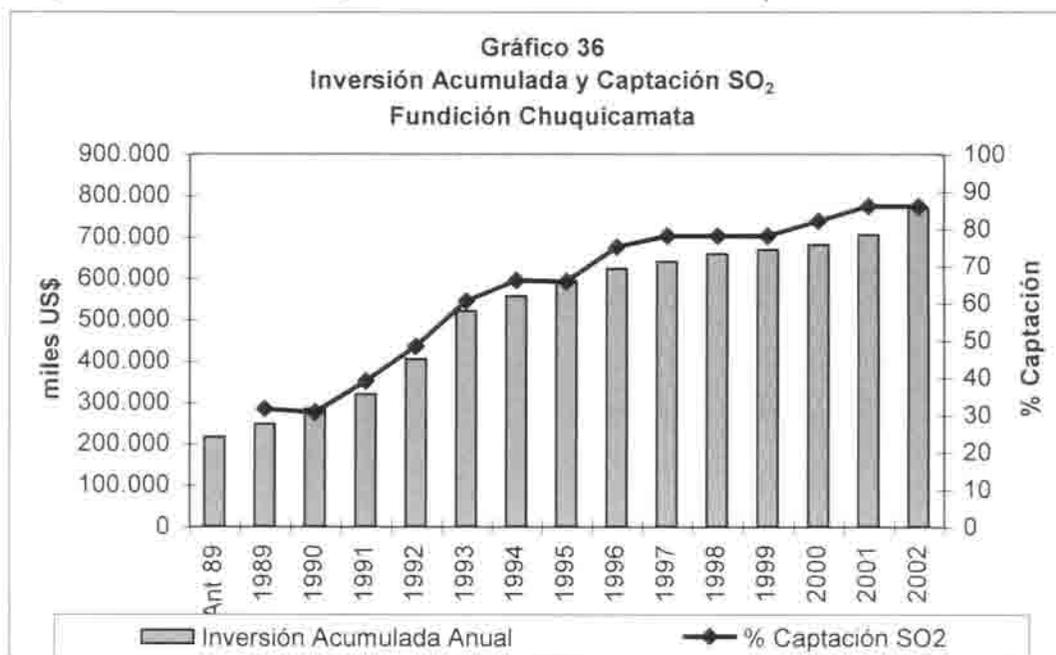
La producción de cobre blister se mantiene prácticamente constante en todo el período, excepto en los dos últimos años, en que tal como se señaló anteriormente, se produce una baja debido a la implementación del proyecto "Cambio Tecnológico Fundición Potrerillos". Las emisiones de SO₂ al año 2001 se redujeron en un 69% respecto de los niveles promedio observados en los años anteriores a la entrada en operación de la planta de ácido. El coeficiente promedio de SO₂ emitido por tonelada de cobre producido en el año 2001 es de 0,661.

En relación a los costos ambientales, en el periodo en análisis los ingresos provenientes de la venta de ácido han compensado los costos ambientales incurridos por la fundición, como se observa en el siguiente gráfico.



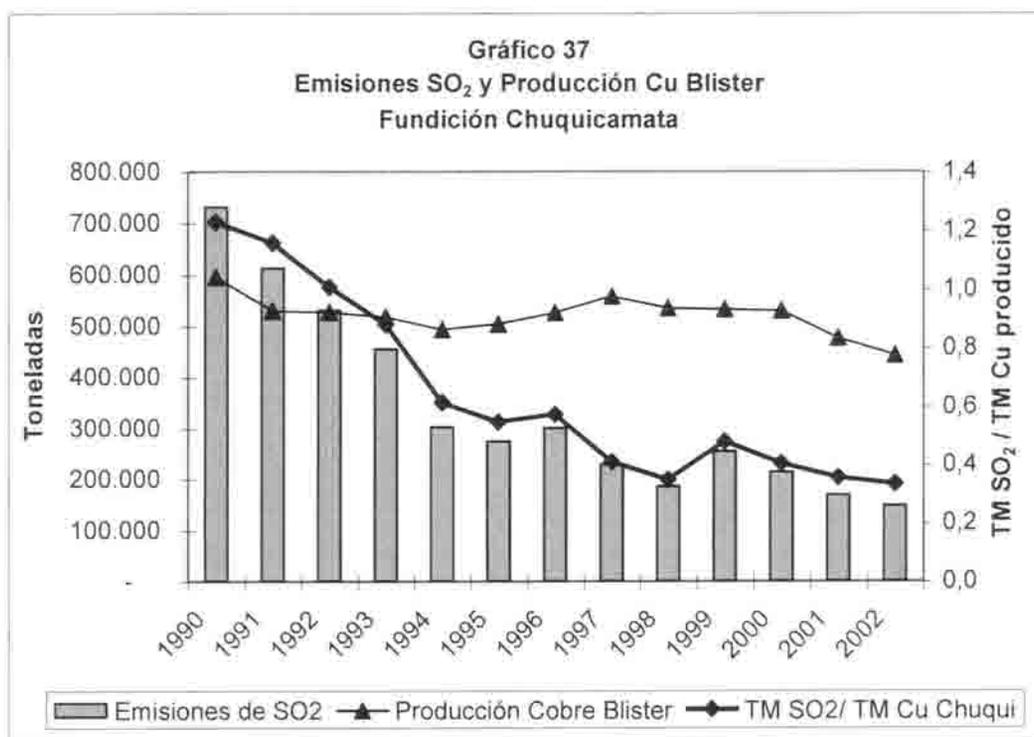
3.3.5 Fundición Chuquicamata – División Codelco Norte

Las inversiones realizadas por la Fundición Chuquicamata asociadas a los proyectos y acciones orientados a dar cumplimiento al cronograma de reducción de emisiones y la normativa de calidad del aire y de emisión de arsénico, ascienden a US\$ 771,8 millones, en moneda de 2002, sin incluir el traslado del Campamento.



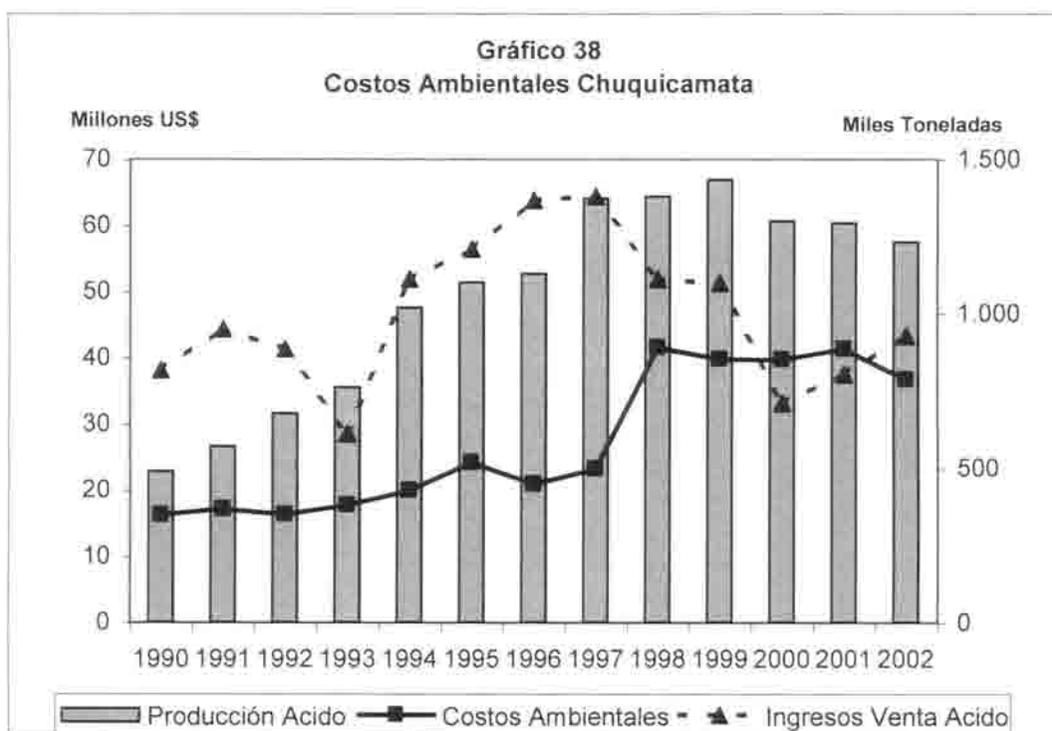
En promedio la fundición ha invertido US\$ 1.870 por tonelada de azufre abatido, medido el año 2002. La inversión anualizada para el mismo año corresponde a US\$ 153,4 por tonelada de azufre abatido.

Los proyectos más relevantes desarrollados corresponden a: "Horno Flash y Anexos" con un monto de inversión de US\$ 97,4 millones, ejecutado en el periodo 1986-1990; "Planta Acido Horno Flash", ejecutado en el periodo 1986-1989, con un monto de inversión de US\$ 94,8 millones; "Reemplazo Hornos Reverbero y Planta de Acido N°4", con una inversión de US\$ 161,8 millones, ejecutado en el periodo 1991-1995; "Conexión CPS N°s 3 y 5 y 5° Módulo Planta de Acido", ejecutado entre 1995 y 1997, con US\$ 52,5 millones de inversión; "Captación y Tratamiento Gases CPS N°s 6 y 7", ejecutado en el periodo 1992 – 1999, con un monto de inversión de US\$ 55,5 millones; y "Mejoramiento Competitividad Fundición de Concentrado", actualmente en ejecución, con una inversión estimada de US\$ 108 millones, valor que podría modificarse de acuerdo a las últimas estimaciones de costos de inversión.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

La producción de cobre blister de la fundición de Chuquicamata se mantiene estable entre los años 1990 y 2000, con un promedio de 530.000 toneladas por año. La fundición se vio obligada a disminuir su nivel de fusión en los años 2001 y 2002 para dar cumplimiento a la norma de emisión de arsénico. Las emisiones de SO₂ disminuyen en el periodo de 13 años en un 80%, alcanzando, en el año 2002, el coeficiente de toneladas de SO₂ emitido por tonelada de cobre blister producido un valor de 0,335.



Elaborado por Cochilco en base a información de las empresas.

En relación a los costos ambientales, se distingue un primer período en que los ingresos provenientes de la venta de ácido han compensado ampliamente los costos ambientales incurridos por la fundición y un segundo período, a partir del año 2000, en que los ingresos por venta de ácido son inferiores o muy similares a los costos.