

DIRECCION REGIONAL
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGION DE ATACAMA
UNIDAD DE PLANES Y NORMAS

*RESULTADOS DEL PLAN DE DESCONTAMINACION
DE LA FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA*

COPIAPO, enero de 2003

RESULTADOS DEL PLAN DE DESCONTAMINACION DE LA FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA

1. INTRODUCCION

Las localidades de Tierra Amarilla, Pabellón, Pueblo San Fernando y Estación Paipote están ubicadas dentro de un área que en septiembre de 1993 fue declarada zona saturada por anhídrido sulfuroso por los Ministerios de Agricultura y de Salud (D.S. 255/1993). Esto significa que dentro de esta área se sobrepasaban las normas de calidad del aire por anhídrido sulfuroso, debido al impacto de las emisiones provenientes de la Fundación Hernán Videla Lira de ENAMI Paipote (Figura 1).

A fin de descontaminar el área de estas localidades, la Fundación Hernán Videla Lira elaboró un Plan de Descontaminación que fue aprobado por el Decreto Supremo N° 180/1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. El Plan de Descontaminación aprobado siguió los procedimientos establecidos en el Decreto Supremo N° 185/1991 del Ministerio de Minería, Párrafo 6° de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

Los términos en que fue aprobado el Plan (D.S. 180/1995), indican que la Fundación debería cumplir con un programa de reducción de emisiones de azufre, de modo que en un plazo de cinco años se cumpliera cabalmente con las normas de calidad del aire en la zona declarada saturada. Además, se obligó a la empresa a reducir en un 40% como mínimo, las emisiones de azufre a la atmósfera durante los meses de invierno a partir del año 1995 y mientras no se cumpliera con la norma de calidad del aire por anhídrido sulfuroso. Por otro lado, se restringió a la Fundación sus emisiones de material particulado y arsénico a partir del año 1995, con lo que en un plazo de cinco años ambos contaminantes deberían reducirse en un 67%.

A mediados de 1995, la Empresa Nacional de Minería informó a la opinión pública que la utilización de ciertas instalaciones de equipos de procedencia nacional haría posible adelantar en un año la habilitación del Plan de Descontaminación, lo cual permitiría cumplir con las normas de calidad del aire antes de la fecha dispuesta por el Plan, logrando además las metas de reducción de las emisiones de material particulado y arsénico.

El objetivo del trabajo que se presenta es realizar una evaluación de los resultados principales que se han verificado desde el año 1993 cuando el área fue declarada zona saturada hasta la fecha. La evaluación considera dos aspectos: el primero corresponde al desarrollo de las distintas acciones tendientes a modernizar el proceso productivo a través de la instalación de tecnología limpia, y el segundo se relaciona con los resultados obtenidos de la aplicación del Plan Operacional de Control de Episodios de Contaminación, del Plan Comunicacional y del Sistema Meteorológico Predictivo de Episodios.

2. EL PLAN DE DESCONTAMINACION

El Plan de Descontaminación de la Fundación Hernán Videla Lira consiste en la modificación del proceso productivo que se desarrolla en la actualidad, a través de la incorporación de tecnología moderna, 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, durante el tiempo que dura la implementación del Plan. Estos instrumentos corresponden a un plan operacional de control de eventos críticos, un sistema meteorológico predictivo de episodios críticos y un plan comunicacional.

2.1. La Modernización Tecnológica

La modernización tecnológica se basa fundamentalmente en una modificación del proceso productivo que permite eliminar el horno de reverbero, principal responsable de las emisiones de azufre que son arrojadas a la atmósfera. El nuevo proceso hará posible las operaciones de fusión y conversión en una misma unidad, el convertidor modificado tipo Teniente, reactor diseñado con tecnología chilena.

Para lograr la fusión-conversión se requiere la adición de oxígeno al proceso, para lo cual el proyecto de modernización contempló la construcción de una planta productora de oxígeno y de una segunda planta de ácido sulfúrico que permite captar el 90,5% del total de las emisiones de azufre.

Los subproyectos de mayor importancia que consideró la modernización tecnológica y que se ejecutaron en la medida que el Plan se iba desarrollando, corresponden a la modificación de los convertidores Hoboken a convertidores Pierce Smith; la construcción de una planta de oxígeno, la habilitación de un sistema de secado a inyección de concentrado al convertidor Teniente; la construcción de una segunda planta de ácido; y la habilitación de un horno para tratamiento de escorias (ENAMI, 1993).

De acuerdo con el calendario establecido para la puesta en operación de los diversos subproyectos, las obras debían estar concluidas en el transcurso de los años 1996, 1997 y 1998. La transformación del convertidor Hoboken en Pierce Smith concluyó en julio de 1996; la segunda planta de ácido sulfúrico entró en operaciones en diciembre de 1996; en 1997 comenzó a operar la nueva planta de oxígeno; el sistema de secado de inyección de concentrado al convertidor Teniente está operativo desde el cuarto trimestre de 1997; y en diciembre de 1998 concluyó la modernización tecnológica con la habilitación del horno decantador para limpieza de escoria. En la actualidad se está terminando la instalación de un horno eléctrico para el tratamiento de la escoria, el que debiera estar operando en septiembre del año 2001.

2.2. Los complementos del Plan de Descontaminación

En el Valle de Copiapó, por razones de índole meteorológica, la contaminación atmosférica es de carácter episódico, es decir, la superación de la norma diaria no ocurre debido a concentraciones altas durante todo el día, sino que se caracteriza por presentar cortos episodios, que normalmente duran unos momentos y rara vez alcanzan una hora de extensión. Durante estos períodos de tiempo, que sólo se manifiestan durante las mañanas, la concentración de anhídrido sulfuroso en el ambiente se eleva a los niveles definidos como críticos desde el punto de vista el riesgo en salud, los que de acuerdo con lo establecido por el Decreto Supremo N° 185/1991, corresponden a situaciones de alerta, advertencia y emergencia ambiental.

El carácter episódico de la contaminación en el Valle de Copiapó, a diferencia de lo que ocurre en Santiago donde la nube contaminante es apreciable sobre la ciudad prácticamente durante todo el día, ha significado que se planteen exigencias adicionales para la Fundación 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.

2.2.1. El Plan de Acción Operacional de Control de Eventos Críticos

Este Plan consistió en la reducción de emisiones de azufre mediante restricciones en el horario crítico, que corresponde a un período que iba aproximadamente desde las 08:00 hrs. hasta las 11:00

hrs. Durante este período, producto de condiciones meteorológicas adversas para la dispersión de los gases, es decir, temperaturas bajas, baja velocidad del viento y capa de inversión térmica cercana a la superficie, se generan las condiciones para que los gases permanezcan estables en la baja atmósfera y se verifiquen eventos de contaminación. Las peores condiciones para la dispersión de los gases en el área afectada se presentan durante los meses invernales, mejorando la capacidad dispersiva durante las estaciones de primavera y verano, producto de las mejores condiciones de la atmósfera para la dispersión de los contaminantes.

El Plan Operacional aplicado en la Fundición de Paipote, fue aprobado por RES/590 del Servicio de Salud de Atacama y RES/152 del Servicio Agrícola y Ganadero en agosto de 1995. Este Plan, que también fue conocido y aprobado por la comunidad (Diario Atacama, sábado 22 de julio de 1995), tiene la característica de ser un instrumento que pretendía prevenir la manifestación de episodios de contaminación, a diferencia del plan anterior aplicado desde enero de 1995 hasta mayo del mismo año, que tenía la característica de ser reactivo, es decir, las medidas operacionales se tomaban cuando las concentraciones de gases alcanzaban los niveles críticos, lo cual no es efectivo cuando se trata de proteger la salud de la población. Con el plan preventivo, las medidas operacionales se toman con anterioridad a la manifestación de los episodios, reduciendo la posibilidad de que éstos ocurran. Dependiendo de las condiciones meteorológicas que se presenten en el área de influencia de las emisiones de la fundición, se consideran cuatro situaciones operacionales.

Operación Normal: Considera el Horno Reverbero trabajando hasta con siete toneladas de combustible/hora, el Convertidor Teniente y dos convertidores tradicionales funcionando.

Operación con Restricción Preventiva: El Horno Reverbero opera con un máximo de 5,5 toneladas de combustible/hora. Funciona sólo el Convertidor Teniente o dos convertidores tradicionales sin el Convertidor Teniente.

Operación Restrictiva: El Horno Reverbero opera hasta con 4,5 toneladas de combustible/hora y funciona sólo con un convertidor tradicional.

Operación con Restricción Extrema: El Horno Reverbero opera con un máximo de 2,7 toneladas de combustible/hora y con un convertidor tradicional.

Después de diciembre de 1998, una vez eliminado el horno reverbero y reemplazado por un horno decantador para el tratamiento de escorias, opera el nuevo plan operacional de tipo permanente, basado en la capacidad de tratamiento de gases de las plantas de ácido y apoyado por el Servicio de Meteorología, quien entrega pronósticos de las condiciones de dispersión de contaminantes en forma periódica al Jefe de Turno, de manera de hacer un control estricto de las emisiones fugitivas en el proceso de conversión, de acuerdo al cuadro que se muestra en la sección 3.2 del presente informe.

2.2.2. El Sistema Meteorológico Predictivo de Episodios Críticos

La aplicación del sistema de predicción está fundamentalmente orientado 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 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 (Figura 2). 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.

2.2.3. 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.

El Plan Comunicacional diseñado (CONAMA-Atacama, 1995), se generó en el contexto del requerimiento planteado por la comunidad al interior del Comité de Gestión Ambiental, instancia de participación ciudadana creada el 14 de junio de 1995 (Diario Atacama, jueves 15 de junio de 1995). La responsabilidad del diseño e implementación de este Plan recayó en la Dirección Regional de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Este Servicio 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, atendiendo a lo establecido en el artículo 70, letra c de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (CONAMA, 1994).

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.

Centro de Documentación: Persigue generar y entregar información a la comunidad, relacionada con el problema de contaminación atmosférica a través de cartillas educativas, charlas, entrevistas con medios de comunicación, elaboración de documentos técnicos, etc. En las oficinas de CONAMA se atiende a estudiantes básicos, medios y universitarios, dueñas de casa, grupos ambientalistas, etc., entregando la información solicitada en relación con la problemática de contaminación del aire.

Atención Telefónica: Su objetivo es entregar información directa vía telefónica a las personas que lo requieran. Se atienden llamadas que se efectúan desde diversos sectores de Copiapó, Tierra Amarilla, Pueblo de San Fernando y Paipote para realizar consultas en relación con la calidad del aire u otros temas.

Terminal Computacional: Este terminal entrega antecedentes que permiten vigilar el comportamiento de la calidad del aire, en tiempo real, en cuanto a las concentraciones de anhídrido sulfuroso que se verifican en los sectores monitoreados correspondientes a Tierra Amarilla, San Fernando, Paipote, Copiapó Centro y Copiapó Los Volcanes. Por otro lado, el monitor entrega los datos de las concentraciones horarias y diarias que son vertidas en un informe que es enviado a los medios de comunicación escritos y autoridades regionales diariamente. Este monitor puede ser consultado directamente por la comunidad en caso que alguien así lo solicite.

3. RESULTADOS PRINCIPALES DEL PLAN DE DESCONTAMINACION

3.1. Modernización Tecnológica

La evaluación definitiva de esta componente del Plan de Descontaminación tiene lugar desde diciembre de 2000, desde la cual todas las nuevas instalaciones están funcionando y habiendo superado la etapa de marcha blanca, se comparan los niveles de concentración de anhídrido sulfuroso con las normas de calidad del aire. A la fecha se ha cumplido a cabalidad con el programa establecido para concretar los diferentes subproyectos tecnológicos que conformaron la respuesta tecnológica de la ENAMI a las exigencias del Plan de Descontaminación.

La tabla 1 presenta un cronograma de las principales acciones que el Plan de Descontaminación fue concretando en el transcurso del período de implementación. En esta tabla se observan las distintas fechas relacionadas con los principales subproyectos concretados durante 1995, 1996, 1997 y 1998. Estos proyectos se relacionan con la modificación de los convertidores Hoboken a Convertidores Pierce Smith, con la construcción de la Planta de Oxígeno, el sistema de secado e inyección de concentrado al Convertidor Teniente, la nueva planta de ácido sulfúrico y el horno para tratamiento de escorias.

En lo que va corrido del desarrollo del Plan, todas las actividades contempladas para ser desarrolladas, se han ido concretando tal como estaba establecido en el calendario correspondiente (Tabla 1).

TABLA 1: CRONOGRAMA DE LAS PRINCIPALES ACCIONES DEL PLAN DE DESCONTAMINACION		
FECHA	ACCION	EFECTO
Diciembre 1993	Se presenta el Plan de Descontaminación a Autoridades Regionales	Se cumple compromiso establecido
Diciembre 1994	S.E. el Presidente de la República, aprueba el Plan de Descontaminación de Paipote	Comienza ejecución del Plan aprobado
Mayo 1995	Se aplica "Plan de Invierno" para disminuir episodios críticos de contaminación.	Bajan entre un 25% y 50% los niveles de concentración de gases respecto de 1994.
Junio 1995	Se pone en marcha un Ecosonda que mide meteorología en altura	Mejora considerablemente la predicción. Se puede prever condiciones climáticas y disminuir fusión para evitar episodios.
Junio 1995	Se inaugura Sexta Estación de Monitoreo Ambiental.	Se obtiene un monitoreo ambiental más completo de la

		zona de Copiapó.
Julio 1995	Firma del convenio de certificación de calidad de datos con la Universidad de Atacama.	Se otorga mayor transparencia a los datos entregados por la red de Monitoreo Ambiental.
Septiembre 1995	Se inician los trabajos para instalar la nueva Planta de ácido sulfúrico.	Se gana un año de tiempo en el Plan de Descontaminación gracias a la compra de la Planta de Acido de Chagres.
Octubre 1995	Llegan los primeros equipos de la nueva Planta de ácido.	Se inicia el montaje de inmediato, acelerando el calendario del Plan de Descontaminación.
Diciembre 1995	Inicia operación el sistema de Predicción Meteorológica	Mejora notablemente la calidad del pronóstico meteorológico. Se logra mayor exactitud en predecir el riesgo de episodios críticos.
Enero 1996	Comienza la baja de fusión según la predicción meteorológica.	Disminuye considerablemente el número de episodios críticos de contaminación respecto de otros años.
Julio 1996	Se transforma el convertidor Hoboken en Pierce Smith.	Mejora la captación de gases en fundición, disminuyendo la emisión de gases fugitivos.
Diciembre 1996	Entra en operaciones la nueva Planta de ácido sulfúrico de Paipote.	Aumenta la captación de gases a un 65% disminuyendo la contaminación.
Octubre 1997	Comienza a operar la nueva Planta de oxígeno.	El convertidor Teniente aumenta su fusión sin contaminar, tratando sus gases en la nueva Planta de ácido.
Marzo 1998	Se apaga el horno reverbero.	Desaparece la principal causa de contaminación. La chimenea de Paipote casi no arroja humo. Se comienza a cumplir la normativa ambiental.
Octubre 2002	Instalación de horno de limpieza de escoria. Paipote termina su Plan de Descontaminación.	La III región cuenta con una Fundición limpia que puede seguir entregando trabajo y bienestar a miles de familias de la Región de Atacama, sin contaminar.

3.2. Complementos del Plan

Los complementos del Plan están referidos a tres instrumentos de gestión que corresponden a un plan operacional de control de eventos críticos, un sistema predictivo de episodios críticos y un plan comunicacional. Estos complementos han estado orientados, por una parte, a controlar la ocurrencia de episodios críticos de contaminación mientras se concreta la modernización tecnológica, y por otra parte, a mantener permanentemente informada a la comunidad afectada.

**PLAN OPERACIONAL DEFINITIVO DE EPISODIOS CRITICOS
FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA**

CONDICION METEOROLOGICA	EQUIPOS EN SERVICIO				PARAMETROS METEOROLOGICOS
	PLANTAS DE ACIDO EN SERVICIO		CONVERTIDOR P.S.	CONVERTIDOR TENIENTE	
	1	2			
CONDICION DE DISPERSION BUENA	SI SI NO	SI NO SI	SI SI SI	SI NO SI *	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VELOCIDAD VIENTOS: > 2 m/seg. ▪ DIRECCION: W-NW. ▪ ATMOSFERA INESTABLE, SIN INVERSION TERMICA.
CONDICION DE DISPERSION REGULAR	SI SI NO	SI NO SI	SI SI SI	SI NO SI *	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VELOCIDAD VIENTOS: 1 a 1,5 m/seg. ▪ DIRECCION: VARIABLE. ▪ ATMOSFERA ESTABLE, INVERSION DEBIL.
CONDICION DE DISPERSION MALA	SI SI NO	SI NO SI	SI SI SI	SI NO SI *	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VELOCIDAD VIENTOS: < 1m/seg. ▪ DIRECCION: VARIABLE S-SE o N. ▪ ATMOSFERA MUY ESTABLE, INVERSION FUERTE Y CONTINUA.

- Si la Planta de Acido N° 2 sale fuera de servicio, el Convertidor Teniente no opera, independiente de las condiciones meteorológicas.
- (*) Si la Planta de Acido N° 1 sale fuera de servicio, el Convertidor Teniente y el Convertidor P.S. opera en punta (no operan paralelamente) con la Planta de Acido N° 2.

Los resultados obtenidos, luego de la puesta en marcha de estos instrumentos, se evalúan a partir del análisis de dos indicadores. Estos indicadores, corresponden a la evolución del número de veces en que se sobrepasan las normas primarias y secundarias de calidad del aire dentro de la zona saturada y a la evolución de la frecuencia e intensidad de los episodios críticos de contaminación.

3.2.1. Cronograma de emisiones de azufre Fundición Hernán Videla Lira en comparación con D.S. N° 180/1995

El D.S. N° 180/1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia dispone las siguientes emisiones máximas permisibles para los períodos que se indica:

AÑO	AZUFRE	
	T/MES (1)	T/MES (2)
1995	2200	3700
1996	2200	3700
1997	2200	3700
1998	2200	2600
1999	1666	1666
2000	(*)	(*)

(1) Meses de junio, julio, agosto.

(2) Mes de septiembre a mayo inclusive.

(*) Cumplimiento de las normas de calidad del aire.

EMISIONES RESULTANTES DEL PLAN DE DESCONTAMINACION

EMISIONES EN TONELADAS								
MESES	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
ENERO	3252	2860	3252	1893	1111	1278	993	1148
FEBRERO	3551	2732	2347	1893	1114	1234	1147	803
MARZO	3344	2279	1597	2196	775	1258	1185	918
ABRIL	3554	2497	1074	1973	206	1576	1301	1090
MAYO	3384	2297	1043	612	808	572	413	500
JUNIO	1992	1726	1258	1973	812	808	937	1032
JULIO	1780	1863	877	1747	864	994	748	1053
AGOSTO	1456	2188	1548	1029	975	1313	1191	1187
SEPTIEMBRE	2019	2893	1252	1599	938	1273	1119	1055
OCTUBRE	2350	3337	1206	1190	1069	956	867	1154
NOVIEMBRE	2415	2623	1288	838	1092	908	1078	1382
DICIEMBRE	2816	2711	1799	810	892	933	1338	1197
TOTAL	28.662	24.672	15.454	17.753	10656	13276	12317	12519

De la información observada se puede afirmar que existe una tendencia general a la reducción de emisiones en la medida que avanza el Plan de Descontaminación, tanto en los meses de invierno como en los otros meses y se cumplen los estándares de emisión del D.S. N° 180.

3.2.2. Evolución del número de ocasiones de superación de la norma primaria anual de SO₂.

El siguiente cuadro muestra los resultados del Plan de Descontaminación de la Fundación Hernán Videla Lira en relación con el cumplimiento de la norma primaria anual (80 µg/Nm³) lo que representa el mejoramiento experimentado en la calidad del aire desde el punto de vista del riesgo por exposición crónica de la población al anhídrido sulfuroso.

AÑO	PROMEDIO ANUAL (SO ₂) SEGÚN LOCALIDAD			
	E. PAIPOTE	COPIAPO	T. AMARILLA	S. FERNANDO
1993	275,5	79,1	156,5	125,5
1994	234,5	62,3	148,3	95,8
1995	132,7	55,9	128,3	56,4
1996	104,8	43,2	84,4	38,5
1997	69,4	18,6	44,3	23,4
1998	57	14	36,2	17,4
1999	52,8	12,0	26,3	18,8
2000	50,2	5,3	28,1	9,5
2001	37,3	11,1	24,1	16,2
2002	31,3	4,7	12,2	11,7
OCASIONES SOBRES NORMA ANUAL (80 µ/Nm ³)	4 Hasta 1996	0 Nunca se sobrepasó	4 Hasta 1996	2 Hasta 1994

Se puede observar que en la estación Centro de Copiapó está norma nunca se ha sobrepasado, que en San Fernando la norma no se sobrepasa desde 1994, que en Tierra Amarilla el último año en que esta norma fue superada corresponde a 1996, esto último también es válido para la localidad de Estación Paipote, que es la más contaminada por su cercanía a la Fundición.

3.2.3. Evolución del número de ocasiones de superación de la norma primaria diaria de SO₂.

El siguiente cuadro muestra los resultados del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira en relación al cumplimiento de la norma primaria diaria (365 µg/Nm³), lo 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.

AÑO	N° DE SUPERACIONES DE LA NORMA PRIMARIA DIARIA SEGÚN LOCALIDAD			
	E. PAIPOSE	COPIAPO	T. AMARILLA	SAN FERNANDO
1993	98	4	23	30
1994	81	5	24	8
1995	17	2	17	0
1996	11	0	2	0
1997	2	0	0	0
1998	2	0	0	0
1999	2	0	0	0
2000	1	0	0	0
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0

Se puede observar que en Copiapó la norma primaria diaria no se sobrepasa desde 1995, en San Fernando no existen superaciones desde 1994, en Tierra Amarilla la última vez que se sobrepasó la norma fue en 1996, mientras que en Paipote, desde 1997 el número de superaciones a la norma durante el año se ha estabilizado en 2, produciéndose sólo 1 superación en el año 2000. Esto último indica que en la localidad más afectada por la contaminación, como lo es Estación Paipote se cumple con lo dispuesto en la Resolución 1215 de 1978 del Ministerio de Salud, que indica que la norma diaria no se puede sobrepasar más de una vez en el año. 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.

3.2.4. Influencia del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira en la frecuencia de los episodios críticos

Las características topográficas y climáticas del Valle de Copiapó determinan una contaminación de carácter episódico, es decir, que la contaminación definida como superación de las normas de calidad del aire ocurre debido a la presencia de altas concentraciones de anhídrido sulfuroso durante ciertos períodos de tiempo, en las mañanas o madrugadas por efectos de la inversión térmica.

El siguiente cuadro muestra la reducción del número de episodios críticos, es decir, concentraciones horarias del contaminante por sobre los 1963 µg/Nm³ definido como ALERTA, por el D.S. N° 185/1991 del Ministerio de Minería.

RESULTADOS REDUCCION EPISODIOS CRITICOS SEGÚN AÑO

AÑO	N° TOTAL DE EPISODIOS CRITICOS SEGÚN LOCALIDAD			
	E. PAIPOTE	COPIAPO	T. AMARILLA	SAN FERNANDO
1993	283	15	88	58
1994	216	7	67	31
1995	57	7	67	7
1996	26	0	16	0
1997	10	1	7	2
1998	11	0	2	1
1999	7	0	0	0
2000	6	0	0	0
2001	3	0	0	0
2002	0	0	0	0

Se observa una clara tendencia a la reducción de la frecuencia de episodios críticos en todas las localidades de manera que en el último año de medición del Plan no se produjo ningún episodio crítico.

3.2.5. Influencia del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira en la intensidad de los episodios críticos

El Decreto Supremo N° 185/1991 del Ministerio de Minería establece niveles de referencia de riesgo por exposición aguda de la población a concentraciones horarias de anhídrido sulfuroso que superen los siguientes valores:

Episodio de Alerta: Concentración horaria de SO₂, superior a 0,75 p.p.m., 1963 µg/Nm³: Con este nivel se encuentran en riesgo los grupos más sensibles de la población, es decir, ancianos, niños pequeños y personas que sufren enfermedades cardíacas y respiratorias.

Episodio de Advertencia: Concentración horaria de SO₂, superior a 1 p.p.m., 2618 µg/Nm³: Con este nivel se suman al grupo de riesgo anterior aquellas personas expuestas a la contaminación que se encuentren desarrollando una actividad física que demande alto consumo de oxígeno. Ejemplo: escolares en clases de gimnasia.

Episodio de Emergencia: Concentración horaria superior a 3927 µg/Nm³. Con este nivel existe riesgo para la salud de cualquier persona expuesta a la contaminación.

El siguiente cuadro muestra el comportamiento de la intensidad de los episodios de contaminación desde que se declaró zona saturada por anhídrido sulfuroso el área circundante a la Fundición Hernán Videla Lira, hasta septiembre de 1999, donde el Plan de Descontaminación se encuentra prácticamente ejecutado.

**EPISODIOS CRITICOS DE CONTAMINACION ATMOSFERICA SEGÚN INTENSIDAD
CENTROS POBLADOS DEL VALLE DE COPIAPO
1993 - 1999**

AÑO	E. PAIPOTE			COPIAPO			T. AMARILLA			SAN FERNANDO		
	AL	AD	EM	AL	AD	EM	AL	AD	EM	AL	AD	EM
1993	118	103	62	9	6	0	40	38	10	31	24	3
1994	87	77	47	4	3	0	27	27	16	18	11	2
1995	32	17	8	6	2	0	29	27	13	7	0	1
1996	13	13	1	0	0	0	13	3	0	0	0	0
1997	5	4	1	1	0	0	3	3	1	1	1	0
1998	4	4	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0
1999	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se observa una tendencia sostenida a la reducción del nivel de intensidad de los episodios críticos a través del tiempo, en la medida que avanza el Plan de Descontaminación. La localidad de Estación Paipote, la única que muestra algún nivel de contaminación en la actualidad, redujo drásticamente el número de episodios de emergencias, desde 62 en 1993 a sólo 1 episodio de esa intensidad en año el 2001. Lo anterior indica que en Paipote, el riesgo por exposición aguda el anhídrido sulfuroso en el 2001 se había reducido a los grupos más sensibles de la población, es decir, ancianos, niños pequeños y enfermos cardiacos y respiratorios. Mientras que en el último año el riesgo no estuvo presente.

3.2.6. Influencia del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira sobre la norma secundaria horaria del D.S. N° 185/1991 del Ministerio de Minería

El D.S. N° 185/1991 del Ministerio de Minería establece una norma secundaria horaria, para protección de cultivos y agrícolas, la que corresponde a una concentración horaria de anhídrido sulfuroso de 1000 µg/Nm³.

El Servicio Agrícola y Ganadero ha definido como de carácter agrícola las localidades de Tierra Amarilla, San Fernando y Pabellón.

N° DE SUPERACIONES DE LA NORMA SECUNDARIA HORARIA DE ANHIDRIDO SULFUROSO, SEGÚN AÑO Y LOCALIDAD MONITOREADA

AÑO	N° DE SUPERACIONES A LA NORMA SEGÚN LOCALIDAD		
	T. AMARILLA	SAN FERNANDO	PABELLON
1993	339	267	27
1994	300	190	30
1995	235	57	18
1996	120	17	7
1997	50	9	0
1998	27	7	0
1999	5	2	0
2000	7	0	0
2001	7	0	0
2002	1	0	0

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 la estación de monitoreo de Tierra Amarilla está ubicada en un sector más representativo de la población que de los cultivos agrícolas y sólo se registró una superación de la norma durante el año 2002.

3.2.7. Otros resultados del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira

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 su contenido de arsénico. Esto se debe al sistema de limpieza de gases que se requiere para la fabricación de ácido sulfúrico con el anhídrido sulfuroso captado en las operaciones de conversión.

La reducción de emisiones de material particulado y arsénico fue prevista por ENAMI, por lo que la empresa se comprometió con los niveles de emisión que fueron establecidos en el D.S. N° 180/1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que aprobó el Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira.

El siguiente cuadro expuesto en el Artículo 4° del D.S. N° 180 indica los compromisos de la Empresa Nacional de Minería.

**CRONOGRAMA DE MATERIAL PARTICULADO Y ARSENICO
1995 - 2001**

AÑO	ARSENICO		MATERIAL PARTICULADO
	T/AÑO	T/MES	T/AÑO
1995	84	7	1500
1996	84	7	1500
1997	84	7	1500
1998	84	7	1000
1999	42	3,5	600
2000	28	2,3	600

3.2.7.1. Emisiones de Material Particulado producto del Plan de Descontaminación Fundición Hernán Videla Lira

AÑO	MAXIMO PERMITIDO T/AÑO	MAXIMO ALCANZADO T/AÑO
1995	1500	No se midió
1996	1500	1440,9
1997	1500	1389,3
1998	1000	816
1999	600	200
2000	600	137,07
2001 y 2002	300	No se midió, se asume unas 250 Toneladas.

Se puede verificar el cumplimiento de los estándares máximos permitidos de material particulado comprometidos en el D.S. N° 180/1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprobó el Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira.

3.2.7.2. Emisiones de arsénico producto del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira

AÑO	T/AÑO		T/MES	
	MAXIMO PERMITIDO	MAXIMO ALCANZADO	MAXIMO PERMITIDO	MAXIMO REAL
1995	84	64,06	7	6,86
1996	84	70,06	7	6,89
1997	84	68,37	7	6,79
1998	84	60,43	7	6,77
1999	42	33,2	3,5	3,35
2000	42	34,7	No aplicable	7,39
2001	42	28,7	No aplicable	5,5
2002	42	11,56	No aplicable	2,52

Se verifica un cabal cumplimiento de las tasas anuales y mensuales de emisión de arsénico comprometidas en el D.S. N° 180/1995 del MINSEGPRES y en D.S N° 165/99 MINSEGPRES.

3.2.7.2. Probable influencia del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira sobre la calidad del aire por Material Particulado Respirable

Aún cuando en el Valle de Copiapó, existen otras fuentes emisoras de material particulado, fundamentalmente de origen industrial minero, la implementación del Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira parece tener una influencia no despreciable sobre el mejoramiento de la calidad del aire, especialmente a partir de 1997 cuando la segunda Planta de Acido Sulfúrico entró en funcionamiento.

Obsérvese el siguiente cuadro:

OCASIONES SOBRE NORMA DIARIA PM-10 (150 µg/Nm³)

LOCALIDAD	AÑO								
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Paipote	15	14	14	7	12	7	0	3	4
Tierra Amarilla	11	11	4	2	4	0	0	0	0
San Fernando	4	9	16	3	1	0	0	1	1
Copiapó	1	5	1	5	0	0	0	0	0
Total	31	39	35	17	17	7	0	4	5

Se verifica una reducción importante del número de excedencias de la norma de Material Particulado Respirable MP-10 a partir del año 1997, lo que coincide con la instalación de la Segunda Planta de Acido en 1997, acentuándose más esta reducción en 1999, probablemente por la eliminación del horno de reverbero, mientras que el 2000 no existen superaciones a la norma y el 2001 sólo 4.

4. TECNOLOGIA DE DESCONTAMINACION Y COSTOS ASOCIADOS

El siguiente cuadro muestra las principales instalaciones que debió implementar la Fundación Hernán Videla Lira para responder a las exigencias de reducción de emisiones y mejoramiento de la calidad del aire impuestas por el Plan de Descontaminación. A lo anterior se debe agregar las instalaciones necesarias para implementar los complementos del Plan, es decir, los equipos de monitoreo, el Sistema Predictivo de episodios críticos, el Plan Comunicacional y por supuesto todos los costos asociados al personal que opera estas instalaciones complementarias.

PRINCIPALES INSTALACIONES DEL PLAN DE MODERNIZACION DE LA FUNDICION HERNAN VIDELA LIRA Y SUS COSTOS ASOCIADOS

Equipo o Instalación	Fecha de Operación	Objetivo	Valor MUS\$
Planta de Acido N° 2	Febrero 1997	Aumentar captación de azufre	22.500
Manejo de Gases	Noviembre 1997	Aumentar captación de azufre	16.200
Planta de Oxígeno	Enero 1998	Aumentar capacidad de fusión al Convertidor Teniente	14.500
Electricidad	Junio 1997	Sub-Estación de Distribución Eléctrica para Energía comprada a terceros.	4.900
Planta de Inyección y Secado de Concentrados	Junio 1997	Aumentar capacidad de fusión al Convertidor Teniente	11.700
Horno eléctrico tratamiento escorias	Octubre 2001	Mejorar recuperación del cobre de escorias	14.000
TOTAL			83.800

5. CONCLUSIONES:

A TRES AÑOS DE HABER TERMINADO EL PLAZO OFICIAL DISPUESTO POR EL D.S. N° 180/1995 DEL MINSEGPRES, PARA EL TOTAL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN DE LA FUNDICIÓN HERNÁN VIDELA LIRA, ES POSIBLE OBTENER LAS SIGUIENTES **CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS DEL PLAN.**

- 5.1. Se puede verificar el cabal cumplimiento del cronograma de emisiones de azufre, material particulado y arsénico establecido en el Plan de Descontaminación.
- 5.2. Se ha verificado, a partir del año 1997, el cumplimiento de la norma primaria anual de calidad del aire por anhídrido sulfuroso en todas las localidades pobladas circundantes a la Fundición Hernán Videla Lira, lo que indica que no existe riesgo por exposición crónica de la población a este compuesto.
- 5.3. Se ha verificado, a partir del año 1997, el cumplimiento de la norma primaria diaria de calidad del aire por anhídrido sulfuroso ($365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) en todas las localidades pobladas circundantes a la Fundición, incluso Estación Paipote, que al no haber superado la norma en el año 2001 cumple con la Resolución 1215 de 1978 del Ministerio de Salud, habiendo cesado en el año 2001 la generación de episodios críticos de contaminación atmosférica en la misma área, lo que implica que, desde el punto de vista de una exposición aguda a este contaminante, el riesgo se redujo a cero en el último año de monitoreo.
- 5.4. Las medidas adoptadas para el control de emisiones de material particulado y su contenido de arsénico han permitido un mejoramiento de la calidad del aire manifestado en una reducción del número de superaciones de la norma primaria diaria de $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dispuesta por el D.S. N° 185/1991 del Ministerio de Minería y ratificado por el D.S. N° 59/1998 del MINSEGPRES
- 5.5. En cuanto a las normas secundarias de calidad del aire, destinadas a la protección de cultivos agrícolas, persisten algunas esporádicas superaciones de la norma horaria de $1000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, establecida por el D.S. N° 185, lo que se verifica en la localidad de Tierra Amarilla.

6. REFERENCIAS

Comisión Nacional del Medio Ambiente Atacama, 1995. Plan Comunicacional de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica en Copiapó y Tierra Amarilla. Agosto de 1995.

Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1994. Ley de Bases del Medio Ambiente.

Decreto Supremo N° 255/1993. Ministerio de Agricultura. Declaración zona saturada por anhídrido sulfuroso el área circundante a la Fundición Hernán Videla Lira, III Región de Chile. Santiago, 30 de septiembre de 1993.

Decreto Supremo N° 180/1994. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. Aprueba Plan de Descontaminación de la Fundición Hernán Videla Lira. Diario Oficial de la República de Chile, 9 de enero de 1995.

Decreto Supremo 185/1991. Ministerio de Minería. Reglamenta Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en todo el Territorio de la República. Diario Oficial de la República de Chile, 16 de enero de 1992.

Editora Atacama Ltda. "ENAMI redujo en un año el Plan de Descontaminación de Paipote". Diario Atacama, Copiapó martes 16 de mayo de 1995, página 3.

Editora Atacama Ltda. "Comunidad organizada aprobó el Plan Operacional Preventivo para la Fundición Hernán Videla Lira". Copiapó, Diario Atacama sábado 22 de julio de 1995, página 4.

Empresa Nacional de Minería (ENAMI), 1993. Plan de Descontaminación Fundición Hernán Videla Lira. Tomo I, II y III.

Empresa Nacional de Minería (ENAMI), 1995. Principales Acontecimientos del Plan de Modernización y Descontaminación de Paipote. Folleto de Divulgación.

Resolución 590/1995. Servicio de Salud de Atacama. Aprueba Plan Operacional Preventivo y de Control de Episodios Críticos Fundición Hernán Videla Lira. Copiapó, 3 de agosto de 1995.

Resolución 152/1995. Servicio Agrícola y Ganadero de Atacama. Aprueba Plan Operacional Preventivo y de Control de Episodios Críticos Fundición Hernán Videla Lira. Copiapó, 3 de agosto de 1995.