

**EXPEDIENTE PUBLICO**

***ROL: NOR 05/2000***

**Materia:**

***NORMA DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL  
PARTICULADO FINO: MP2,5***



**GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE**

***Resolución de Inicio: N° 0710 DEL 19 DE JULIO 2000***

... 1074. Santiago.  
bús, Asia Motor, S.A.  
16CDLX27, 1999.  
motor 092750, en  
I.R.N.V.M. RR. para  
rta. hoy, escritura  
antiz, cumplimiento  
gaciones, presento  
Santiago, 7 de abril de 1999.

... Larrafn, No-  
1313 piso  
... Lavao,  
Encala-  
San Ber-  
Constitu-  
Favor Fi-  
representa-  
Manfr-  
Moneda  
... Moneda  
... 15, 1999,  
... 1714-7.  
Pucará 5346, Ni-  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.

... Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.

... Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.  
Larrafn, No-  
1313 piso  
... hoy,  
... 1999,  
... 1714-7.  
... 1999.

fico por escritura pública, hoy ante mf, Luis Enrique López Ponce, C.N.I. N° 6.049.822-9, Avenida Clotario Blest N° 5749, Pedro Aguirre Cerda, constituye en favor del Banco del Desarrollo, para quien aceptan sus representantes Eugenio Francisco Monasterio García, C.N.I. N° 6.366.353-0, y por don Gonzalo Reyes Andrade, C.N.I. N° 6.371.184-5, todos domiciliados en Gran Avenida N° 5098, San Miguel, prenda sin desplazamiento ley 18.112 para garantizar con carácter garantía general cumplimiento obligaciones presentes o futuras, directas o indirectas, que tenga contraídas o pueda llegar a contraer en futuro Luis Enrique López Ponce en favor del Banco del Desarrollo, prenda se constituye sobre bien corporal mueble: Automóvil marca Hyundai, modelo Sonata GLS 2.0, año 1998, motor N° G4CPV430940, chasis N° KMHC31FPWV901672, color azul e inscrito R.N.V.M. bajo SE6939-8.-Demás estipulaciones, escritura extractada. Santiago, 22-marzo 1999.- F. Opazo L.

EXTRACTO

Fernando Opazo Larrafn, Notario Titular, Huérfanos 1313 piso 4, Stgo. certificado por escritura hoy, ante mf, Hernán Enrique López Ramírez, C.I. 8.366.856-3, Millaray Sur 4534 B ST.33, La Florida, de esta ciudad. Constituyó prenda Ley 18.112, en favor Financiera Conosur, representada Edger Edmundo Ferrat Calcagno, CI 7.846.831-9, Agustinas 1074, Santiago, sobre automóvil, Nissan, Sentra 1.6 16V CD, 1996, negro amarillo, motor GA16783682R, chasis 3 N 1 B E A B 1 3 T O 1 3 9 6 5, I.R.N.V.M. PK.7020-K. Para garantizar cumplimiento de sus obligaciones, presentes o futuras. Santiago, 5 abril 1999.

EXTRACTO

Elvira Brady Roche, Notario Público Antofagasta, Prat 482, Titular, Certifica: Por escritura hoy ante ella, consta que doña Gladys Margarita Luna Cortés, dueña de casa, calle Nicolás González 8678, Antofagasta, constituyó prenda sin desplazamiento en términos Ley 18.112, de 1982, con garantía general, sobre: automóvil marca Hyundai, modelo Atos GLS, año de fabricación 1999, color rojo, motor G4HCW118324, chasis N° KMHC51GPWU116580, Placa Única e Inscripción R.N.V.M. TB.5592-3, favor Banco BHIF, para quien aceptó Sres. Rafael Melendo Pérez, ingeniero civil y Rodolfo Antonio Gómez Acosta, ingeniero comercial, ambos este domicilio, San Martín 2688, para caucionar pago toda obligación presente o futura contraída por don Alejandro Humberto Torrico León, mecánico, calle Nicolás González 8678, Antofagasta, con acreedor forma indicada escritura extractada.- Antofagasta, 23 marzo de 1999.- Elvira Mary Brady Roche, Notario Público y Conservador de Minas Titular.

EXTRACTO

Axel Rolando Montero Burgeño, Notario Público Los Angeles, Colón 259-A, certificado: Por

escritura pública hoy, ante mf, Guillermo Arturo Hernández Vásquez, chileno, ingeniero civil, C.I. Nacional 7.080.100-2, y Jeannette Irene Luengo Albo, chilena, kinesióloga, C.I. Nacional 5.934.857-4, ambos casados entre sí, en representación de la Sociedad "Maderas Polcura Limitada", RUT 79.742.440-4, todos Ricardo Claro s/n, Polcura, comuna Tucapel, constituyó prenda sin desplazamiento, de garantía general, conforme ley 18.112, a favor del Banco Santander-Chile, representado por don Hernán Eugenio Pineda Toledo, chileno, ingeniero comercial, casado, C.I. Nacional N° 7.850.894-9, y Jorge Eduardo Bahamondes Landa, chileno, empleado, casado, C.I. Nacional N° 6.903.113-7, todos Colón 257, esta ciudad, con objeto garantizar el cumplimiento de todas las obligaciones directas o indirectas, presentes o futuras, en moneda nacional o extranjera, que la Sociedad "Maderas Polcura Limitada", tenga o pudiere tener con el mencionado Banco, sobre siguientes bienes: Construcciones: Cierros: El total del terreno se encuentra cerrado con cerco de alambre de púas de 6 y 7 hebras, y en su frontis parte en pandereta de madera.- Galpón aserradero: Estructura total en madera sobre poyos, forro exterior en madera machihembrada con cubierta en fonolita sobre plástico, parte de los pisos en radier.- Recién remodelado y ampliado, con 12x24m.- Superficie: 768 m2.- Taller sala afilado: Estructura madera machihembrado, con piso en madera.- Superficie: 12x10=120m2.- Conservación: Buena.- Galpón-cámara de secado y bodega anexa: Estructura total en madera sobre poyos, altura hombros 4,5m., forro exterior en madera machihembrada con cubierta en fonolita sobre plástico.- Superficie: 12x23,5=282m2.- Conservación: Estructuralmente buena, forro exterior en regular estado.- Cámara de secado: Bajo este galpón, estructura de madera, con alma de adobe, piso en radier, portones en latón con alma en aislaplo y cielo madera machihembrada con aislaplo, ancho 8,8 m., largo 6,0 m. y alto 3,0 m.- Total 158 m2.- Conservación Regular.- Galpón-productos terminados (Maderas elaboradas): Estructura total en madera sobre poyos, forro exterior en madera machihembrada altura hombros 4,5 m., cubierta fonolita sobre plástico, piso en arena compactada.- Superficie: 16x12=192 m2 útiles.- Conservación: Regular.- Taller mecánico: Estructura en madera sobre poyos, forro en madera machihembrada por 3 costados y pequeña bodega cerrada, altura hombros 4,5 m.- Superficie: 8x7=56 m2.- Conservación: Regular.- Baños personal: Construcción en madera tipo mediagua, forro exterior en madera machihembrada, interior forrado intermit, piso en radier, cuenta con agua potable y alcantarillado por fosa ascéptica.- Superficie: 4,5x4=18 m2 útiles.- Conservación: Regular.- Silos (2): Estructura madera sobre postes Pino impregnado, forro interior madera machihembrado.- Capacidad 120m3, c/u.- Conservación: Nuevos.- Instalaciones: Luz y fuerza: La propiedad cuenta con torre de postación en cemento y transfor-

mador trifásico; medidores y red de distribución interior trifásica a todas las construcciones.- Fosa ascéptica: Estructura en albañilería reforzada con red en tuberías, que sirve a los baños del personal.- Estabilizado: El sector de acceso y partes de mayor circulación se encuentran ripiados y nivelados.- Instalación de riego: Por aspersión sobre canchas acumulación materias primas.- Maquinarias: Descortezador: Mesa entrada de trozos: Cadenas arrastre: Tipo WR-78, paso 2 3/8".- Diámetro de arrastre: 80 mm.- Diámetro eje intermedio: 60 mm.- Reductor de avance: Marca: VEM.- Potencia: 3 hp.- Velocidad de salida: Diámetro del eje: 60 mm.- Piñón: Paso 1".- Eje intermedio: Soportes: P-212.- Diámetro: 60 mm.- Piñón al reductor: Paso 1".- Piñón al eje cadenas arrastre: Paso 1".- Cadena: Ambas de 1".- Unizador: Cilindros: Marca: Hinaka.- Diámetro: 125 mm.- Carrera: 300 mm.- Válvula direccional: Nor-grenn, 5/2, conexión 3/8".- Mesa recibidora de trozo: Moto-reductor: Marca: VEM.- Potencia: 3hp.- Cadena arrastre: Paso 4".- Descortezador: Marca: Valon Kone.- Modelo: VK26 m.- Mesa entrada descortezador: Cadena de arrastre: Paso 4".- Eje Transmisión.- Diámetro: 50 mm.- Descortezador: Cadena motor princi-

pal: B-195.- Potencia: 30 kw.- Velocidad: 1500 rpm.- Motor: Velocidad del motor: 235 rpm.- Diámetro de bolas: 1" 1/8.- Cantidad de bolas: 80.- Moto reductor avance: Potencia: 11 kw.- Velocidad: 1500 rpm.- Reductor: Relación de transmisión: 60:1.- Piñón salida reductor: Z=17, paso 1" 1/2.- Motor rodamientos: Porta Cuchillos: 3208 2RS (8).- 6208 2RS (8).- Retén: 50x65x8 (8).- Eje intermedio para mesa de salida: Diámetro de eje: 60 mm.- Soportes: SNH 513-611.- Rodamientos: 2212.- Mesa salida descortezador con clasificador: Moto-reductor: VEM.- Cadena de arrastre: Paso 4".- Diámetro eje motriz: 50 mm.- Cilindros neumáticos: Hinaka, 125x300.- Válvula neumática: 5/3, 1/2".- Nor-grenn.- Cinta de extracción de corteza: Moto-reductor: 2,2 kw.- Largo Cinta: 12 m.- Ancho cinta: 500 mm.- Tipo cinta: Pylon 220.- Soporte rodillo motriz: UCP-207.- Soporte rodillo de cola: UCP-207.- Compresor del descortezador: Marca Schultz.- Modelo: MSV20SD/350.- Potencia: 5CV.- Cilindrada: 612,1 cm3.- Desplazamiento: 569,25 Lts/min.- Velocidad de rotación: 930 rpm.- Presión máxima: 175 psig.- Número de etapas: 2.- Correas: B-53 (3).- Cinta de cadena ciclón: Moto-reductor: Marca: SEW.- Modelo: R40DZ70.- Po-

### Comisión Nacional del Medio Ambiente

#### CUARTO PROGRAMA PRIORIZADO DE NORMAS

EXTRACTO

De conformidad con lo dispuesto en decreto supremo N° 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, con fecha 26 de marzo de 1999, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente aprobó el Cuarto Programa Priorizado de Normas, cuyo contenido es el siguiente:

1. Agua
  - a) Normas Nuevas:
    - Norma de Emisión a Aguas Subterráneas;
    - Norma de Calidad Ambiental en Aguas Marinas: Nivel Nacional;
  - b) Revisión de Normas:
    - Revisión de la "Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado", establecida en el DS. 609/98, del 7 de mayo de 1998, del Ministerio de Obras Públicas;
2. Ruido
  - Revisión de Normas:
    - Revisión de la Norma sobre Contaminación Acústica "Fija Requisitos Dimensionales y Funcionales para Vehículos que Presten Servicios de Locomoción Colectiva Urbana": establecida en el DS. 122/91 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
3. Aire
  - a) Normas Nuevas:
    - Norma de calidad primaria: MP2,5;
    - Norma de emisión para incineradores;
    - Norma de emisión para la quema de combustibles sólidos en centrales termoeléctricas e industrias afines;
  - b) Revisión de Normas:
    - Norma de calidad primaria: MP10 (norma anual);
    - Revisión del DS. 4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones "Establece Normas de Emisión de Contaminantes Aplicables a los Vehículos Motorizados y Fija los Procedimientos para su Control".

**DIRECCION EJECUTIVA**



**APRUÉBASE CREACIÓN DEL COMITÉ  
OPERATIVO PARA LA DICTACIÓN DE  
LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD  
PRIMARIA PM 2.5**

Santiago, julio 7 de 2000

**ACUERDO N° 156/2000**

Vistos: El Cuarto Programa Priorizado de Normas, aprobado por el Consejo Directivo mediante Acuerdo 99/99, de 26 de marzo de 1999, publicado en el Diario Oficial de 15 de abril de 1999; y

**CONSIDERANDO:**

1. Que de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 77 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el artículo 6° del Decreto N° 93 de 1995, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que contiene el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, el Director Ejecutivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, previa aprobación del Consejo Directivo, podrá crear Comités Operativos formados por representantes de los ministerios, servicios y demás organismos públicos, que intervengan en la dictación de una norma determinada.
2. Que de conformidad a las disposiciones señaladas en el considerando anterior, la Directora Ejecutiva ha designado las instituciones que tendrán representación en el Comité Operativo creado para la dictación de la norma de calidad primaria PM 2.5, a propuesta de dichos ministerios, servicios y organismos públicos competentes.

**SE ACUERDA:**

Aprobar la integración del Comité Operativo propuesto por la Directora Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria PM 2.5, cuyas instituciones integrantes serán las siguientes:

1. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
2. Ministerio de Salud Pública
3. Ministerio de Minería
4. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
5. Ministerio de Vivienda y Urbanismo
6. Ministerio de Obras Públicas
7. Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana
8. Comisión Nacional de Energía
9. Intendencia de la Región Metropolitana

000003



**ALVARO GARCIA HURTADO**  
Ministro Secretario General de la Presidencia  
Presidente  
Consejo Directivo CONAMA



**ADRIANA HOFFMANN JACOBY**  
Directora Ejecutiva CONAMA  
Secretaria  
Consejo Directivo de CONAMA

IAH

Distribución

Integrantes Consejo Directivo (13)

Directora Ejecutiva de CONAMA

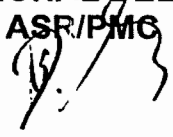
Departamento de Descontaminación, Planes y Normas de CONAMA

Departamento Jurídico CONAMA

Archivo

000004

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
ASR/PMG



DA INICIO A LA DICTACIÓN DE LA  
NORMA DE CALIDAD PRIMARIA PARA  
MATERIAL PARTICULADO FINO: MP2,5.

SANTIAGO, 19 JUL 2000

EXENTA N° 0710

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases del Medio Ambiente; lo prescrito en el Decreto Supremo 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y

**CONSIDERANDO:**

Que en sesión de 26 de marzo de 1999, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, aprobó el Cuarto Programa Priorizado de Normas, propuesto por su Director Ejecutivo.

Que con fecha 15 de abril de 1999 se publicó por aviso en extracto en el Diario Oficial el Cuarto Programa Priorizado de Normas.

Que de conformidad con lo preceptuado en el artículo 11° del Decreto Supremo 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, corresponde a esta Dirección Ejecutiva dictar la resolución pertinente que permita dar inicio al proceso de elaboración del anteproyecto de norma.

**RESUELVO:**

1°.- Iníciase el procedimiento de elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5.

2°.- Fórmese un expediente para la tramitación del proceso de elaboración de la referida norma.

3°.- Fijase como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre los contaminantes a normar, el día número 70, contado desde la fecha de publicación de la presente resolución en un diario o periódico de circulación nacional. Cualquier persona natural o jurídica podrá, dentro del plazo señalado precedentemente, aportar antecedentes técnicos, científicos y sociales sobre la materia a normar.

000005

4°.- Publíquese la presente Resolución en el Diario Oficial y en un diario o periódico de circulación nacional.

Anótese, comuníquese, publíquese y archívese.



19 JUL 2000

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.,  
**RODRIGO A. GONZALEZ P.**  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

CRF/FFE

Distribución:

- Departamento de Planes y Normas
- Departamento Jurídico
- Archivo Of.Partes

**Ministerio de Transportes  
y Telecomunicaciones**

## SUBSECRETARIA DE TRANSPORTES

## MODIFICA DECRETO N° 212, DE 1992

Núm. 141.- Santiago, 29 de junio de 2000.- Visto: Las leyes N°s. 18.059, 18.290, 18.696 (artículo 3), y lo dispuesto en el artículo 32 N° 8 de la Constitución Política de la República de Chile,

## Decreto:

**Artículo único:** Agrégase el siguiente artículo 11 transitorio al decreto supremo N°212 de 1992, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes:

“Artículo 11 Transitorio: La modificación dispuesta por el decreto supremo N°75, de 1999, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes, se hará exigible a partir del 1° de septiembre de 2000, según el calendario que, mediante resolución, fije el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en relación a los dígitos de la placa patente única de aquellos taxis básicos en que el uso de taxímetros resulte obligatorio.”

La norma contenida en el inciso anterior, no se aplicará a la Región Metropolitana.

Anótese, tómesese razón y publíquese.- RICARDO LAGOS ESCOBAR, Presidente de la República.- Carlos Cruz Lorenzen, Ministro de Transportes y Telecomunicaciones.

Lo que transcribo para su conocimiento.- Saluda a Ud., Patricia Muñoz Villela, Jefe Depto. Administrativo.

**FIJA CALENDARIO DE FISCALIZACION DE  
TAXIMETROS QUE INDICA**

## (Resolución)

Núm. 50.- Santiago, 29 de junio de 2000.- Visto: La facultad que me otorga el inciso final del artículo 79, del decreto supremo N° 212 de 1992, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes,

## Resuelvo:

1. A partir del 1° de septiembre de 2000, se hará exigible lo dispuesto en el artículo 80 del decreto supremo N° 212, de 1992, modificado por el decreto supremo N° 75, de 1999, ambos del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes, fiscalizándose el cumplimiento de la norma según el siguiente calendario que operará basado en el último dígito de las placas patentes únicas de los taxis básicos en los que el uso de taxímetro resulte obligatorio:

Fecha a partir de la cual se controla	Dígitos a controlar
1 de septiembre de 2000	0-1
1 de octubre de 2000	0-1-2-3
1 de noviembre de 2000	0-1-2-3-4-5
1 de diciembre de 2000	0-1-2-3-4-5-6-7
1 de enero de 2001	Todos los dígitos

2. Lo dispuesto en el numeral 1 no se aplicará a la Región Metropolitana.

Anótese, tómesese razón y publíquese.- Carlos Cruz Lorenzen, Ministro de Transportes y Telecomunicaciones.

Lo que transcribo para su conocimiento.- Saluda a Ud., Patricia Muñoz Villela, Jefe Departamento Administrativo.

**Ministerio Secretaría  
General de la Presidencia**

## Comisión Nacional del Medio Ambiente

**DA INICIO A LA DICTACION DE LA NORMA  
DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL  
PARTICULADO FINO: MP2,5**

## (Resolución)

Núm. 710 exenta.- Santiago, 19 de julio 2000.- Vistos: Lo dispuesto en la ley N° 19.300, sobre Bases del Medio Ambiente; lo prescrito en el decreto supremo 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y

## Considerando:

Que en sesión de 26 de marzo de 1999, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, aprobó el Cuarto Programa Priorizado de Normas, propuesto por su Director Ejecutivo.

Que con fecha 15 de abril de 1999 se publicó por aviso en extracto en el Diario Oficial el Cuarto Programa Priorizado de Normas.

Que de conformidad con lo preceptuado en el artículo 11° del decreto supremo 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, corresponde a esta Dirección Ejecutiva dictar la resolución pertinente que permita dar inicio al proceso de elaboración del anteproyecto de norma.

## Resuelvo:

1°.- Iníciase el procedimiento de elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5.

2°.- Fórmese un expediente para la tramitación del proceso de elaboración de la referida norma.

3°.- Fijase como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre los contaminantes a normar, el día número 70, contado desde la fecha de publicación de la presente resolución en un diario o periódico de circulación nacional. Cualquier persona natural o jurídica podrá, dentro del plazo señalado precedentemente, aportar antecedentes técnicos, científicos y sociales sobre la materia a normar.

4°.- Publíquese la presente resolución en el Diario Oficial y en un diario o periódico de circulación nacional.

Anótese, comuníquese, publíquese y archívese.- Adriana Hoffmann Jacoby, Directora Ejecutiva.

## OTRAS ENTIDADES

**Banco Central de Chile****TIPOS DE CAMBIO Y PARIDADES DE MONEDAS  
EXTRANJERAS PARA EFECTOS DEL NUMERO 6  
DEL CAPITULO I DEL TITULO I DEL COMPENDIO DE  
NORMAS DE CAMBIOS INTERNACIONALES Y  
CAPITULO II.B.3. DEL COMPENDIO DE NORMAS  
FINANCIERAS AL 7 DE AGOSTO DE 2000**

	Tipo de Cambio \$ (N°6 del C.N.C.I.)	Paridad Respecto US\$
Dólar EE.UU. *	554,53	1,000000
Dólar Canadá	372,79	1,487500
Dólar Australia	324,02	1,711400
Dólar Neozelandés	252,47	2,196400
Libra Esterlina	833,25	0,665500
Marco Alemán	257,43	2,154100
Yen Japonés	5,12	108,392100
Franco Francés	76,75	7,224700
Franco Suizo	325,28	1,704800
Franco Belga	12,48	44,430300
Florín Holandés	228,47	2,427100
Lira Italiana	0,26	2132,607700
Corona Danesa	67,51	8,213800
Corona Noruega	62,30	8,900500
Corona Sueca	60,04	9,235300
Peseta	3,03	183,257500
Yuan	66,97	8,279800
Schilling Austria	36,59	15,155500
Markka	84,68	6,548500
EURO	503,48	1,101400
DEG	725,79	0,764034

\* Tipo de cambio que rige para efectos del Capítulo II.B.3. Sistemas de reajustabilidad autorizados por el Banco Central de Chile (Acuerdo N°05-07-900105) del Compendio de Normas Financieras.

Santiago, agosto 4 de 2000.- Miguel Angel Nacur Gazali, Ministro de Fe.

**TIPO DE CAMBIO PARA EFECTOS DEL NUMERO 7  
DEL CAPITULO I DEL TITULO I DEL COMPENDIO DE  
NORMAS DE CAMBIOS INTERNACIONALES**

El tipo de cambio “dólar acuerdo” (a que se refiere el inciso primero del N°7 del Capítulo I, Título I del Compendio de Normas de Cambios Internacionales), fue de \$516,67 por dólar, moneda de los Estados Unidos de América, para el día 4 de agosto de 2000.- Miguel Angel Nacur Gazali, Ministro de Fe.

**ACUERDOS ADOPTADOS POR EL CONSEJO  
EN SU SESION N° 855**

Certifico que el Consejo del Banco Central de Chile en su Sesión N° 855, celebrada el 3 de agosto de 2000, adoptó los siguientes Acuerdos:

**855-06-000803 - “Modifica Reglamento de Cámara de  
Compensación de cheques y otros valores en moneda  
nacional en el país”.**

Se acordó efectuar las siguientes modificaciones al “Reglamento de Cámara de Compensación de cheques y otros valores en moneda nacional en el país” (Acuerdo N° 1382-19-810408 y sus modificaciones).

1. Reemplazar en el numeral f 1) del número 9.2 la expresión “subsiguiente día hábil bancario” por “siguiente día hábil bancario”.

2. Reemplazar la disposición transitoria por la siguiente:

**“V. DISPOSICION TRANSITORIA**

La modificación a que se refiere el Acuerdo N° 855-06-000803 del Consejo del Banco Central de Chile relativa al numeral f 1) del número 9.2 registrará a contar del 13 de septiembre de 2000”.

**855-07-000803 Modifica Capítulo III.B.1.1 del Compendio de Normas Financieras.**

Se acordó agregar el siguiente párrafo segundo en el N° 2 del Capítulo III.B.1.1 del Compendio de Normas Financieras:

“Las cuentas a la vista también podrán ser convenidas en moneda extranjera, en cuyo caso deberán ser abiertas en empresas bancarias establecidas en el país y no devengarán intereses ni reajustes”.

Santiago, 3 de agosto de 2000.- Miguel Angel Nacur Gazali, Ministro de Fe.

**Primer Tribunal Electoral  
Región Metropolitana**

## EXTRACTO

Rectifícase el texto del Auto Acordado del Primer Tribunal Electoral de la Región Metropolitana sobre “Tramitación y Fallo de las Reclamaciones que se interpongan en Contra de la Resolución del Director Regional del Servicio Electoral que Acepta o Rechaza las Candidaturas a los Cargos de Concejal”, publicado en las páginas 4 y 5 del Diario Oficial de fecha 24 de julio pasado, en el sentido que por un error tipográfico no apareció en la publicación antedicha el N°6 de Auto Acordado citado que dispone: “6.- El Tribunal podrá decretar las medidas para mejor resolver que estime necesarias”.

Santiago, 1° de agosto de 2000.- Secretaria Relatora.

**Normas Particulares****Ministerio del Interior**

## SUBSECRETARIA DEL INTERIOR

**AUTORIZA A “ROPERO DEL HOSPITALIZADO-DAMAS DE AMARILLO” PARA EFECTUAR  
COLECTA PUBLICA**

Santiago, 3 de julio de 2000.- Hoy se decretó lo que sigue:

Núm. 859 exento.- Visto: Los antecedentes adjuntos, el Informe del Departamento de Pensiones de Gracia, Rifas, Sorteos y Colectas, y teniendopresente lo dispuesto en el artículo 1°, párrafo IV de la ley N° 16.436; el decreto supremo N° 955, de 3 de junio de 1974, de Interior y sus modificaciones, Reglamento sobre Rifas, Sorteos y Colectas, y lo dispuesto en la resolución N° 55 de 1992, de la Contraloría General de la República.

## Decreto:

1.- Autorízase a la entidad denominada “Ropero del Hospitalizado - Damas de Amarillo” para realizar una

En Santiago

## Cónclave Latinoamericano Y Asia Del Este en Chile

Desarrollar un mayor soporte político al libre comercio en Asia y América Latina es uno de los principales objetivos que buscarán afinar los asistentes a la reunión de Falae, a realizarse entre el próximo miércoles 16 y viernes 18 en Santiago.

Se trata del Foro para América Latina y Asia del Este, un instrumento de diálogo político formal entre las 27 naciones que lo integran. Estas son Brunei, Camboya, Corea del Sur, China, Filipinas, Indonesia, Japón, Laos, Malasia, Singapur, Myanmar, Tailandia, Vietnam, Australia, Nueva Zelanda, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay, y Venezuela.

**“A esta segunda reunión de altos funcionarios han comprometido su asistencia los representantes de la mayoría de los países mencionados”,** indicó la Cancillería, y precisó que durante las sesiones **“se espera poder definir de manera precisa la dimensión del Foro y aprobar el documento marco para un diálogo y cooperación entre América Latina y Asia del Este.** Este documento será aprobado después durante el encuentro de cancilleres de Falae que se realizará en Santiago en 2001”.

La agenda incluirá materias políticas, sociales, científicas, técnicas y culturales, siendo un punto relevante el estudio de “la manera de promover instancias de apoyo político a los esquemas de liberalización comercial ya existentes en ambas regiones, como APEC, Mercosur, y AFTA (Asean Free Trade Area).

Presidente de la ACTI, Fernando Prieto

## “Pymes Deben Asociarse Para Vender en Internet”

R.M.V.

**E**l tema ya está completamente instalado en la vida productiva del país: la necesidad de encontrar mayores posibilidades de inserción de las pequeñas y medianas empresas en la nueva economía a partir del uso de Internet y su aplicación para los negocios.

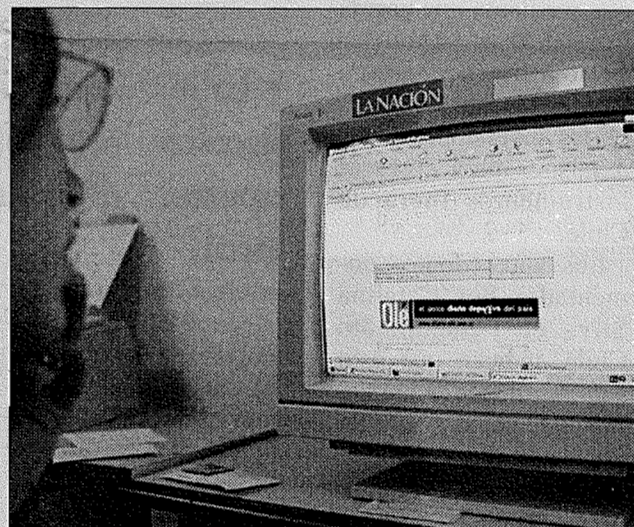
Según el presidente de la Asociación Chilena de Tecnologías de la Información (ACTI), Fernando Prieto, el verdadero desafío para el sector es aprovechar las oportunidades que han aparecido con la estructuración de las centrales de compras electrónicas que significan un mayor dinamismo para acceder a precios más baratos en lo que a insumos y servicios se refiere.

“Por ejemplo, si un pequeño empresario necesita comprar 25 pares de zapatos industriales puede conectarse a estos centros para ver las ofertas en línea donde va

a poder cotizar los precios de los competidores y eso va a exigir llegar con un muy buen producto a bajo precio”, precisó el especialista.

Señaló que otro desafío es “optimizar todos los procesos al interior de la empresa”, explicando que la compra de suministros por Internet es más ágil, lo que también se extiende para las propias ventas de las Pymes en cuanto a productos y servicios.

Agregó que la realidad planteada por la economía digital es mantener y crear nuevas formas para entregarles a las Pymes un mayor valor agregado mediante la Red electrónica. “Internet cambia todos los negocios y el gran desafío como país es cómo las pequeñas y medianas empresas van a realizar un buen uso de las tecnologías disponibles para comprar y vender eficientemente, administrar mejor y cui-



dar a los clientes”.

**Prieto dijo que el proyecto de firma digital que elaboró el gobierno es una “revolución mayor” ya que se disminuyen los costos en los procesos de facturación y tramitación, añadiendo que las instituciones como los bancos, AFPs, Isapres y otros servicios públicos se sumen a lo que ha realizado el Servicio de Impuestos**

**Internos (SII) en materia de tramitación en línea.**

Comentó que los empresarios del sector no deben preocuparse con respecto al acceso de Internet en sus negocios y así incorporarse a los nuevos escenarios de la nueva economía, que se caracterizan por las grandes alianzas que se llevan a cabo sobre la base de la capacitación asociativa.



GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

Santiago, 19 de julio de 2000

EXENTA Nº: 0710

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley Nº19.300, sobre Bases del Medio Ambiente; lo prescrito en el Decreto Supremo 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y

CONSIDERANDO:

Que en sesión de 26 de marzo de 1999, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, aprobó el Cuarto Programa Priorizado de Normas, propuesto por su Director Ejecutivo. Que con fecha 15 de Abril de 1999 se publicó por aviso en extracto en el Diario Oficial el Cuarto Programa Priorizado de Normas.

Que de conformidad con lo preceptuado en el artículo 11º del Decreto Supremo 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, corresponde a esta Dirección Ejecutiva dictar la resolución pertinente que permita dar inicio al proceso de elaboración del anteproyecto de norma.

RESUELVO:

1º.- Iníciase el procedimiento de elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5.

2º.- Fórmese un expediente para la tramitación del proceso de elaboración de la referida norma.

3º.- Fijase como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre los contaminantes a normar, el día número 70, contado desde la fecha de publicación de la presente resolución en un diario o periódico de circulación nacional. Cualquier persona natural o jurídica podrá, dentro del plazo señalado precedentemente, aportar antecedentes técnicos, científicos y sociales sobre la materia a normar.

4º.- Publíquese la presente Resolución en el Diario Oficial y en un diario o periódico de circulación nacional.

Anótese, comuníquese, publíquese y archívese.

ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA

### SMARTCOM PCS

De acuerdo a lo dispuesto en el Decreto Supremo Nº 610 de los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones, y Economía, Fomento y Reconstrucción, de fecha 19 de Noviembre de 1998, publicado en el Diario Oficial el 21 de Enero de 1999, Smartcom S.A. (Smartcom PCS) informa tarifas vigentes a partir del día 8 de Agosto.

#### 1. Interconexión de los puntos de terminación de red

Adecuación de Obras civiles	
Cargo por cámara habilitada	245.682,0
Cargo por adecuación canalizaciones por metro lineal utilizado	34.985,8
Uso de espacio	
Cargo mensual por metro cuadrado utilizado	16.562,4
Uso de energía eléctrica	
Cargo mensual por kilo-Watt instalado	60.423,1
Conexión al centro de conmutación móvil	
Cargo mensual por tarjeta de 2 Mbps activada	32.442,8

#### 2. Facilidades para establecer y operar el sistema multiportador contratado

Cargo de activación/desactivación de abonado por prestación	304,4
---	-------

#### 3. Acceso de otras concesionarias de servicios de telecomunicaciones a la red móvil de la concesionaria

Cargo de Acceso (\$/segundo)	
Horario normal	1,9834
Horario reducido	1,3884

#### 4. Medición, Tasación, Facturación y Cobranza

Medición	
Cargo mensual	36.421,3
Cargo por comunicación completada e informada	0,456
Tasación	
Cargo inicial	5.845.049,3
Cargo por comunicación completada e informada	1,827
Facturación	
Cargo por lectura emitida	64,187
Cobranza	
Cargo por lectura emitida	27,536

#### 5. Información a concesionarias de servicios intermedios, que prestan el servicio de larga distancia

Información de suscriptores y tráfico por portadores:	
Cargo de habilitación	5.845.049,3
Cargo mensual	36.421,3
Cargo por consulta	34,5
Información general de tráfico para portadores	
Cargo Semanal	36.421,3
Información sobre actualización y modificación de la red	
Cargo anual	561.124,7

Nota: Valores en pesos, incluyen IVA.



Rodriguez  
Matus

**CAMARA CHILENA  
DE LA CONSTRUCCION**

Marchant Pereira 10 - Piso 3 - Santiago  
Teléfono: (02) 233 1131  
Fax: (02) 232 7600

Santiago, 23 de Agosto de 2000



Señora  
Patricia Matus  
Jefa Departamento de Planes y Normas  
CONAMA  
PRESENTE.

Estimado Sra. Matus:

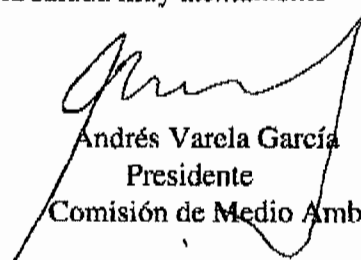
Hemos tomado conocimiento de que se ha iniciado recientemente el estudio de una norma ambiental para material particulado PM 2.5.

La Cámara Chilena de la Construcción está muy interesada en poder participar en el proceso de discusión de esta norma, por lo que será de nuestro interés participar en las reuniones que se realicen para ese efecto.

Las personas que nos podrían representar en esa instancia serían:

- 1.- Alvaro Conte Lanza  
Fono: 2287128  
Fax: 2082629  
Email: skeco@rdc.cl
- 2.- Carmen Paz Cruz  
Fono: 3763321  
Fax: 3713428  
Email: ccruz@cchc.cl

Sin otro particular, la saluda muy atentamente

  
Andrés Varela García  
Presidente  
Comisión de Medio Ambiente

RECIBO  
13 OCT 2000  
RECEPCIONADO  
A. HOFFMAN  
26688



Santiago, 13 de Octubre de 2000

Señores : COMISION NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE  
Atención: PATRICIA MATUS, JEFA UNIDAD PLANES Y NORMAS  
PRESENTE

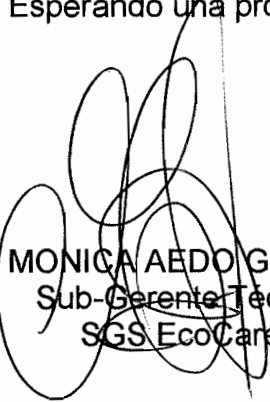
Ref. Proyectos de Normas

Estimada Señora:

Estamos en conocimiento que el departamento que usted dirige se encuentra trabajando en la elaboración de normas relacionadas con el material particulado respirable (PM 2,5) y olores.

Por la naturaleza de los servicios que nuestra división de medioambiente, EcoCare® presta, es de nuestro mayor interés poder participar en este proceso, para cual le solicitamos si lo tiene a bien, la Señora Frida Gallardo, Jefe Area de Calidad del Aire, pueda asistir a aquellas reuniones que usted estime conveniente.

Esperando una pronta respuesta, se despide atentamente

  
MONICA AEDO GUERRERO  
Sub-Gerente Técnico  
SGS EcoCare®

000010



**CONAMA**

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ORD.OF.Nº

**005000**

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5.

SANTIAGO, **27 OCT 2000**

A : JOSE DE GREGORIO REBECO  
MINISTRO  
MINISTERIO DE ECONOMIA FOMENTO Y RECONSTRUCCION, ENERGIA Y  
MINERIA

DE : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA.  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1. Como es de su conocimiento la norma que regula la fracción fina del material particulado respirable MP2.5 fue incluida en el Cuarto Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de Agosto del presente año, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000.
3. A través del acuerdo N° 156/2000, del 7 de julio de 2000, se aprobó la creación del comité operativo, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria MP 2.5 cuyas instituciones integrantes serán los Ministerios, Servicios y demás organismos competentes en la materia: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Viviendo y Urbanismo, Ministerio de Obras públicas, Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía, Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Ante la relevancia y complejidad de las tareas a abordar, y a la relación que su institución tiene respecto de este tema, solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de esta norma.

Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,



AHJ/PMC/MJG/jra

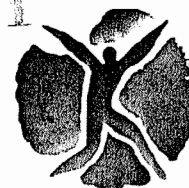
Distribución:

Sr. Alvaro Díaz Pérez, Subsecretario de Economía, Fomento y Reconstrucción

Srta. Jacqueline Saintard Vera, Subsecretaria de Minería

Sra. Vivianna Blanlot Soza, Secretaria Ejecutiva de la Comisión Nacional de Energía

000011



**CONAMA**

ORD.OF.Nº 005000 COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5.

SANTIAGO, 27 OCT 2000

A : CARLOS CRUZ LORENZEN  
 MINISTRO  
 MINISTERIO DE TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS

DE : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
 DIRECTORA EJECUTIVA.  
 COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1. Como es de su conocimiento la norma que regula la fracción fina del material particulado respirable MP2.5 fue incluida en el Cuarto Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de Agosto del presente año, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000.
3. A través del acuerdo N° 156/2000, del 7 de julio de 2000, se aprobó la creación del comité operativo, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria MP 2.5 cuyas instituciones integrantes serán los Ministerios, Servicios y demás organismos competentes en la materia: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Viviendo y Urbanismo, Ministerio de Obras públicas, Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía, Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Ante la relevancia y complejidad de las tareas a abordar, y a la relación que su institución tiene respecto de este tema, solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de esta norma.

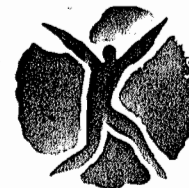
Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,

  
 COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
 ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
 Directora Ejecutiva.  
 DIRECTOR EJECUTIVO

AHJ/PMC/MJG/jra  
 Distribución:

Sr. Juan Carlos Latorre Carmona, Subsecretario de Obras Públicas  
 Sr. Patricio Tombolini Véliz, Subsecretario de Transportes

000012



**CONAMA**

ORD.OF.Nº 005000 COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5.

SANTIAGO, 27 OCT 2000

A : MICHELLE BACHELET JERIA  
MINISTRA  
MINISTERIO DE SALUD

DE : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA.  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1. Como es de su conocimiento la norma que regula la fracción fina del material particulado respirable MP2.5 fue incluida en el Cuarto Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de Agosto del presente año, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000.
3. A través del acuerdo N° 156/2000, del 7 de julio de 2000, se aprobó la creación del comité operativo, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria MP 2.5 cuyas instituciones integrantes serán los Ministerios, Servicios y demás organismos competentes en la materia: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Viviendo y Urbanismo, Ministerio de Obras públicas, Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía, Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Ante la relevancia y complejidad de las tareas a abordar, y a la relación que su institución tiene respecto de este tema, solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de esta norma.

Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,



AHJ/PMC/MJG/jra

000013



**CONAMA**

ORD.OF.Nº 005000 COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5.

SANTIAGO, 27 OCT 2000

A : CLAUDIO ORREGO LARRAIN  
MINISTRO  
MINISTERIO DE VIVIENDA, URBANISMO Y BIENES NACIONAL

DE : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA.  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1. Como es de su conocimiento la norma que regula la fracción fina del material particulado respirable MP2.5 fue incluida en el Cuarto Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de Agosto del presente año, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000.
3. A través del acuerdo N° 156/2000, del 7 de julio de 2000, se aprobó la creación del comité operativo, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria MP 2.5 cuyas instituciones integrantes serán los Ministerios, Servicios y demás organismos competentes en la materia: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Viviendo y Urbanismo, Ministerio de Obras públicas, Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía, Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Ante la relevancia y complejidad de las tareas a abordar, y a la relación que su institución tiene respecto de este tema, solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de esta norma.

Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,



AHJ/PMC/MJG/jra  
Distribución:

Sr. Sonia Tschorne Berestesky, Subsecretaría de Vivienda

000014



**CONAMA**

ORD.OF.Nº 005000 COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5.

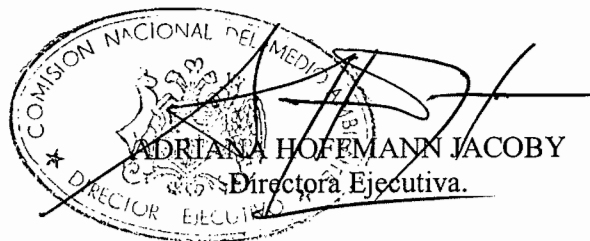
SANTIAGO, 27 OCT 2000

A : JOSE CONCHA GONGORA  
DIRECTOR  
SERVICIO DE SALUD METROPOLITANO DEL AMBIENTE

DE : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA.  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1. Como es de su conocimiento la norma que regula la fracción fina del material particulado respirable MP2.5 fue incluida en el Cuarto Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de Agosto del presente año, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000.
3. A través del acuerdo N° 156/2000, del 7 de julio de 2000, se aprobó la creación del comité operativo, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria MP 2.5 cuyas instituciones integrantes serán los Ministerios, Servicios y demás organismos competentes en la materia: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Viviendo y Urbanismo, Ministerio de Obras públicas, Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía, Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Ante la relevancia y complejidad de las tareas a abordar, y a la relación que su institución tiene respecto de este tema, solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de esta norma.

Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,



AHJ/FMC/MJG/jra

000015



**CONAMA**

ORD.OF.Nº

005000

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5.

SANTIAGO, 27 OCT 2000

A : SERGIO GALILEA OCON  
INTENDENTE REGION METROPOLITANA

DE : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA.  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

1. Como es de su conocimiento la norma que regula la fracción fina del material particulado respirable MP2.5 fue incluida en el Cuarto Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de Agosto del presente año, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000.
3. A través del acuerdo N° 156/2000, del 7 de julio de 2000, se aprobó la creación del comité operativo, que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria MP 2.5 cuyas instituciones integrantes serán los Ministerios, Servicios y demás organismos competentes en la materia: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Ministerio de Viviendo y Urbanismo, Ministerio de Obras públicas, Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía, Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Ante la relevancia y complejidad de las tareas a abordar, y a la relación que su institución tiene respecto de este tema, solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de esta norma.

Sin otro particular, le saluda atentamente a usted,

AHJ/FMS/MJC/jra





REPUBLICA DE CHILE  
MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO  
GABINETE MINISTRO

000016

OF. ORD. N° 3474 /

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO

N° VOUCHER: 13557 / 12168

FECHA: 16 NOV 2000

RECEPCIONADO: 16 NOV 2000

OFICINA: A Hoffmann

28273

ANT.: Su Of. Ord. N° 005000 del 27 de octubre del 2000.

MAT.: Nombra personas para integrar Comité Operativo Norma MP 2.5.

SANTIAGO, 13 NOV 2000

A : SRA. ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA DE LA CONAMA.

DE : MINISTRO DE VIVIENDA Y URBANISMO Y DE BIENES NACIONALES.

1. Conforme a lo solicitado en su oficio señalado en el ANT., tengo el agrado de comunicar a Ud. los nombres de los representantes de este Ministerio para formar parte del Comité Operativo que intervendrá en la elaboración de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, en sus calidades de titular y reemplazante:

Representante oficial, Sr. Guillermo Guzmán Filippi, Asesor Ministerial. Correo electrónico [gguzmanf@minvu.cl](mailto:gguzmanf@minvu.cl), fonos 638.26.54./638.08.62. Alameda 924, P.4., Santiago.

Reemplazante, Sr. Cristóbal Fernández Villaseca, Asesor Ministerial. Correo electrónico [cfernandezv@mbienes.cl](mailto:cfernandezv@mbienes.cl), fonos 639.64.48./633.93.05. J.A. Ríos 6, Santiago.

2. Lo anterior, para su conocimiento y fines pertinentes.

Saluda atentamente a Ud.,



CLAUDIO ORREGO LARRAÍN  
MINISTRO DE VIVIENDA Y URBANISMO Y  
DE BIENES NACIONALES

DISTRIBUCIÓN:

1. Jefa DDU.
2. Gabinete Ministro.
3. Sr. G. Guzmán Filippi.
4. Sr. C. Fernández V.
5. Oficina de Partes.

Carlos Cruz Lorenzen  
Ministro  
Obras Públicas,  
Transportes y Telecomunicaciones  
Chile

000017

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO  
Nº INGRESO: 13534 / 12149  
FECHA: 16 NOV 2000  
DESIGNADO: A. Hoffmann  
P. N. 28224

3622

ORD. : N° \_\_\_\_\_ /  
ANT.: ORD. N°5000 del 27/10/2000  
MAT. : Informa respecto de representante  
al Comité Operativo Norma de  
Calidad Primaria PM2.5.

SANTIAGO, 14 NOV. 2000

DE : SR. CARLOS CRUZ L.  
MINISTRO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE Y  
TELECOMUNICACIONES  
A : SRA ADRIANA HOFFMANN J.  
DIRECTORA EJECUTIVA  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

De acuerdo a lo solicitado a través de ORD. N°5000 del 27/10/2000, me es grato informar a Ud. que la profesional Sra. Vilma Azócar, representará al Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Telecomunicaciones, en las tareas que aborde el Comité Operativo en el desarrollo de la norma de calidad primaria MP2.5.

Muy atentamente,



CARLOS CRUZ LORENZEN  
MINISTRO DE OBRAS PÚBLICAS

AAE/LLR/crh

**Destinatario.**

- Sr. Silvio Albarrán (at. Vilma Azócar)
- Angélica Arellano E., Asesora Ambiental Ministro



000018

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO  
Nº INGRESO: 13533/12149  
FECHA: .....  
DESPACHADO: 16 NOV 2000  
ORD.:  
A. Hoffmann  
28227

ORD. Nº: 010343 10.NOV.2000

ANT. : Ord. Of. Nº5000/2000 CONAMA.

MAT. : Designa representantes.

DE : DIRECTOR SERVICIO DE SALUD DEL AMBIENTE  
REGION METROPOLITANA

A : SRA. ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

En respuesta a lo solicitado en documento de Ant., informo a Ud. que se han designado como representantes de este Servicio, para participar en el comité operativo que intervendrá en la elaboración de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP 2,5, a la Dra. Carolina Pérez Sánchez y al Ingeniero Ignacio Olaeta Undabarrena.

Saluda atentamente a Ud.,



**Distribución:**

- Sra. Adriana Hoffmann Jacoby, CONAMA
- Dirección
- Depto. Técnico
- Dra. Carolina Pérez Sánchez
- Jefe Subdepartamento Calidad del Aire
- Sr. Ignacio Olaeta Undabarrena
- Of. de Partes
- Archivo

RSMC/vao.-



COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO  
Nº INGRESO: 13642/10030  
FECHA: 17 NOV 2000  
DESPACHADO: 17 NOV 2000  
OBJ.: A. HOFFMANN

000019

28537

ANT.: 5098 16-11-00

ANT.: Su Ord. 5000, de fecha  
27/10/00.

MAT.: Remite listado.

Santiago,

**DE : ALVARO DIAZ P.  
Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción (S)**

**A : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
Directora Ejecutiva  
Comisión Nacional del Medio Ambiente**

En respuesta a la solicitud del ordinario del antecedente, remito a usted, listado de las personas que han sido designadas como representantes ante el Comité Operativo que intervendrá en la dictación de la norma de calidad primaria M. P. 2.5.

Representantes Oficiales (2)

- Marcela Lara  
Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia
- Sarita Pimentel  
Comisión Chilena del Cobre

Reemplazantes

- Isabel Gaspar  
Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia

Sin otro particular, le saluda atentamente

  
**ALVARO DIAZ PEREZ**  
**Ministro de Economía, Fomento  
y Reconstrucción (S)**

**AD/JS/MR/cc**

Distribución:

- Directora de CONAMA
- Gte. Ministro de Economía
- Gte. Subsecretaría de Minería
- Gte. Subsecretario de Economía
- Mónica Ríos
- Secretaría Ejecutiva Producción Limpia
- Sra. Sarita Pimentel, Comisión Chilena del Cobre



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA

000020

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO

Nº INGRESO: 14061/12500

FECHA: 28 NOV 2000

DESPACHADO: 28 NOV 2000

OBS:

A. HOFFMANN

28738

C.N.E. ORD. Nº 001113,

ANT.: ORD. Nº 00500 de 27.10.2000

MAT.: Lo requerido

SANTIAGO, 25 NOV 2000

DE : VIVIANNE BLANLOT SOZA  
SECRETARIA EJECUTIVA COMISION NACIONAL DE ENERGIA

A : ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

De acuerdo a lo solicitado en su oficio de referencia, y que dice relación con la nominación de un representante de esta institución para participar del Comité Operativo que elaborará el anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, informo a usted que la Srta. Andrea Varas será el representante oficial, y el Sr. Jaime Bravo su reemplazante.

Sin otro particular saluda atentamente a usted,

REPUBLICA DE CHILE  
SECRETARIA EJECUTIVA  
Comisión Nacional de Energía  
VIVIANNE BLANLOT SOZA  
Secretaria Ejecutiva  
Comisión Nacional de Energía

Andrea Varas  
365 68 88  
365 68 00

Distribución

- ◆ Directora Ejecutiva Conama
- ◆ Srta. Andrea Varas
- ◆ Sr. Jaime Bravo
- ◆ Of. de Partes C.N.E.
- ◆ Archivo Gabinete

VBS/ptr.



000021

GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARIA DE TRANSPORTES

28843

OFICIO ORD. DN N° 1979 /

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO  
N° INGRESO: 14153/12568  
FECHA: \_\_\_\_\_  
DESPECHADO: 29 NOV 2000  
CDS: \_\_\_\_\_  
EJECUTIVA

ANT: ORD. OF. N° 005000 del 27/10/2000 de CONASET

MAT: Complementa ORD. N° 3622 del 12/11/2000.


SANTIAGO, 28 NOV 2000

DE: SUBSECRETARIO DE TRANSPORTES (S)

A : SRA. DIRECTORA EJECUTIVA COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Mediante documento señalado en la materia, se informó la designación de la representante de esta Subsecretaría en el Comité Operativo que elaborará la norma de calidad primaria PM 2,5. Complementando lo señalado, informo a usted que se ha designado además, al profesional del Departamento de Fiscalización Sr. Jorge Jiménez.

Saluda atentamente a usted,

  
LAUTARO PÉREZ CONTRERAS  
Subsecretario de Transportes (S)



SAANAB/gar  
DISTRIBUCIÓN:

- Citada
- Gabinete Sr. Subsecretario de Transportes
- Sr. Jefe Departamento de Fiscalización
- División Normas
- Den (914)
- Oficina de Partes

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
OFICINA DE PARTES Y ARCHIVO

000022

FAX: .....

Nº INGRESO: .....

3088

FECHA: .....

12 DIC 2000

29255

DESPACHADO: .....

OBS.: [Redacted]

A. HOFFMANN

PYN

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE SALUD  
División de Salud Ambiental  
9A/1278

ORD.: 9A/

ANT.: ORD. Nº005000 de fecha  
octubre 27 del 2000.

MAT.: Nomina representante en  
anteproyecto de Norma  
Primaria de Calidad de Aire.

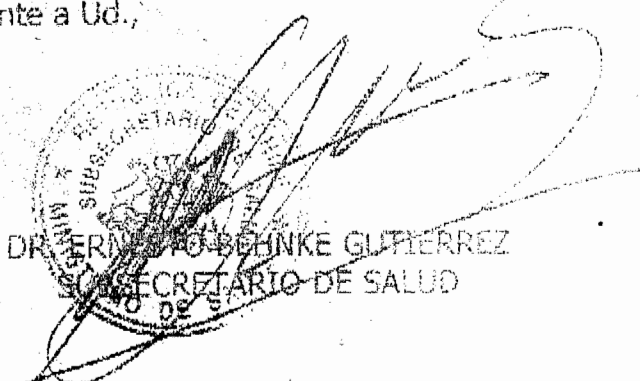
SANTIAGO, -1 DIC 2000

A : DIRECTORA EJECUTIVA  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

DE : SUBSECRETARIO DE SALUD

De acuerdo al proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma  
Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5 comunico a Ud. que  
asistirá en representación oficial de este Ministerio de Salud, el Dr. Mauricio Habaca  
Marileo, Jefe de la División de Salud Ambiental y en su reemplazo el Sr. Walter  
Folch Ariza, profesional del Departamento de Programas sobre el Ambiente.

Saluda atentamente a Ud.,

  
DR. FERNANDO BEHNKE GUTIERREZ  
SUBSECRETARIO DE SALUD

Dr.MIM/sib

DISTRIBUCION:

- Comisión Nacional del Medio Ambiente
- Subsecretaría de Salud
- División de Salud Ambiental
- Depto. Programas sobre el Ambiente
- Oficina de Partes



# INFORMATIVO DE LA INDUSTRIA

## Señaló Estudio Encomendado por Sofofa: NO SE JUSTIFICA NORMA DE MATERIAL PARTICULADO EXTRAFINO EN EL PAIS

Boletín Area Medio Ambiente Nº14

Diciembre 2000

### Resumen

Frente a la decisión anunciada por CONAMA, de dictar una norma de material particulado extrafino, de 2.5 micrones -MP2.5-, SOFOFA encargó a la Consultora AMBAR recopilar y analizar los antecedentes existentes en el ámbito nacional e internacional relativos a esta normativa.

El Informe Final fue dado a conocer el pasado viernes 1º de diciembre y su principal conclusión es que en Chile no sería justificable dictar una norma de MP2.5, básicamente por las siguientes razones:

- 1) En el ámbito internacional esta normativa es prácticamente desconocida y los pocos países que la han adoptado establecieron plazos y condiciones que la hacen de muy difícil aplicación;
- 2) Los pocos países en el mundo que poseen una norma de MP2.5 tienen un ingreso per capita seis veces superior al nuestro y, a pesar de ello, les resulta de muy difícil cumplimiento; y,

- 3) Dado que Chile ya cuenta con una norma de MP10 particularmente estricta para la realidad del país, la que involucra también al MP2.5, lo que corresponde en el caso de Santiago es redoblar los actuales esfuerzos para abatir MP10, de acuerdo con lo dispuesto en el Plan de Descontaminación vigente.

A continuación se exponen los principales antecedentes internacionales y recomendaciones aportados por el referido estudio.

### Experiencia internacional en una norma de MP 2,5

- Estados Unidos fijó en 1997 una norma anual de MP2.5 de 15 ug/m<sup>3</sup> y una norma diaria de 65 ug/m<sup>3</sup>, definida con un percentil 98 de las mediciones, (es decir, a lo menos el 98% de las mediciones debe cumplir la norma), promediado en tres años, con una fecha máxima de cumplimiento para el año 2017. Esta norma está siendo impugnada ante la Corte Suprema y dentro de las objeciones que se le han formulado se señala que la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. no consideró en su elaboración factores tales como los costos, ni ha logrado justificar adecuadamente los niveles propuestos.





- La Unión Europea dispuso que en aquellas zonas donde se superen los valores límite de MP10, debido a considerables concentraciones de fuentes naturales en el ambiente, se pueden aplicar los "niveles de actuación" de MP2.5, los que corresponden a metas indicativas a ser cumplidas en lo posible en las fechas señaladas. En el caso de los valores de actuación de MP2.5, se deben cumplir en lo posible en el año 2005 y no se pueden exceder más de 14 días en el año. En el caso de los valores de actuación anual de MP2.5, el margen de tolerancia a cumplirse antes del 2005 es de 50%, reduciéndose dicho margen en forma lineal, desde la fecha de promulgación de la Directiva hasta 0% el 2005. Las normas anuales no pueden ser excedidas más allá del margen de tolerancia.
- En la OMS se ha adoptado el criterio que, dado que no existen valores umbrales para el MP10 o el MP2.5, se requiere regular la presencia de estos contaminantes mediante manejo de riesgos a su exposición.
- Suiza no tiene norma de MP2.5. Sólo desde 1997 tiene norma de MP10.
- Japón no tiene norma de MP2.5. Sólo desde 1972 tiene norma de MP10.
- En Alemania se adoptaron normas relativas a Partículas Totales en Suspensión, PTS, en 1986, y no existe normativa para MP10 todavía, pues se está esperando la decisión que adopte la UE.

### **Propuesta del Estudio: reducir el MP2.5 en el marco de las estrategias de reducción del MP10.**

Dado que el material particulado extrafino, MP2.5, está contenido en la norma de MP10, entonces las estrategias de reducción del MP10 implican necesariamente un abatimiento del MP2.5, siendo innecesario dictar una norma especial para este último. Además, las fuentes son las mismas, pero lo que cambia son sus contribuciones, por lo tanto las estrategias para enfrentar el MP10 o el MP2.5 son las mismas.

En definitiva, resulta más aconsejable focalizar los esfuerzos en identificar las medidas más eficientes para resolver los problemas de contaminación atmosférica por material particulado -sea este MP10 o MP2.5- en lugar de plantear una nueva definición normativa.

La información actualmente disponible, proveniente de la CONAMA, de los auditores externos contratados por esta institución y de investigadores independientes, confirma que las principales características del MP2.5 son:

1. El "polvo resuspendido" sigue siendo una de las fuentes principales, por lo tanto invertir recursos en abatir las emisiones provenientes del suelo siguen justificándose, tanto desde el punto de vista del MP10 (50-55%) como del MP2.5 (20-30%).

2. El "tráfico vehicular" (sin considerar el factor resuspensión) es el segundo contribuyente desde el punto de vista del MP10, (20-30%) y el principal contribuyente desde el punto de vista del MP2.5, (35-65%), Los mayores responsables de las partículas de combustión serían los vehículos con motores diesel, principalmente buses y camiones.
3. La contribución del sector "cobre" requiere de un análisis de mayor detalle, por cuanto estaría explicando entre un 10% y un 48% del MP2.5, (lo cual se debería a la Fundación de Caletones).
4. Las concentraciones de nitratos, sulfatos y amonio son muy relevantes en la formación de MP2.5 secundario y merecen una atención especial.

Las medidas a proponer son obvias a partir de los resultados anteriores y no se necesita una nueva norma de MP2.5 para aplicarlas, sino que basta con cumplir la actual normativa de MP10, de acuerdo con las estrategias establecidas en el Plan de Prevención y Descontaminación de Santiago:

1. Abatir las emisiones del suelo mediante pavimentación, lavado de calles. Especial relevancia puede tener un lavado de calles eficaz, enfocado al control del material particulado fino.
2. Reducir las emisiones de buses, ya sea mediante normas más estrictas de emisión y de calidad de combustible, eliminando buses antiguos, implementando un programa de mejoramiento del parque de buses y/o de cambio de buses a gas natural, gas licuado o eléctrico, mejorando el sistema de transporte público para reducir el número de kilómetros recorridos.
3. Controlar sulfatos. Evaluar las emisiones y sus efectos en Santiago de la Fundación de Caletones. Según reporte ambiental de 1999 de CODELCO, los niveles de emisión en 1998 de esta fuente de Anhídrido Sulfuroso, correspondieron a 750.000 toneladas por año, para los años 1999 y 2000 ellas se reducen a 494.000 toneladas año y en los años 2001 y 2002 serán de 230.000 toneladas año. Toda la Región Metropolitana tiene inventariadas 21.170 toneladas año, según el inventario de 1997, es decir un orden de magnitud considerablemente menor. Dado que el  $\text{SO}^2$  es precursor de sulfatos expresados en MP2.5, un análisis de mayor detalle respecto a este punto es plenamente justificable, de modo de evaluar con mayor precisión los efectos en la calidad del aire de Santiago de la reducción de las emisiones de esta megafuente.
4. Control de nitratos. Corresponde a conversión de  $\text{NO}^2$  en la atmósfera, proveniente de fuentes locales y externas. Se justifica controlar estas emisiones, principalmente las provenientes del transporte. Nuevamente, justifica mejorar el parque de buses y la calidad de los combustibles.
5. Control de amonio: La fuente principal son las aguas servidas de alcantarillado y fertilizantes de uso agrícola. Por lo tanto, acelerar el tratamiento de las aguas servidas con el correspondiente control de emisiones debería tener una prioridad mayor a la actual.
6. Control de quema de biomasa. Las actuales emisiones por este concepto son inaceptables, aún en zonas rurales de la Región Metropolitana y de sus áreas cercanas.



7. Generar un sistema de compensación de emisiones de fuentes fijas con otros sectores, de modo que, mediante este mecanismo, se generen reducciones de emisión globales para cumplir con el objetivo de alcanzar las metas de calidad del aire deseadas. En el caso de una normativa de gases, considerar sólo fuentes de emisión relevante.
8. Profundizar el análisis respecto a las fuentes responsables del MP10 y el MP2.5, donde un factor relevante son los compuestos secundarios.

Informativo editado por Revista Industria  
Órgano Oficial  
de la Sociedad de Fomento Fabril  
Director y Representante legal  
**Andrés Concha Rodríguez**

000027



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

DEPTO. DESCONTAMINACIÓN, PLANES Y NORMAS

MEMORANDUM N° 4 /2001

De : Patricia Matus Correa, Jefe Depto. Descontaminación, Planes y Normas  
A : Alvaro Sapag, Jefe Depto, Jurídico  
Fecha : Santiago, 4 de Enero de 2001

En consideración de que el plazo para la elaboración del anteproyecto de Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, concluye hoy día, 4 de enero del 2001, y que la información disponible a la fecha no es suficiente para concretar esta tarea, se solicita gestionar la prórroga por 30 meses de este proceso normativo.

Se acompañan los antecedentes que justifican esta prórroga.

Saluda atentamente a usted,

Patricia Matus Correa  
Jefe Depto. Descontaminación,  
Planes y Normas

cufo  
MJG/jra

Antecedentes para solicitud de prórroga para la elaboración del anteproyecto de la " Norma Primaria de Calidad de para Material Particulado Fino MP2.5".

1.- Esta norma fue incluida en el 4º Programa Priorizado de Normas por aprobación del Consejo Directivo de CONAMA el 26 de marzo de 1999 a solicitud del Ministerio de Salud.

2.- En julio de 2000 se aprobó la creación del Comité Operativo ( Min. Economía Fomento y Reconstrucción, Energía y Minería, MINSAL, Min. Transporte y Telecomunicaciones y Obras Públicas, Ministerio De Vivienda, Urbanismo y Bienes Nacionales, SESMA, Intendencia R.M, CNE)

3.- El proceso de elaboración del anteproyecto se inició formalmente con la publicación en el Diario Oficial, el 7 de Agosto de 2000.

4.- Hasta la fecha se han revisado los antecedentes disponibles y se ha concluido que es necesario generar información adicional que respalde en especial la evaluación económica, puesto que se prevé que el impacto de esta norma será importante en todo el país. Algunos estudios que se encargarán estarán dirigidos a

- Ampliar el diagnóstico de calidad de aire para material particulado MP2.5
- Generar información sobre las fuentes de emisión y de generación de aerosoles secundarios, a nivel nacional
- Estudios de composición química de MP2.5
- Metodología para la medición de MP2.5

5.- Esta norma es particularmente complicada por cuanto no existe una norma de PM2.5 vigente en el mundo, y por lo cual no se cuenta con un referente. Tanto en Europa como en Estados Unidos se están llevando a cabo programas para la generación de información que permita llenar los vacíos actuales que impiden la puesta en vigencia de una norma de PM2.5 en esos países.

6.- La puesta en vigencia de una norma de PM2.5 plantea una serie de problemas conceptuales que aún no están resueltos y que requieren de una discusión más amplia y profunda.

8.- Por estas razones se estima que el plazo máximo necesario para la elaboración del anteproyecto de norma para MP2.5 es de 30 meses.

000029

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

ASR/PMC

19

AMPLIA PLAZO PARA PREPARACION DE  
ANTEPROYECTO DE NORMA DE  
CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL  
PARTICULADO FINO: MP2.5

SANTIAGO, 4 ENE 2001

000022

EXENTA N° \_\_\_\_\_

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases del Medio Ambiente; lo prescrito en el Decreto Supremo 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; La Resolución Exenta N° 710 de fecha 19 de Julio de la Dirección Ejecutiva de CONAMA; y la Resolución N° 520 de la Contraloría General de la República;

CONSIDERANDO

Lo solicitado por el Departamento de Planes y Normas de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, sobre la necesidad de ampliar los plazos para preparación del anteproyecto, para recabar adecuadamente los antecedentes técnicos necesarios para la formulación del mismo, y de acuerdo a los demás fundamentos planteados a esta Dirección Ejecutiva por dicho departamento.

RESUELVO:

Ampliase el plazo para la preparación del anteproyecto de norma primaria para material particulado fino: MP2.5, en 30 meses, a partir del 4 de enero de 2001, fecha en que vence el plazo original del proceso.

Anótese, comuníquese, y archívese.

ADRIANA HOFFMAN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA

4 ENE 2001

CRF/MJG  
Distribución:  
Comité Operativo Norma  
Directores Regionales de CONAMA  
Departamento Planes y Normas  
Departamento Jurídico  
Archivo  
OF. PLANES

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.  
CARMEN V. LUNA B.  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

000030

**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE DESCONTAMINACIÓN, PLANES Y NORMAS**

**Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Fino: MP2.5**

**ACTA DE REUNION DE COMITÉ OPERATIVO**

**FECHA REUNION** : 05 de enero de 2001

**LUGAR** : CONAMA. Obispo Donoso 6. Santiago

**ASISTENCIA** : Se adjunta hoja de asistencia

**Tabla** :

1. Presentación de antecedentes del proceso normativo (Maritza Jadrijevic, Depto. Descontaminación, Planes y Normas)

**Discusión** :

- **J. Jimenez** (MTT) consulta sobre la transformación de las emisiones de Nox a particulado fino. **L. Gallardo** (CONAMA) señala que ésta depende del pH y la humedad, pudiendo llegar a un 50 a 80%. En cuanto a la participación del nitrato en el particulado fino **C. Santana** (CONAMA) indica que, para el caso de Santiago, cerca del 30% en promedio podría corresponder a nitratos, dependiendo, por ejemplo, de las condiciones atmosféricas y otros precursores, como el amoníaco.
- **A. Alvarez** (MINECON) consulta si la prórroga propuesta por CONAMA será para realizar estudios adicionales a los ya existentes o para elaborar el anteproyecto de norma. **P. Matus** (CONAMA) responde que el análisis de los antecedentes disponibles para el presente proceso arrojó que éstos aún son insuficientes para avanzar en el proceso, por cuánto se requiere dicha prórroga.
- **A. Alvarez** (MINECON) plantea que el Ministerio de Salud en su solicitud de priorizar la dictación de la presente norma justificó ésta afirmando que el material particulado fino presenta un mayor riesgo a la salud en relación a fracciones mayores, lo cual abrió una discusión en torno a cuestionar la necesidad de la norma de MP10. **C. Santana** (CONAMA) sostiene que el MP10 incorpora la fracción fina, y que la complejidad está en aislar la fracción fina de aquella gruesa (MP10-MP2.5). AL respecto señala que normar MP10 y MP2.5 podría entenderse como una duplicación, lo cual en los EEUU significó un freno en el proceso normativo del material particulado fino. En ese sentido, CONAMA sostiene la necesidad de resolver este problema conceptual para avanzar en el presente proceso. Respecto a cómo se pretende estudiar en Chile el tema de la fracción gruesa se indica la existencia de un estudio de la Universidad de Chile (Gil) y otro de DICTUC que hacen referencia a este tema, a lo menos en relación a la mortalidad.
- **W. Folch** (MINSAL) sostiene que no ve inconveniente en contar con una norma de material particulado fino y de MP10, independiente de que una sea un subconjunto de la otra. Lo anterior basado en los riesgos unitarios definidos para uno y otro. **C. Santana** (CONAMA) señala que la

Comunidad Europea no ha mencionado un valor de norma para el MP2.5, sino que ha sido más restrictiva en la norma de MP10, en comparación a EEUU. La CE se ha planteado revisar en el año 2003 la necesidad de normar el MP2.5. **W. Folch** (MINSAL) indica que no siempre se podrá asegurar una protección a la salud de las personas para los efectos del material particulado fino a través del control del MP10. **C. Santana** (CONAMA) opina que el problema de contar con una norma de MP10 en conjunta con una de MP2.5 puede llevar a tener protecciones para la fracción gruesa distintas a lo largo del país, o sea normas primarias indirectas para cada zona del país. Ello dado los valores observados de MP2.5. Adjunto,

- **A. Alvarez** (MINECON) señala que es válido pensar que se puede generar un conflicto necesario de considerar al normar el MP10 y en forma particular el MP2.5. No obstante, señala la necesidad de analizar el tema relativo a las fuentes emisoras, considerando que es importante asegurar el cumplimiento de los objetivos. Al respecto se indica que la prórroga presenta una importante oportunidad para analizar esos temas. CONAMA sostiene que si bien actualmente se cuenta con una cantidad significativa de información, comparativamente mayor a otros procesos normativos, hay una ausencia de precedentes normativos a nivel internacional los cuales usar como modelos o elementos de comparación. Lo que no ha ocurrido en otros procesos normativos.
- **C. Santana** (CONAMA) ratifica la necesidad de mirar el problema del material particulado como un todo, lo que incluye también un análisis de la aplicación de otros instrumentos de gestión ambiental. Por otro lado, señala la importancia de transferir información existente referente al origen en Chile del problema de material particulado.
- **M. Jadrijevic** (CONAMA) solicita a los representantes del Comité Operativo que cada Institución analice los antecedentes presentados referentes a la norma y que presenten su posición al respecto. A la vez, deberán definir qué otra información les parecería relevante incorporar en el proceso. **S. Pimentel** (COCHILCO) solicita información sobre la transformación química de contaminantes gaseosos, dado que sería relevante para el proceso minero.





## **Antecedentes del proceso normativo:**

### **“Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Fino PM2.5”**

- Esta norma fue incluida en el 4° Programa Priorizado de Normas por aprobación del Consejo Directivo de CONAMA el 26 de marzo de 1999 a solicitud del Ministerio de Salud.
- En julio de 2000 se aprobó la creación del Comité Operativo ( Min. Economía Fomento y Reconstrucción, Energía y Minería, MINSAL, Min. Transporte y Telecomunicaciones y Obras Públicas, Ministerio De Vivienda, Urbanismo y Bienes Nacionales, SESMA, Intendencia R.M, CNE)
- El proceso de elaboración del anteproyecto se inició formalmente el

7 de Agosto de 2000

000032

# Fundamentos del Ministerio de Salud

- Nuevos antecedentes de Salud Pública Nacionales y Extranjeros indican que el Material Particulado fino tiene un potencial de daño a la salud mayor que el material particulado grueso.
- El Material particulado fino tiene un tiempo de vida en la atmósfera, y su composición química es de mayor toxicidad que la fracción gruesa.
- El sistema respiratorio es incapaz de impedir el ingreso de estas partículas

⇒ **Desde el punto de vista de Salud pública es necesario conocer y controlar las concentraciones en el aire de la fracción fina.**

# Características del PM2.5



- Son partículas líquidas o sólidas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones (es un subconjunto del material particulado respirable PM10)
- Por su tamaño penetran hasta los alveolos pulmonares
- Tienen un tiempo de vida en la atmósfera más largo (pueden ser transportadas largas distancias).
- Su composición química es muy diversa y será variable en cada lugar según el tipo de fuentes que hayan presentes.
- El PM2.5 primario proviene principalmente de las emisiones de combustión de combustible fósiles y de biomasa.( motores diesel, quema de leña, etc) y polvo natural.
- El PM2.5 secundario se origina por la transformación de emisiones gaseosas tales como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y VOCs



# Antecedentes disponibles

## • Efectos en Salud

### Nacionales

“Relación entre la contaminación atmosférica y las consultas por emergencias pediátricas, en el servicio de urgencias del hospital Luis Calvo Mackenna”, Dr. Mauricio Ilabaca, 1997

“Modelo multivariado para predecir mortalidad diaria en Santiago por contaminación del aire y variables meteorológicas”, P Sanhueza, C

Vargas y Jorge Bravo. FONDECYT N°1950327-1995.

### Internacionales

Múltiples estudios epidemiológicos realizados en Londres, Atenas, Los Angeles, Santa Clara, Ontario, Toronto, Portage, Topeka, Boston, St. Luis, Kinsston, Denvery Uniontown

Todos estos estudios muestran riesgos relativos de mortalidad entre 1.05 a 1.056

# Antecedentes Disponibles



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

- **Concentraciones del contaminante en el país.**
  - Santiago desde 1990: Concentraciones diarias y concentraciones promedio anuales
  - Temuco, Rancagua, Viña del Mar y Valparaíso desde 1998: Concentraciones diarias cada 4 días.
  - Iquique para el periodo 1998 –1999.

- **Inventario de emisiones**

- Región Metropolitana: desde el 2000
- A partir de 2001 se desarrollarán inventarios para la región de Temuco, Rancagua, Conurbación Viña del Mar y Valparaíso

000036



## Estudios o fuentes de información:

- Antecedentes para la revisión de las normas de calidad del aire contenidos en la Res. N° 1.215 del MINSAL (SGA)
- Informe de Auditoría Plan de Descontaminación y Prevención de la Re. Metropolitana (PPDA)
- Recopilación de antecedentes nacionales e internacionales sobre PM2,5 ( Encargado por SOFOFA, AMBAR S.A. )
- Mediciones Meteorológicas y de Calidad del Aire en Temuco y Rancagua para la Obtención de Antecedentes Técnico- científicos para la Generación de la Norma de Calidad Primarias para MP2.5 (CENMA)
- Seminario Efectos en la Salud Contaminantes atmosféricos Stgo 31 mayo y 1 junio de 2000.
- Seminario Quinto Taller Iniciativa Aire Limpio para Ciudades de América Latina, Stgo 24-26 Oct.

## Campaña invierno 1998:

Carbono elemental:	12%	En la R.M., al igual que en la mayoría de las ciudades, las emisiones de los vehículos constituyen la fuente principal, especialmente las de vehículos a petróleo (autobuses, camiones).
Carbono orgánico	17 %.	Fuente principal: la misma que la anterior
Polvo resuspendido	5%	
Sulfatos:	19 %.	Conversión de SO <sub>2</sub> de la atmósfera. Fuente principal: los sulfuros presentes en el aceite y el petróleo.
Nitratos	28 %	Conversión de NO <sub>x</sub> de la atmósfera. Fuente principal: emisiones de vehículos (principalmente de vehículos a petróleo).
Amoníaco	17 %	Relacionado con sulfatos y nitratos. Fuente principal: amoníaco de uso agrícola, alcantarillado, ríos, etc.
Otros	2%.	

Fuente : CONAMA R.M, informe de auditoría PPDA.

00000000

# Regulación del PM2.5 en el Extranjero



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

- **Estados Unidos:**

- Valor límite diario: 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Valor límite anual : 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Esta norma está en discusión en la Corte de Apelaciones del Distrito de Colombia.

- **Unión Europea:**

- Por ahora se establece el control del PM2.5 a través de la norma de PM10, cuyos valores son:

Meta a cumplir año	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Días de Excedencia
	Diaria	Anual	
2005	50	40	35 días
2010	50	20	7 días

El 2003 se revisará si se norma el PM2.5

- **OMS:** Puesto que no hay un nivel umbral sin riesgo no se recomienda un valor de referencia

000000





## Prorroga del plazo para la elaboración del anteproyecto

### Justificación

- Dado el impacto que tendría esta norma en todo el país, se requiere hacer una buena evaluación económica de la norma. Se requerirán estudios dirigidos a:
  - Ampliar el diagnóstico de calidad de aire para material particulado MP2.5
  - Generar información sobre las fuentes de emisión y de generación de aerosoles secundarios, a nivel nacional
- Diagnostico a nivel nacional sobre concentraciones ambientales de PM2.5.
- Estudios de composición química de MP2.5
- Metodología para la medición de MP2.5
- Se deben resolver durante el proceso normativo aspectos conceptuales de la norma.

# Regulación del PM2.5 en el Extranjero



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

- **Estados Unidos:**

- Valor límite diario: 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Valor límite anual : 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Esta norma está en discusión en la Corte de Apelaciones del Distrito de Colombia.

- **Unión Europea:**

- Por ahora se establece el control del PM2.5 a través de la norma de PM10, cuyos valores son:

Meta a cumplir año	Concentración $\mu\text{m}^3$		Días de Excedencia
	Diaria	Anual	
2005	50	40	35 días
2010	50	20	7 días

El 2003 se revisará si se norma el PM2.5

- **OMS:** Puesto que no hay un nivel umbral sin riesgo no se recomienda un valor de referencia

000041



## Preguntas a resolver:

- Si la mayor parte del PM10 está constituido por PM2.5 ¿Cual es el beneficio de agregar la norma de PM2.5? ¿ que se gana desde el punto de vista de la gestión?
- ¿Son distintas las fuentes de PM10 y de PM2.5? ¿ Se pueden diferenciar?
- Si se establece una norma de PM2.5 ¿ se deroga la norma de PM10? ¿ Se mantendrá? ¿ Se deberá elaborar una de la fracción gruesa PM(2.5-10)?
- ¿Cual será el impacto de la norma a nivel nacional?
- ¿ Cual será el impacto de ser el primer país que tenga una norma para PM2.5? ( beneficios o desventajas)

REUNION NORMA PRIMARIA DE CALIDAD PARA MATERIAL PARTICULADO FINO MP 2,5  
Santiago, 05 de ENERO 2001

Nº	NOMBRE	INSTITUCION	FONO - FAX	DIRECCION	E - MAIL
1.	WALTER FELCH	MINSAL	6641244	Estado 3609801	welch@netvive.cl
2.	Sarita Pimentel	Cochilco	3828285 / 3828300 FAX	Agustinas 1161 - 4º F.	spimentel@cochilco.cl
3.	Laura Bulleda	CANAMA	2405662	—	lgallardo@canama.cl
4.	Romido Ucedo CH.	COMAMA	2405670	ONISPO DOMOSO 6	RUCCANO@COMAMA.CL
5.	Enrique Grewé I.	CONAMA	2405670	✓	egrewep@conama.cl
6.	Jorge Jiménez P.	MTT	2352309	Sta. Beatriz 191, Prov.	jjimenez@mtt.cl
7.	Javier García M.	Creama R.M.	6713052	Valentín de Leñer 1330	jpgarcia.rm@creama.cl
8.	Andrea Varas C.	C.N.E.	3656800 / 3656888	Tecatin 120 p 7	avaras@CNE.CL
9.	Clarita Jorjovic F.	CONAMA	2405754	Obispo Dorado 6	clarita@conama.cl
10.	Andrea Dujov	COMAMA			
11.	Andrés Álvarez.	MINECON	6318701	Moqueta 921 of 719	aalvarez@confo.cl
12.					
13.					
14.					
15.					

Cámara Chilena Constructores  
SGS Ecología

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
ASR/PDM  
*N. qui*

- - -  
- - - 015

Exenta N° \_\_\_\_\_

AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN  
DE ANTEPROYECTO DE NORMA DE  
CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL  
PARTICULADO PM2,5

Santiago, 14 de enero de 2004.

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; lo establecido en el Decreto Supremo N° 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y en particular, lo dispuesto en su artículo 13; la Resolución Exenta N° 710/00, del 19 de julio de 2000, y la Resolución Exenta N° 022/01, del 04 de enero de 2001, que amplió al plazo para la preparación del anteproyecto, ambas de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente; y la Resolución N° 520 de Contraloría General de la República.

**CONSIDERANDO:**

Que por Resolución N° 710/2000, de 19 de julio de 2000, se dio inicio al proceso de dictación de la norma de calidad primaria para material particulado fino PM2,5.

Que asimismo, por acuerdo N° 156/2000, de 07 de julio de 2000, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente aprobó la creación del Comité Operativo para la dictación de la referida norma, y que con fecha 27 de octubre de 2000, mediante Ord. N° 5000/2000, de la Dirección Ejecutiva, se solicitó la nominación de los respectivos representantes para el citado Comité.

Que mediante Resolución Exenta N° 022/2001, de la Dirección Ejecutiva, se amplió el plazo para la preparación del anteproyecto de la citada norma.

Que analizados los antecedentes y los estudios disponibles y en curso, así como los estudios científicos y técnicos existentes en otros Estados u organismos internacionales, se concluye que éstos son insuficientes, conforme lo informado por el Departamento de Operaciones de esta institución.

Que en virtud de lo anterior, es necesario disponer de mayor plazo a fin de recabar los antecedentes suficientes y desarrollar los estudios técnicos y científicos pertinentes.

**RESUELVO:**

Ampliar el plazo para recabar antecedentes así como para solicitar estudios complementarios, que permitan la elaboración del anteproyecto de norma de calidad primaria para material particulado fino PM2,5, en treinta y seis (36) meses, a contar de esta fecha, conforme a lo previsto en el artículo 13, inciso segundo, del D.S. N° 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Anótese, comuníquese y archívese



**GIANNI LÓPEZ RAMÍREZ**  
**Director Ejecutivo**  
**Comisión Nacional del Medio Ambiente**

XEB/MJG

**Distribución:**

- Comité Operativo Norma.
- Directores Regionales de Conama.
- Departamento de Operaciones, Conama.
- Departamento Jurídico, Conama
- Expediente

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud  
**NURY VALBUENA OVEJERO**  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

## MINUTA

### **NORMA DE CALIDAD PRIMARIA DE MATERIAL PARTICULADO FINO PM2,5**

Fecha: Septiembre 2006

---

#### **I. Antecedentes del proceso normativo**

La Norma de Calidad Primaria de Material Particulado Fino PM2,5, fue incorporada en el Cuarto Programa Priorizado de Normas, según consta en el Acta del Consejo Directivo de CONAMA, de fecha 26 de marzo de 1999, a través del Acuerdo N° 99. Esta norma fue solicitada por el Ministerio de Salud y por la Dirección Regional de la CONAMA de la Región Metropolitana.

El proceso de elaboración del anteproyecto de la norma se inició formalmente el 7 de Agosto de 2000, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710 de fecha 19 de julio de 2000, de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

El Comité Operativo de la norma fue constituido por Acuerdo N° 156/2000 del Consejo Directivo de la CONAMA. Según este Acuerdo, el Comité Operativo está integrado por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Minería, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Obras Públicas, el Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, la Comisión Nacional de Energía y por la Intendencia de la Región Metropolitana.

En enero de 2001, el Comité Operativo resuelve solicitar una prórroga del proceso de elaboración del anteproyecto de la norma. De este modo, mediante la Resolución Exenta N° 022/2001, de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, se amplió el plazo para la preparación del anteproyecto de norma en 30 meses, a partir del 4 de enero de 2001. Las razones que se tuvieron en consideración para resolver esta ampliación, fueron las siguientes:

- a) Era necesario generar información adicional que respaldara, particularmente, la evaluación económica de la norma, en tanto se preveía que el impacto sería importante en todo el país.
- b) Era fundamental el desarrollo de los siguientes estudios: i) diagnóstico de calidad de aire para material particulado PM2,5; ii) estudio de las fuentes de emisión y de generación de aerosoles secundarios a nivel nacional; iii) estudios de composición

química de PM<sub>2,5</sub> y; iv) estudio para establecer una metodología para la medición de PM<sub>2,5</sub>.

- c) En ese momento no existían en el mundo normas de PM<sub>2,5</sub> vigentes, por lo cual no se contaba con un referente internacional válido. Tanto en Europa como en Estados Unidos, se estaban llevando a cabo programas para la generación de información que permitiera llenar los vacíos que impedían la puesta en vigencia de una norma de PM<sub>2,5</sub> en esos países.

Con anterioridad a que se cumplieran los plazos establecidos en la Resolución Exenta N° 022/2001 para la entrega del anteproyecto de norma, la Dirección Ejecutiva de CONAMA volvió a evaluar la existencia de información necesaria para normar, concluyéndose que aún no se contaba con los antecedentes que se pretendió generar, dado que no se obtuvieron los presupuestos necesarios para el desarrollo de los estudios.

En razón de lo anterior, el 14 de enero de 2004 se solicitó nuevamente una prórroga del proceso de elaboración del anteproyecto de norma. Es así como mediante la Resolución Exenta N° 015/2004, de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, se amplió el plazo para la preparación del anteproyecto de la citada norma en 36 meses. Las razones que se tuvieron en consideración para resolver esta ampliación, fueron las siguientes:

- a) No existían en el país, antecedentes suficientes que permitieran conocer el estado de la contaminación por PM<sub>2,5</sub>, su origen y fuentes contaminantes. Por lo tanto, no era posible hacer una buena evaluación del impacto económico y social que tendría esta norma.
- b) Las dos normas de PM<sub>2,5</sub>, existentes en el mundo, deberían ser cumplidas después del 2010, y el resto de los países se encontraba generando la información necesaria para evaluar la aplicabilidad de esta norma y los niveles de riesgo que implican los distintos valores. Dado lo anterior, el camino definido a nivel internacional era proteger a la población a través de una norma de PM<sub>10</sub> más estricta. Debido a todo esto, se planteó la conveniencia de esperar a que los países más desarrollados generasen los estudios y la experiencia necesaria, antes de aplicar la norma en nuestro país.
- c) Teniendo una norma de PM<sub>10</sub> vigente, era posible controlar y reducir la fracción fina a través de medidas que apuntasen a la reducción de emisiones directas antropogénicas y a las emisiones de gases precursores de material particulado.
- d) Se consideró necesario establecer un programa de generación de información, invertir en equipamiento para medir PM<sub>2,5</sub> y en capacitación.

Actualmente se está trabajando en la sistematización de la información existente y se encargará un estudio para hacer una evaluación preliminar de los costos y beneficios sociales que tendría esta norma. El anteproyecto deberá estar listo en Enero de 2007, para ser sometido a consulta pública.



## II. Aspectos necesarios de considerar

Santiago tiene un alto porcentaje de particulado fino en el MP10 y según estudios de composición química es altamente tóxico, por lo cual se hace necesario establecer medidas para la protección de la salud de las personas. Efectivamente, los estudios sobre efectos en salud a nivel internacional indican que el PM<sub>2,5</sub> es la fracción que tiene mayor incidencia en la salud.

Por otra parte, de un estudio de contaminación intramuros realizado en Santiago en el año 1998, se demuestra que el 60 % de la contaminación intradomiciliaria tiene su origen en fuentes externas (Petros Koutrakis y otros, Universidad de Harvard), por lo tanto si el nivel de PM<sub>2.5</sub> en ambientes exteriores es alto esto se verá reflejado en intramuros.

No basta con controlar las emisiones directas de PM<sub>2,5</sub> ya que una parte importante se genera a través de reacciones en la atmósfera, a partir de otros contaminantes gaseosos.

La puesta en vigencia de una norma de PM<sub>2,5</sub> en Chile, implicará generar planes de descontaminación nuevos, no tan solo para la Región Metropolitana, sino que también para un número importante de ciudades del sur de Chile, donde probablemente se superaría la norma diaria y anual, considerando como referencia la norma de PM<sub>2,5</sub> de EEUU, y de PM<sub>10</sub> de la Comunidad Europea ( La norma de PM<sub>10</sub> de la CE tiene valores más estrictos que la norma de PM<sub>2.5</sub> de EEUU, de modo que también regula la fracción fina)

El sector productivo ha rechazado enérgicamente la posibilidad de tener una norma de PM<sub>2,5</sub>, en especial la SOFOFA, por las inversiones significativas que el sector tendría que realizar para reducir las emisiones de partículas finas.

Es necesario tener presente que durante los últimos años, a partir de recursos provenientes de la cooperación internacional, ha sido posible realizar mediciones de partículas finas de PM<sub>2,5</sub> y generar datos sobre niveles de concentración, sin embargo, aun no se han realizado los estudios relacionados con los efectos en salud y beneficios, versus el costo que la norma tendría.

## ANEXOS.

### ANEXO I. Antecedentes generales sobre el PM<sub>2,5</sub>.

El material particulado fino, PM<sub>2,5</sub>, consta de partículas sólidas y gotas líquidas de diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 µm. Están compuestas típicamente por carbón elemental, compuestos orgánicos adsorbidos, sulfatos, nitratos, metales y otros elementos trazas. Las partículas secundarias se forman a partir de gases e incluyen sulfatos, nitratos, amonio e iones hidrógeno. Los compuestos orgánicos adsorbidos incluyen compuestos producto de la combustión tales como hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs).

**Fuentes antropogénicas:** En áreas urbanas, las fuentes principales son los procesos de combustión, consistentes en emisiones de vehículos, en especial de vehículos diesel; la combustión doméstica de leña; las calderas industriales; los incineradores; las plantas termoeléctricas; los restaurantes. En zonas rurales o remotas, una fuente de emisión importante corresponde a la minería, a través de los procesos de refinación y fundición.

**Fuentes Naturales:** Entre las fuentes naturales se pueden contar las emisiones de partículas marinas producidas por la acción del viento y de las olas (compuestas principalmente de sodio, magnesio, azufre, cloruro y calcio); las emisiones generadas por los incendios de vegetación que producen grandes cantidades de partículas; algunas partículas biológicas patógenas, alérgenas (bacterias, virus, hongos, esporas); y las emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles provenientes de la vegetación, que derivan en compuestos condensables.

**Partículas Secundarias:** Las partículas secundarias se generan a través de procesos complejos de transformación de contaminantes gaseosos, que dependen de la actividad fotoquímica, y de factores meteorológicos y climáticos.

Los aerosoles secundarios más comunes corresponden a los siguientes:

- 1 Sulfato y nitrato de amonio, formados a partir del gas amonio que proviene de emisiones vehiculares y de operaciones agrícolas.
- 2 Ion nitrato, formado a través de reacciones atmosféricas iniciadas con óxidos de nitrógeno, emitidos principalmente por vehículos y otros procesos de combustión.
- 3 Ion sulfato, formado de óxidos de azufre, generado por la combustión del diesel y procesos mineros, y de sulfatos marinos.
- 4 Aerosoles orgánicos, producidos por la condensación de productos de baja presión de vapor que se forman de emisiones de compuestos orgánicos.

## **ANEXO II. Efectos en la Salud.**

Estudios epidemiológicos muestran una correlación entre la exposición a partículas y sus efectos adversos en la salud. A la fecha no hay evidencia concluyente respecto al rol del tamaño de las partículas en la respuesta.

Sin embargo, estudios que investigan los efectos de las distintas fracciones de tamaño muestran asociaciones observadas con MP10, PM2,5 y MP10-2.5, siendo las correlaciones más claras y fuertes, las encontradas en el caso del PM2,5.

Los resultados actuales de estudios toxicológicos indican que las partículas del suelo pueden ser tan dañinas como las partículas provenientes de la combustión, para un rango de tamaño dado. No hay evidencia clara del rol de la composición de las partículas.

Los efectos que se observan debido a la existencia de concentraciones de PM2,5 se relacionan con: agravación de las enfermedades respiratorias, en especial del asma; incremento de admisiones de hospital y de emergencias por afecciones al pulmón y cardiacas; incremento de enfermedades respiratorias; disminución de la función pulmonar y muertes prematuras.

Los grupos sensibles presentan el mayor riesgo a esos efectos, entre ellos, las personas de edad avanzada, asmáticos y enfermos cardiopulmonares, y niños.

Adicionalmente, el material particulado es el mayor causante de la reducción de la visibilidad. También causa efectos en la vegetación y en los materiales de construcción.

### **Valoración de los efectos.**

Para la determinación del bienestar de la población, producto de la reducción de los efectos en la salud del PM2,5, se requiere desarrollar una valoración monetaria y así poder comparar estos beneficios con los costos asociados a su obtención.

Así, el valor monetario de un efecto en salud corresponderá a la cantidad de dinero ante la cual la persona está indiferente entre poseer el dinero o experimentar una mejora en su salud.

Debido a que la reducción de efectos adversos a la salud no se transa en el mercado, se recurre a métodos especializados para estimar la disposición a pagar de la población (DAP), la cual se descompone en tres componentes: Costo de tratamiento del efecto adverso (gastos médicos) (COI); Productividad perdida debido a la ocurrencia del efecto (PP); y la Disutilidad que experimenta la persona debido a la ocurrencia del efecto (Disutilidad).

### ***Estudio Región Metropolitana.***

Para el año 2000 se estimaron los factores de impacto, es decir, se estimaron los efectos por cada unidad reducida de contaminación por millón de personas. Los datos que se presentan a continuación fueron calculados para la población de la provincia de Santiago, para una disminución de las concentraciones medias de PM2,5 de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	Efectos por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2,5 anual por millón de personas
	Valor Medio
Muertes Prematuras (exp aguda) (exp crónica)	5.4 33
Admisiones Hospitalarias	22
Bronquitis Crónica	33
Bronquitis Aguda	57
Visitas Sala Emergencia	220
Ataques de Asma	1214
Días Pérdida Trabajo	10225
Síntomas Respiratorios	34893

Luego, el **beneficio marginal** según el tipo de efecto, medido en millones de pesos de enero 2001 por unidad de contaminante reducida, es el que se presenta a continuación. Es importante notar que los cálculos fueron realizados para 32 comunas de la región metropolitana (año 2000), considerando una población de 4,82 millones de personas (0,819 millones entre 0-17 años, 1,38 millones entre 18-65 años y 0,27 millones para mayores de 65 años).

	Millones de pesos por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anual de PM2,5
	Valor Medio
Muertes (exp crónica)	49.252
Muertes (exp aguda)	9.844
Bronquitis Crónica	1.625
Días Pérdida Trabajo	799
Días de Actividad Restringida Menor	664
Admisiones Hospitalarias	85
Consultas y Visitas Emergencia	54
Ataques de Asma	20
Bronquitis Aguda	1
Total (con muertes exp. aguda)	1.092
Total (con muertes exp. crónica)	52.500

Los beneficios según el tipo de factor y agente afectado se presentan en millones de pesos (enero 2001) por reducción de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2,5 sin incluir mortalidad por exposición crónica.

Agente	Costo de Enfermedad	Productividad Perdida	Disutilidad de la Población	Total	%
Estado	162	1451		1616	12
Sector Privado	74	439		513	4
Población	44	826	10095	10965	84
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>2416</b>	<b>10095</b>	<b>13091</b>	<b>100</b>
%	2	21	77	100	

De la tabla anterior se entenderá que del total de beneficios, el estado recibe el 12%, el sector privado el 4% y la población el restante 84%.

Además, el 21% de los beneficios corresponden a la productividad perdida y sólo un 2% el costo de enfermedad.

### ***Estudio Región de la Araucanía.***

Basándose en el marco de un estudio de combustibles (leña, gas natural) que hizo la CNE (Marzo del 2002) en la Ciudad de Temuco y Padre Las Casas, se obtuvo una valoración de los efectos de PM<sub>2,5</sub> (algunas de las componentes de la disposición a pagar no se ajustaron a la ciudad en estudio y se mantuvieron las de Santiago). Por otra parte, la estimación del riesgo de cáncer de por vida, y del número de casos esperados anualmente en Temuco, se realizó usando los factores propuestos por la OEA. Siguiendo el método de la OMS, se obtuvo un riesgo de por vida para un habitante de Temuco de **8,15E-4**, y un número esperado de casos anuales de **3,4**.

Suponiendo una concentración anual promedio de 30 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5</sub>, se obtuvo que el riesgo individual para material particulado es **17 y 92 veces mayor que el de cáncer para efectos de exposición aguda y crónica.**

Con respecto al **beneficio social** de una **reducción** de un **1 µg/m<sup>3</sup>** en las concentraciones promedio anual de PM<sub>2,5</sub> en Temuco y Padre las Casas, se estima entre 820 millones de pesos, o US\$1,2 millones (lo cual es razonable en comparación a las estimaciones para la Región Metropolitana de US\$25 millones por microgramo), y 2.845 millones, o US\$4,2 millones, por microgramo de concentración promedio anual. El límite inferior de este rango incluye una valoración de la mortalidad en exceso causada por la exposición de corto plazo a altas concentraciones del contaminante, además de una serie de efectos adicionales de morbilidad, como bronquitis agudas, días de pérdida de trabajo, consultas y admisiones hospitalarias entre otros. El límite superior del rango incluye, además de lo anterior, los efectos adicionales de mortalidad causados por la exposición de largo plazo.

Es interesante estimar cómo cambia el daño social de salud estimado anteriormente ante disminuciones de las emisiones de material particulado (PM<sub>10</sub>). Este valor indica el beneficio marginal de reducir las emisiones. La siguiente tabla muestra la reducción del daño social producto de reducciones de las emisiones en bloques de 100 toneladas de MP<sub>10</sub>. Se puede observar que el **beneficio marginal es cercano a los 11 millones de pesos por tonelada de reducción al año** (si se consideran solo impactos de mortalidad por exposición de corto plazo) y sobre los 37 millones al año si se incluyen los impactos por exposición de largo plazo. Estas cifras son relativamente constantes a medida que se abate más emisiones debido a que tanto el que relaciona emisiones con concentraciones, como el modelo de impacto en la salud de las concentraciones, son casi lineales.

000053

Nivel de reducción de emisiones de MP <sub>10</sub> (toneladas)	Disminución las concentraciones de PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Reducción del daño social por tonelada de reducción de emisión de MP <sub>10</sub> (miles de pesos/ton al año)	
		Mínimo	Máximo
100	1.35	10.964	37.984
200	2.69	10.923	37.800
300	4.04	10.883	37.617
400	5.39	10.843	37.435
500	6.73	10.804	37.255

### ANEXO III. Evolución de la Calidad del Aire por PM<sub>2,5</sub>: 1997-2005.

#### SANTIAGO.

El PM<sub>2,5</sub> no es medido en todas las estaciones que conforman la red MACAM-II y tampoco ha sido medido en todo el período de interés. Por estas razones, para dar una idea de su evolución, se presenta toda la información disponible, la cual es consistente en algunos casos a dos técnicas de medición distintas, usando monitores del tipo TEOM (de referencia EPA) y monitores dicotómicos que no son de referencia EPA para el PM<sub>2,5</sub>, pero que están operando en algunas estaciones desde 1989. Ambos métodos de medición, si bien son comparables, no miden exactamente lo mismo.

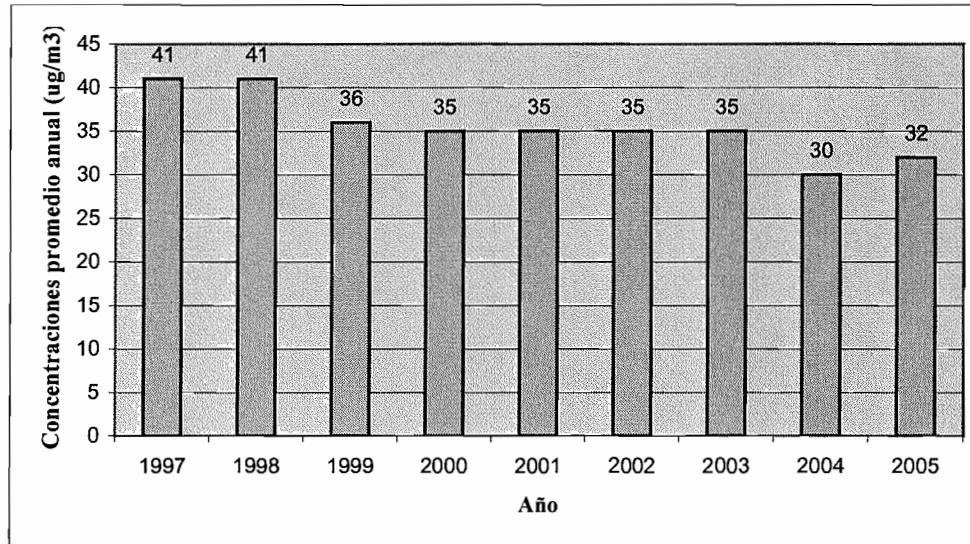
En la siguiente tabla se presentan las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el período 1997-2005, a partir de las mediciones realizadas mediante 2 sistemas de monitoreo distintos: Monitor Dicotómico (1997-2005) y Monitor TEOM (2000-2005).

ESTACIÓN	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Red. Total 1997-2005 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ )	Red. Total 1997-2005 (%)	Red. x año 1997-2005 (%)	Red. x año 2000-2005 (%)
Las Condes (T)				28	26	25	28	27	28				0,5
Parque O'Higgins (T)				36	34	35	40	37	35				0,0
Pudahuel (T)				33	33	34	36	36	31				1,5
La Florida (T)				35	35	32	34	38	34				0,9
<b>Promedio Red TEOM</b>				<b>33</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>32</b>				<b>0,7</b>
Las Condes (D)	38	40	34	31	30	29	30	27	28	10	25,0	3,1	1,6
Parque O'Higgins (D)	44	43	40	40	37	37	38	32	35	9	20,5	2,6	2,4
La Paz (D)	40	39	36	35	39	41	36	31	33	6	16,1	2,0	1,1
<b>Promedio Red Dico</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>20,4</b>	<b>2,6</b>	<b>1,7</b>

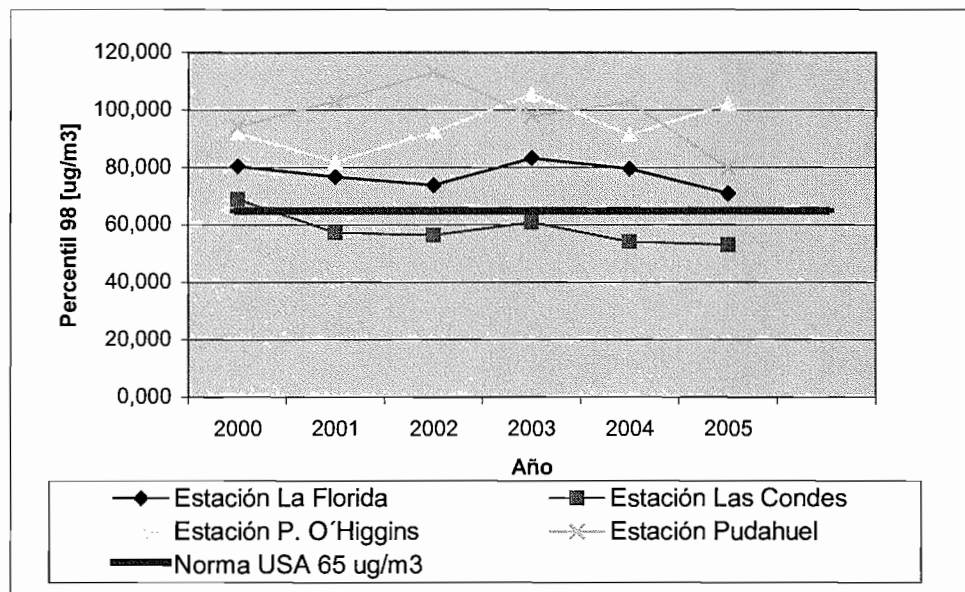
(D): Medición con TEOM

(T): Medición con Dicotomo

En la figura que sigue se muestra la evolución del PM<sub>2,5</sub> medido con monitores Dicotómicos para el período 1997-2005.



Por otra parte, se cuenta con información referente al Percentil 98 del PM<sub>2,5</sub> (equivalente a lo que sería una norma diaria) en el período: 2000 - 2004.



Si se toma como referencia la norma de USA, norma diaria de 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se observa que de las 4 estaciones de monitoreo de PM<sub>2,5</sub> presentes en la ciudad de Santiago, 3 de ellas sobrepasan durante todo el período evaluado, la norma diaria utilizada como referencia.

Conjuntamente, desde 1996, CONAMA RM ha estado desarrollando campañas de caracterización del material particulado fino. Esta caracterización permite determinar, del total de emisiones generadas, cual es el aporte antropogénico, además de permitir determinar qué compuestos presentes podrán finalmente formar PM<sub>2,5</sub> en la atmósfera.



## REGIONES.

Actualmente en el país, exceptuando a la Región Metropolitana, únicamente 5 ciudades cuentan con estaciones de monitoreo de PM<sub>2,5</sub>. Adicionalmente, en otras ciudades del país sólo se cuenta con mediciones realizadas en el marco del proyecto COSUDE (1997-1998, primera fase).

### Región de Tarapacá.

- Producto de los resultados generados por el proyecto COSUDE, realizado en la ciudad de Iquique, se cuenta con información respecto de la contribución de las diversas fuentes emisoras al PM<sub>2,5</sub> en dicha ciudad. El estudio concluyó que la principal contribución a las emisiones PM<sub>2,5</sub> lo constituye una fuente de Azufre, la cual representa el 56 % de las emisiones. Por otra parte, el tráfico vehicular aportaría con un 31 % de las emisiones y el resto correspondería a fuentes provenientes de la quema de biomasa.
- De mediciones realizadas en las ciudades de Arica e Iquique, entre fines de enero 2005 y fines de diciembre de 2005, se observó:
  - En la **Estación Hospital de Iquique**, el percentil 98 fue de 35 ug/m<sup>3</sup>, valor que se encuentra por debajo de la norma diaria de USA.  
Por otra parte, se obtuvo que el promedio anual alcanzó los 18,2 ug/m<sup>3</sup>, valor que tomado de sólo de manera referencial (menos de 3 años de mediciones), superaría la norma anual de USA (nivel de saturación).
  - En la **Estación Casino de Arica**, el percentil 98 fue de 36 ug/m<sup>3</sup>, valor que se encuentra por debajo de la norma diaria de USA. Por otra parte, se obtuvo que el promedio anual alcanzó los 14,5 ug/m<sup>3</sup>, valor que tomado de sólo de manera referencial (menos de 3 años de mediciones), estaría muy próximo a la superación de la norma anual de USA.

### Región de Valparaíso.

#### Concón.

En esta ciudad se realiza monitoreo de PM<sub>2,5</sub> desde el año 2003. los resultados del monitoreo son los que se presentan a continuación.

Año	Promedio	Percentil 98	Observación
2003	18.34	39.6	Mediciones cada 3 días
2004	17.76	41.7	Mediciones cada 3 días
2005	15.13	35.4	Mediciones cada 3 días

Se observa que tomando como referencia la norma de USA, durante todo el período se ha superado la norma anual, mientras que se estaría cumpliendo la norma diaria.

*Viña del Mar y Valparaíso.*

En la actualidad, se cuenta con una estación permanente que monitorea PM<sub>2,5</sub> desde el año 2003, la cual corresponde a la estación Concón de la red de ENAP Refinería Aconcagua. Esta estación utiliza como técnica de monitoreo la Gravimetría y la frecuencia de medición es cada 3 días.

Los resultados del monitoreo realizado durante el período comprendido entre Enero de 2003 y Diciembre de 2005, son los siguientes:

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Percentil 98</b>
<b>2003</b>	18.34	39.6
<b>2004</b>	17.76	41.7
<b>2005</b>	15.13	35.4

Tomando como referencia la Norma de USA se observa que, para el caso de la Norma anual, esta se encontraría superada para los 3 años de mediciones; mientras que se estaría cumpliendo la norma diaria (valores bajo el nivel de latencia).

Por otra parte, del proyecto COSUDE (Nov 1997- Dic 1998) realizado en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, se desprenden los siguientes resultados:

<b>Valparaíso</b>	<b>Viña del Mar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El PM<sub>2,5</sub> fue monitoreado en sólo una estación, sobrepasándose los valores de referencia EPA en sólo una ocasión.</li> <li>▪ Se concluyó que la principal contribución a las emisiones de PM<sub>2,5</sub> lo constituye una fuente de azufre (40%), seguido por la quema de leña (30%) y el tráfico vehicular (21%).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El monitoreo de PM<sub>2,5</sub> se realizó en una única estación, en la cual se produjeron dos excedencias a la norma EPA de PM<sub>2,5</sub>.</li> <li>▪ Se concluyó que la principal contribución a las emisiones de PM<sub>2,5</sub> lo constituyen las fundiciones (~50%) y el tráfico vehicular (20%).</li> </ul>

*San Felipe y Los Andes.*

Entre septiembre de 2004 y agosto de 2005, se realizaron mediciones de PM<sub>2,5</sub> de 24 hrs, cada 3 días, mediante el uso de Impactador de bajo Volumen. Dichas mediciones se tuvieron lugar en las ciudades de San Felipe (Servicio de Salud) y Los Andes (3° Cía. De Bomberos)

La concentración promedio diaria más alta se presentó en el mes de junio en el Cuerpo de Bomberos de Los Andes. Se observó que dicha medición correspondió a aquella registrada por el monitor el día 07/06/05, ocurrida el mismo día en que se midió las más altas concentraciones de PM<sub>10</sub> en todos los monitores. El dato de monitor del Servicio de Salud Aconcagua (SSV) para PM<sub>2,5</sub> de ese día fue invalidado. Estos valores, junto al 68,1 ug/m<sup>3</sup> detectado por el monitor del SSA en el mes de junio son los únicos superiores al valor de la Norma Diaria de referencia de la EPA, la cual establece una concentración máxima de 65 ug/m<sup>3</sup> como promedio de 24 horas, sin embargo como se observa en la tabla que el

percentil 98 fue menor a esa cifra en ambos monitores, por lo que esta norma no se supera en ninguno de ellos.

Comuna	Estación	MES											
		2004				2005							
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Los Andes	Cuerpo de Bomberos	48.6	24.3	25.0	25.7	29.9	27.1	41.0	39.6	39.6	115.3	61.1	32.6
San Felipe	Servicio de Salud	34.7	25.7	25.0	24.3	20.1	20.1	25.0	36.8	68.1	43.1	57.6	39.6

Nota: Análisis con Impactador Harvard; monitoreo cada 3 días.

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en los meses de invierno (junio y julio) y fueron más altas en el monitor ubicado en la Comuna de Los Andes la mayoría de los meses.

Al analizar la concentración promedio anual por punto de monitoreo (ver tabla siguiente) se observa que en ambos existe una tendencia a que la concentración sea superior al promedio anual de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en la norma de referencia EPA.

Comuna	Punto de Monitoreo	Promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 25	Percentil 75	Percentil 98
Los Andes	Cía. Bomberos	23.93	15.28	28.47	60.86
San Felipe	Servicio de Salud Aconcagua	20.66	12.15	27.08	44.40

Es importante notar que con respecto a la relación  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$ , en los meses de mayo a septiembre, la fracción de  $\text{PM}_{2,5}$  en los filtros aumenta, representando incluso más del 50% del total del particulado menor a 10 micras. Esta situación puede deberse a que en el invierno aumenta el material particulado fino proveniente de las fuentes de combustión a leña o carbón utilizada por la población como medio de calefacción. En verano el efecto puede deberse al levantamiento de material particulado más grueso proveniente del suelo.

### Región de O'Higgins.

De los monitoreos realizados en la VI Región, ninguna de las estaciones vigentes realiza mediciones de  $\text{MP}_{2,5}$ . La excepción lo constituye la medición de  $\text{MP}_{2,5}$  realizada en Rancagua en la primera fase del proyecto COSUDE (Nov 1997- Dic1998).

Los valores obtenidos para  $\text{PM}_{2,5}$  se compararon con la norma de USA, encontrándose que ésta (en un período comprendido entre Noviembre 1997 y Diciembre 1998) fue superada 14 días (entre mayo y agosto).

Se concluyó que la principal contribución a las emisiones de  $\text{PM}_{2,5}$  lo constituye la quema de leña (37%). Por otra parte, las fuentes móviles, tanto de la carretera como de la ciudad, son el segundo aporte más importante para el material particulado  $\text{PM}_{2,5}$  (30%). Además, las fundiciones, y entre ellas, la más importante, la Fundición de Cobre de Caletones, también tienen una influencia sobre la fracción fina del material particulado, y ocupa el

tercer lugar (27%) en orden de importancia de un total de cinco fuentes identificadas por el modelo receptor.

### **Región del Maule.**

Esta región cuenta actualmente con 2 estaciones en las cuales se monitorea PM<sub>2,5</sub>. Dichas estaciones se encuentran ubicadas en la ciudad de Talca.

Considerando la información de las mediciones realizadas entre los años 2004 y 2005, se obtiene:

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Percentil 98</b>
<b>2004</b>	14,9	37
<b>2005</b>	22,8	76.56

Tomando como referencia la norma de USA, con respecto a la norma diaria se tendrían niveles de saturación para ambos años; mientras que para el caso de la norma anual, el año 2004 se encontraba bajo ésta pero, debido a un aumento de las concentraciones, en el año 2005 se tendrían niveles muy por encima de dicha norma.

### **Región del Bío Bío.**

Esta región cuenta en la actualidad con 2 estaciones en las cuales se monitorea PM<sub>2,5</sub>. Dichas estaciones se encuentran ubicadas en la comuna de Talcahuano y utilizan como técnica de medición la Gravimetría Dicotómica (mediciones día por medio).

Las principales fuentes del PM<sub>2,5</sub> sólido son las cocinas y estufas a leña, los incendios forestales, quemas agrícolas, quema de combustibles fósiles en vehículos y actividades industriales, polvo de calles debido al tráfico vehicular y desechos producidos en actividades de construcción.

De los resultados del monitoreo de PM<sub>2,5</sub> en las dos estaciones presentes en Talcahuano se obtuvieron los siguientes valores.

- a) **Estación Libertad.** Para el período de mediciones comprendido entre Junio de 2000 y Abril 2006, se obtuvo:

<b>Año</b>	<b>Promedio</b>	<b>Percentil 98</b>
<b>2000</b>	17.29	40.11
<b>2001</b>	19.37	55.11
<b>2002</b>	19.85	49.38
<b>2003</b>	22.49	56.14
<b>2004</b>	23.95	67.12
<b>2005</b>	23.10	53.19
<b>2006</b>	21.84	49.03

De la tabla anterior se observa que, tomando como referencia la norma de USA, se tiene nivel de saturación por norma para anual para todo el período de mediciones. Por otra

parte, con respecto a la norma diaria se observa nivel de latencia desde el año 2003 a la fecha.

- b) **Estación San Vicente.** Para el período de mediciones comprendido entre Septiembre de 2000 y Abril 2006, se obtuvo:

Año	Promedio	Percentil 98
2000	8.49	35.04
2001	19.45	76.51
2002	21.20	65.23
2003	20.04	69.04
2004	23.371	80.01
2005	20.96	67.15
2006	14.04	43.86

De la tabla anterior se observa que, tomando como referencia la norma de USA, se tiene nivel de saturación por norma anual para todo el período de mediciones, exceptuando el año 2006 en el cual se está en latencia (valor referencial).

Por otra parte, con respecto a la norma diaria se observan niveles de saturación (concentraciones por sobre los 65 µg/m<sup>3</sup>) hasta el año 2005, mientras que para el período de mediciones realizadas el año 2006, se observa cumplimiento de norma.

### Región de La Araucanía.

En esta región se cuenta con los resultados de monitoreo de PM<sub>2,5</sub> obtenidos a través del proyecto COSUDE (Nov 1997 – Dic 1998) en las ciudades de Temuco y Padre las Casas. Este monitoreo se realizó en sólo un punto de la ciudad de Temuco (centro). Durante el período de monitoreo se produjeron 9 excedencias, entre abril y agosto, en relación con la norma de USA.

Se concluyó que las fuentes antropogénicas del material particulado respirable (tanto PM<sub>10</sub> como PM<sub>2,5</sub>) están directamente relacionadas con la combustión de petróleo, leña y/o carbón, siendo su principal fuente de origen residencial por el uso masivo de la leña para calefacción, en Temuco y Padre Las Casas.

Un análisis de los filtros, dio como conclusión que la principal contribución a las emisiones de PM<sub>2,5</sub> lo constituye la quema de leña (41%). Luego, en segundo lugar, se identificaron a las fuentes de sulfuros (29%) y en tercer lugar (26%), el tráfico vehicular.

Por otra parte, se cuenta con datos de monitoreo entre 1998 y 2002. dichos valores son:

Año	Promedio	Percentil 98
1998	36,61	84
1999	26,81	92
2000	23,38	65,00
2002	48,71	107,10

De la información anterior, se observa que, utilizando la norma de USA como referencia, se tiene superación de norma tanto diaria como anual.

### Región de Los Lagos.

Las primeras mediciones con dicótomo en la ciudad de Osorno se realizaron en el año 2001, entre el 11 de agosto y el 21 de diciembre. Durante estos meses, en el período de invierno se muestreo todos los días durante 24 horas, con inicio de mediciones a las 10 AM, en cambio en el período de primavera (desde el 2 de octubre) la frecuencia de muestreo cambio a 2 días con duración de 48 horas.

La siguiente tabla presenta un resumen de los valores promedios mensuales de MP2.5 obtenidos con dicótomo en el período 2001 a 2003. Se incluye además la relación MP2.5/MP10.

meses	2001		2002		2003	
	MP2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	rel 25/10	MP2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	rel 25/10	MP2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	rel 25/10
Enero	--	--	--	--	5.3	0.54
Febrero	--	--	--	--	6.0	0.59
Marzo	--	--	--	--	12.5	0.58
Abril	--	--	--	--	60.4	0.78
Mayo	--	--	--	--	70.6	0.91
Junio	--	--	60.5	0.80	52.9	0.85
Julio	--	--	58.5	0.84	65.9	0.80
Agosto	58.5	0.79	43.1	0.82	56.3	0.84
Septiembre	22.2	0.61	36.1	0.84	27.7	0.85
Octubre	16.5	0.56	12.1	0.72	17.7	0.80
Noviembre	9.7	0.50	12.1	0.71	--	--
Diciembre	8.5	0.30	5.8	0.58	--	--

Una comparación entre los años 2001 y 2003 se dificulta al existir pocos meses con mediciones en común.

Durante meses cálidos (octubre a marzo) las concentraciones promedios mensuales son bajas, con valores menores a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para MP2.5, la relación MP2.5/MP10 varía desde 0.7 para meses de primavera hasta 0.3 para meses de verano. En los meses de otoño-invierno, principalmente entre abril a agosto se obtienen concentraciones mayores, cercanas a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para MP2.5, con una relación MP2.5/MP10 que varía entre 0.8 y 0.9.

En general, los valores obtenidos durante el año 2002 son menores a los obtenidos durante el año 2001 y 2003, siendo este último el año que registra mayores concentraciones.

Las diferencias entre los meses se pueden atribuir principalmente a factores meteorológicos, siendo la precipitación uno de los de mayor efecto durante los meses de otoño-invierno. En la comparación interanual, coincide que los meses con concentraciones menores registran un mayor número de días con precipitaciones.

### Región de Aysén.

Esta región cuenta actualmente con una estación en la que se monitorea PM2,5. Dicha estación se encuentra ubicada en la comuna de Coyhaique.

Considerando mediciones realizadas durante 3 años se obtienen los siguientes valores para percentiles 98 y promedios.

Año	Período	Promedio	Percentil 98
2002	18/07/02 a 30/09/02	106.14	255.4
2003	18/07/03 a 30/09/03	90.63	190.8
2004	18/07/04 a 30/09/04	108.28	287.1

Finalmente, se puede concluir que los resultados de estas mediciones indican que en **todas** las ciudades donde se han realizado mediciones, y tomando como referencia la norma de PM2,5 de Estados Unidos, se producirían **superaciones de norma frecuentes**.

Además, debe tenerse presente que dado que los patrones de combustión de leña se repiten en gran parte de las ciudades del Sur del país, es posible extrapolar la información a ciudades de características similares.

En las tablas que se presentan a continuación, se muestra un resumen de los resultados de mediciones de PM2,5 realizados en distintas ciudades del país.

### Monitoreo PM<sub>2,5</sub> en regiones<sup>1</sup>.

Ciudad	Año	Promedio	Percentil 98	Observaciones
Arica	2005	14,55	36	Mediciones cada 3 días, Harvard Impactor
Iquique	2005	18,19	35	Mediciones cada 3 días, Harvard Impactor
Concón	2003	18,34	39,6	Mediciones cada 3 días, Hi – Vol
	2004	17,76	41,7	Mediciones cada 3 días, Hi – Vol
	2005	15,13	35,4	Mediciones cada 3 días, Hi – Vol
Los Andes	2004-2005	23.93	60.86	Mediciones entre Septiembre 2004 a Agosto 2005, Impactador de Harvard de Bajo Volumen, cada 3 días
San Felipe	2004-2005	20.66	44.40	Mediciones entre Septiembre 2004 a Agosto 2005, Impactador de Harvard de Bajo Volumen, cada 3 días
Talca	2004	14,88	37,42	Mediciones durante el mes de Diciembre, cada 2 días
	2005	22,77	76,56	Mediciones entre 2 Enero y 28 Noviembre, cada 2 días
Talcahuano, Estación Libertad	2000	17,29	40,11	Mediciones entre 2 Junio y 31 Diciembre, continua
	2001	19,37	55,11	Medición continua
	2002	19,85	49,38	Medición continua
	2003	22,49	56,14	Medición continua
	2004	23,95	67,12	Medición continua
	2005	23,1	53,19	Medición continua
	2006	21,84	49,03	Mediciones realizadas entre 1 Enero y 19 Abril, continua
Talcahuano, Estación San Vicente	2000	8,49	35,04	Mediciones realizadas entre 12 Septiembre y 31 Diciembre
	2001	19,45	76,51	Medición continua
	2002	21,2	65,23	Medición continua
	2003	20,04	69,04	Medición continua
	2004	23,37	80,01	Medición continua
	2005	20,96	67,15	Medición continua
	2006	14,04	43,86	Mediciones realizadas entre 1 Enero y 19 Abril
Temuco	1998	36,61	84	Mediciones entre 2 de enero y 29 Diciembre, Harvard Impactor
	1999	26,81	92	Mediciones entre 20 Julio y 31 Diciembre, Harvard Impactor
	2000	23,38	65,00	Mediciones entre 8 Enero y 25 Abril, TEOM
	2002	48,71	107,10	Mediciones realizadas entre 2 Mayo y 23 Agosto, Dicotómico
Osorno	2001	24,7	132,3	Uso de Gravimetría Dicotómica
		33,11	202,1	Uso Método Harvard Impactor (10 Agosto al 19 Diciembre)
Coyhaique	2002	109,14	255,4	Mediciones entre 18 Julio y 30 Septiembre
	2003	90,63	190,8	Mediciones entre 18 Julio y 30 Septiembre
	2004	108,28	287,1	Mediciones entre 18 Julio y 30 Septiembre

<sup>1</sup> Se considera como referencia la Norma de USA para PM<sub>2,5</sub>.



### Monitoreo PM<sub>2,5</sub> en Región Metropolitana (Santiago)<sup>2</sup>.

Año	Estaciones	Promedio	Percentil 98
2000	La Florida	35,48	80,50
	Las Condes	28,23	68,88
	P. O'Higgins	35,48	92,08
	Pudahuel	33,27	94,54
2001	La Florida	34,78	76,71
	Las Condes	25,65	57,38
	P. O'Higgins	33,89	82,08
	Pudahuel	33,26	103,14
2002	La Florida	32,23	73,75
	Las Condes	24,90	56,46
	P. O'Higgins	34,96	92,33
	Pudahuel	34,24	113,38
2003	La Florida	34,23	83,38
	Las Condes	27,52	61,00
	P. O'Higgins	40,21	105,50
	Pudahuel	144,79	36,39
2004	La Florida	36,31	79,58
	Las Condes	25,67	54,17
	P. O'Higgins	34,95	91,67
	Pudahuel	117,25	33,60
2005	La Florida	34,17	70,84
	Las Condes	27,78	53,17
	P. O'Higgins	37,19	102,27
	Pudahuel	30,9	79,88

<sup>2</sup> Se considera como referencia la Norma de USA para PM<sub>2,5</sub>.

## **ANEXO IV. Antecedentes disponibles.**

1.- Estudio de la calidad del aire en regiones urbano industriales de Chile: Iquique, Valparaíso, Viña del Mar, Rancagua, Temuco.1ª Fase 1998-1999, financiado por COSUDE.

2.- Diagnóstico de la calidad del aire en Arica e Iquique, 2005. ( Ejecutado SETEC para CONAMA con fondos FNDR)

3.- Implementación de un sistema de vigilancia permanente en ciudades urbano industriales de Chile, II Fase: Viña del Mar, Rancagua y Temuco, 2004-2006.( Financiado por COSUDE)

4.- Estudio de calidad del aire: Comunas de San Felipe y Los Andes: Autoridad Sanitaria de Aconcagua, CONAMA y SAG.( 2005)

5.- Mediciones de calidad del aire y análisis de la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Osorno, X región, 2002-2003" (Ejecutado por CENMA para CONAMA )

6.- Informe de Concentraciones de Material particulado de PM10 y PM2.5 en la Ciudad de Coyhaique, 2004- 2005, CONAMA XI región.

7.- Estudios de Impacto en Salud:

- a) Estimación de los Efectos a corto plazo de la Concentración de MP10 y MP2.5 sobre la mortalidad diaria en Temuco, PhD Pedro Sanhueza, Ing. Paula Mellado, Dr Claudio Vargas, 2004, USACH, Financiamiento DICYT, patrocinado por CONAMA Araucanía.
- b) Ilabaca, Mauricio; Relación entre la Contaminación Atmosférica y las Consultas por Emergencias Respiratorias Pediátricas, en el Servicio de Urgencia del Hospital Luis Calvo Mackenna en Santiago de Chile, Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias del Instituto Nacional de Salud Pública, Mexico, 1996.
- c) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005.
- d) Carta de la Organización Mundial de la Salud (OMS), informando primeras Directrices Mundiales sobre la Calidad del Aire para las partículas, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, Septiembre 2006.

8.- Análisis de Beneficios social por reducción de emisiones.

- a) Estimación de los Beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminación atmosférica en la Región Metropolitana, Cifuentes, L., 2001, Pontificia Universidad Católica de Chile.

b) Estudio Análisis de Subsidio al Gas Natural de Red en el Sector Residencial de Ciudades con Problemas Ambientales”, Comisión Nacional de Energía, 2002

8.- Documento EPA. Fact Sheet: Final revisions to the National Ambient Air Quality Standards for Particle Pollution (Particulate Matter), Septiembre 2006.

## **ANEXO V. Normas de Calidad del Aire de PM<sub>2,5</sub> en el extranjero.**

### **Visión Organización Mundial de la Salud (OMS).**

En el año 2005, la OMS ha recomendado como valores guía para PM<sub>2,5</sub>, 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual y 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio de 24 horas.

Sin embargo, OMS confirma que no existe un nivel seguro de PM, en tanto el valor guía anual de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se escogió para representar el nivel más bajo para el cual se han observado efectos significativos en seres humanos (Observados por la Sociedad Americana de Estudios del Cáncer, ACS).

### **Visión en varios países del mundo.**

En el caso del MP10, éste se encuentra normado en gran parte de los países, mientras que sólo existen dos países que poseen norma de calidad de PM<sub>2,5</sub>, Estados Unidos y Canadá. La razón de esto es que hasta hace muy poco sólo se monitoreaba MP10, por lo cual los estudios epidemiológicos se focalizaban en esta fracción. Dicha situación ha ido cambiando con la introducción del monitoreo del PM<sub>2,5</sub> de manera rutinaria, y la epidemiología indica que el PM<sub>2,5</sub> juega un rol muy importante en los efectos adversos asociados a las partículas.

#### **Australia.**

En Junio de 1998 Australia estableció una norma de MP10 de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio de 24 horas (menor a la norma de PM<sub>2,5</sub> de 24 horas en EE.UU.) y al mismo tiempo concluyó que *no había evidencia para establecer un estándar para partículas finas* (PM<sub>2,5</sub> y MP1). Sin embargo, reconociendo la importancia de la fracción fina en los efectos adversos en la salud, se ha comenzado a monitorear PM<sub>2,5</sub> para asegurar en un futuro próximo una base de datos adecuada y al mismo tiempo se está estudiando la forma de regular este contaminante, de manera de tomar una decisión a fines del 2002. Un reporte de las emisiones de PM<sub>2,5</sub> entre 1991 y 2001, establece como posibles estándares para PM<sub>2,5</sub>: **25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio diario y 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual.**

#### **Canadá.**

En junio de 2000 el gobierno de Canadá estableció un **estándar de calidad de aire para el PM<sub>2,5</sub> de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas** (a ser alcanzado el 2010). Este estándar se cumple cuando el percentil 98 de las mediciones anuales, para el promedio de tres años consecutivos, no excede el valor normado.

#### **Estados Unidos.**

En 1997 se fijó una **Norma Anual de PM<sub>2,5</sub> de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  y una **norma diaria de 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

La norma anual se cumple cuando la media aritmética anual de las mediciones de tres años no excede los 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otra parte, la norma diaria se cumple cuando el percentil 98 de las mediciones de concentraciones diarias (24 horas), para el promedio de tres años, en cada monitor no exceda los 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ambas normas tienen una fecha máxima de cumplimiento para el año 2017 y son adicionales a las normas de MP10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media anual y  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media diaria).

En Septiembre de 2006 se han revisado los estándares de calidad del aire para material particulado. De dicha revisión se decidió mantener el estándar anual, mientras que el límite de **concentración diaria** se redujo de 65 a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Nueva Zelanda.**

En el año 2000 el Ministerio del Medio Ambiente *propuso* un **valor guía para el PM2,5 de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  como promedio de 24 horas. La razón de que sea un valor guía es que hay muchas regiones y ciudades del país que aún no tienen monitoreo de PM2,5.

A partir de Septiembre de 2005 se establece una norma para MP10 de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio de 24 horas (menor a la norma de PM2,5 de 24 horas en EE.UU.), valor que puede ser excedido únicamente una vez al año.

#### **Reino Unido (UK).**

Este país no ha establecido aún una norma de PM2,5, por lo que por el momento ha elegido continuar con el estándar de MP10 de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio de 24 horas (menor a la norma de PM2,5 de 24 horas en EE.UU.) y de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual (a cumplirse a fines de 2004), por considerar que esta norma provee de una adecuada protección a la población. Dichos valores irán poco a poco reduciéndose, de manera que se cumplan nuevos objetivos (para todas partes de UK, excepto Londres y Escocia, un promedio de 24 horas de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no debe excederse más de 7 veces por año y un promedio anual de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ambos a ser cumplidos a fines del 2010).

Sin embargo, se reconoce que el PM2,5 es más representativo de la fracción tóxica y que establecer una norma es un objetivo deseable, pero que aún no hay información suficiente.

Considerando la incertidumbre de las mediciones de emisiones de PM2,5 (dado que se cuenta con pocas estaciones de monitoreo de este contaminante), *podría* considerarse un **promedio anual de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , para alcanzarse el año 2010.

#### **Suiza.**

Este país no posee norma para el PM2,5, y desde 1997 tiene una norma de MP10 de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio de 24 horas y de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual. Sin embargo, se cuenta con monitoreo de PM2,5 desde el año 2000 y un mapa de las tendencias nacionales de las concentraciones para el año 2010.

#### **Unión Europea (UE).**

En la Unión Europea, el artículo 4 de la nueva Directiva (Directiva COM(97)500) indica que en aquellas zonas donde se superen los valores límite (las normas) de MP10 debido a considerables concentraciones de fuentes naturales en el ambiente, se pueden aplicar los "niveles de actuación" de PM2,5, los que corresponden a metas indicativas a ser cumplidas en lo posible en las fechas indicadas. En el caso de los valores de actuación de PM2,5, se deben cumplir *en lo posible* en el año 2005 y no pueden ser excedidos más de 14 veces en el año. Es así como se establece el control del PM2,5 a través de la norma de MP10, cuyos valores son:

Año	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Diaria	Anual	
2005	50	40	35 días
2010	50	20	7 días

Actualmente, se ha propuesto para el Consejo del Medio Ambiente de la Unión Europea, a reunirse los días 26 y 27 de junio del 2006, introducir el requisito de control de las partículas más finas (PM<sub>2,5</sub>) que complemente el control ya existente de las partículas MP<sub>10</sub>. De este modo se fijaría un tope de concentración para las partículas PM<sub>2,5</sub> en el aire ambiente, el cual debería alcanzarse a más tardar en el año 2010. Dicho tope en las concentraciones (es decir, objetivo legalmente obligatorio) de PM<sub>2,5</sub> sería de **25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  a ser cumplido el 2010 y un valor objetivo (es decir, un objetivo que no es legalmente obligatorio) de reducción de la exposición a concentraciones de PM<sub>2,5</sub> de 20% entre el 2010 y el 2020.

000070

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES  
Dirección de Medio Ambiente  
Departamento de Medio Ambiente

CON ANEXO

PROVIDENCIA PUB. Nº

15397



SANTIAGO, 16 OCT. 2006

**OBJ. :** Remitir carta de la Organización Mundial de la Salud (OMS), informando sus primeras Directrices Mundial sobre la Calidad del Aire para las partículas, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

**REF. :** Documento especializado.

---

**PASE** la documentación antes señalada, a la Directora Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (**CONAMA**), para su conocimiento y fines pertinentes.

Saluda a Ud.,



**ALEJANDRO ROGERS TARDEL**  
Ministro Consejero  
Director de Medio Ambiente, Antártica y  
Asuntos Marítimos (S)

**DISTRIBUCIÓN:**

- 1.- **CONAMA**, c/a.
- 2.- RR.EE.(Archigral)
- 3.- RR.EE.(**DIMA/M.A.**), arch.



Ref.: C.L.29.2006

La Organización Mundial de la Salud (OMS) presenta sus respetos a los Estados Miembros y Miembros Asociados y tiene el honor de informarles de sus primeras Directrices Mundiales sobre la Calidad del Aire para las partículas, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre - resumen de la evaluación de riesgos. Ante la cada vez mayor evidencia sobre los efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud, la OMS desea aprovechar también esta oportunidad para informarle de las conclusiones más importantes de sus Directrices antes de publicar la información. El 5 de octubre de 2006 se celebrará en Ginebra una conferencia de prensa para lanzar las Directrices.

Estas Directrices Mundiales están basadas en las pruebas científicas más recientes y establecen metas para la calidad del aire que deberían proteger a la gran mayoría de la población de los efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud.

Las Directrices sobre la Calidad del Aire recomiendan valores internacionales para las partículas y nuevos límites inferiores para el ozono y el dióxido de azufre. Entre las recomendaciones más importantes de las Directrices cabe citar las siguientes:

- por primera vez se apunta a las partículas (PM<sub>2,5</sub>) como el contaminante más preocupante para la salud. Para reducir sustancialmente el impacto sanitario de ese contaminante:
  - las concentraciones medias a largo plazo de PM<sub>2,5</sub> deberían ser inferiores a 10 µg/m<sup>3</sup>, o las de PM<sub>10</sub> inferiores a 20 µg/m<sup>3</sup>;
  - el número de días con una concentración media diaria de PM<sub>2,5</sub> superior a 25 µg/m<sup>3</sup> (o de PM<sub>10</sub> superior a 50 µg/m<sup>3</sup>) debería ser inferior a cuatro por año;
- el nivel de referencia para el ozono (media máxima diaria de 8 horas) se ha reducido de 120 a 100 µg/m<sup>3</sup>, y para la concentración media de 24 horas de dióxido de azufre, de 125 µg/m<sup>3</sup> a 20 µg/m<sup>3</sup>; y
- reconociendo que los niveles de referencia recomendados pueden ser difíciles de alcanzar de forma inmediata en muchos países que hoy día presentan niveles elevados de contaminación atmosférica, las Directrices proponen metas provisionales para la calidad del aire, en forma de pasos sucesivos para una reducción progresiva de la contaminación atmosférica que se traduzca en una disminución paulatina de los riesgos para la salud asociados a la contaminación que supera los niveles de referencia.

La Organización Mundial de la Salud tendrá el honor de colaborar con sus Estados Miembros para aplicar estas Directrices como parte de su decisión de poner más énfasis en la necesidad de prevenir los problemas de salud fomentando unos entornos saludables, y aprovecha esta oportunidad para reiterar a los Estados Miembros y los Miembros Asociados el testimonio de su más alta consideración.

GINEBRA, 28 de septiembre de 2006



## **Términos de Referencia**

### **Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5.**

#### **Introducción**

En Enero de 2001 se inició la elaboración de la norma primaria de calidad de aire para PM2.5, producto de la incorporación al 4º Programa Priorizado de Normas solicitado por el Ministerio de Salud y la CONAMA Región Metropolitana (RM). El proceso normativo fue prorrogado hasta Enero de 2007, con el fin de generar los antecedentes necesarios, en especial de los niveles del contaminante en el país y de las fuentes emisoras.

En este período se ha acumulado una buena base de información respecto a niveles de PM2.5 y a emisiones en la Región Metropolitana y en Talcahuano, y se han realizado varios estudios de diagnóstico que reflejan la situación de las principales ciudades del Centro- Sur de país.

Los niveles de PM2.5 en las ciudades del sur del país, responden a un patrón dado por la combustión masiva de leña para cocina y calefacción, y representa en general niveles sobre el 80 % de la composición total del PM10. La situación de Santiago y Talcahuano obedece a variadas fuentes, y es más típica de lo que ocurre en otras grandes urbes con gran desarrollo industrial; la composición de la fracción fina en el PM10 se encuentra, aproximadamente, entre el 50 y 70 %. En el norte del país la problemática se centra en la fracción gruesa del PM10, con aportes de PM2.5 solo en aquellas localidades donde hay grandes procesos mineros y termoeléctricas.

Este proceso normativo ha sido muy discutido y controvertido, en particular por el sector productivo bajo el argumento de que causaría un alto impacto económico, y de que podría lograrse una reducción en los niveles de PM2.5 a través de la norma de PM10 y de medidas que apunten a la reducción de la fracción fina, sin necesidad de esta norma.

Se busca con este estudio analizar desde distintas perspectivas los antecedentes disponibles de manera que permitan evaluar cuales serían las ventajas y desventajas de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5. También se pretende contribuir en la proposición de los niveles a fijar para la norma de PM2.5 y determinar la gradualidad para alcanzarlos, desde la perspectiva de maximizar las beneficios y/o minimizar los costos de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5.

El análisis de Costos y beneficios de la norma debe incluir el punto de vista de la gestión del problema de contaminación por parte del sector regulador/fiscalizador (sector público), el sector beneficiario de la norma

(población) y el sector emisor de la contaminación, considerando los distintos patrones de presencia de contaminantes que se dan en las zonas norte, centro y sur del país, y considerando distintos escenarios de niveles y de plazos para cumplirlos.

### **Objetivos Generales.**

Evaluar los beneficios y costos de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5.

Analizar los antecedentes disponibles de PM2.5, sus niveles de calidad, efectos en la salud, y las principales fuentes emisoras, de manera de evaluar distintos escenarios respecto a niveles de norma y a los plazos y gradualidad de cumplimiento de la misma.

### **Objetivos específicos.**

1.- Analizar toda la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país. Adicionalmente, analizar la información acerca de los niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones, estableciendo la relación entre la fracción fina, PM2.5, con la fracción gruesa.

2.- Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado, y estimar los beneficios adicionales de la norma de PM2.5 con respecto a los que ya proveen las normas vigentes.

3.- Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras del país de material particulado fino, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías, para las distintas situaciones típicas de contaminación que se dan en el país: Ciudad representativa del norte; Región Metropolitana, Talcahuano y Ciudad prototipo del Sur del país, en comparación con aquellas identificadas para el material particulado respirable.

4.- Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, de Australia, entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Comunidad Europea (CE).

5.- Evaluar los costos y beneficios que tendría una norma de PM2.5 en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.

## **Localización Geográfica y Cobertura del Estudio.**

El Estudio deberá considerar toda la información existente, y debe seleccionar localidades o ciudades que representen las distintas situaciones de contaminación por material particulado fino y grueso que pueden darse en el país, focalizándose especialmente en la información referida a la Región Metropolitana, Talcahuano y Temuco, y al menos una ciudad del norte.

### **Actividades.**

- 1.- Revisión del estado del arte respecto a normativa de PM2.5 y PM10 a nivel mundial, incluyendo las guías de la OMS, Directivas de la CE, y las tendencias en la regulación del Material Particulado fino.
- 2.- Revisión de la información existente en el país con respecto a las concentraciones en el aire de PM2.5 y de PM10 (disponible en CONAMA); porcentajes de PM2.5 en el PM10 (relación fracción fina y gruesa) y la composición del PM10 y PM2.5 y los aportes porcentuales de fuentes emisoras a esta composición.
- 3.- Establecer, para las principales ciudades del país, en base a la información de calidad de aire para PM2.5, los riesgos asociados a esos niveles. Para las ciudades donde no hay información de PM2.5, extrapolar la existente en ciudades principales, con características similares, respecto al origen de la contaminación por PM10 y PM2.5 contaminantes.
- 4.- Para la Región Metropolitana, Talcahuano, y Temuco, y la localidad del norte seleccionada revisar las principales fuentes emisoras de PM2.5, estimando los potenciales de reducción de acuerdo a las tecnologías existentes, a las posibles mejoras de la misma, a las mejoras de combustible, equipos de control, y los costos asociados. Si es posible incluir otras ciudades que tengan información suficiente.
- 5.- Para el caso de la Región Metropolitana, estimar de acuerdo a los valores estimados de aerosol secundario dentro del PM2.5, los potenciales de reducción de los principales gases precursores y costos asociados a mejoras tecnológicas, de equipos de abatimiento y mejoras de combustibles.
- 6.- Con la información anterior, estimar beneficios en salud y costos de la norma de PM2.5 para distintos niveles y distintos plazos de cumplimiento de los mismos.
- 7.- Analizar desde el punto de vista de la gestión, cuáles serían las ventajas y desventajas de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5, evaluando los beneficios y medidas adicionales que apunten a la reducción del PM2.5, considerando la diversidad de patrones de contaminación

que se verifican en la zona norte, sur y en las grandes urbes industrializadas del país.

### **Cronograma de Actividades.**

Se propone, a manera referencial solamente, la siguiente calendarización de actividades.

<b>Actividades</b>	<b>Semana 1-2</b>	<b>Semana 3-4</b>	<b>Semana 5-6</b>	<b>Semana 7-9</b>	<b>Semana 10-12</b>
1. Reunión inicial	X				
2. Recopilación y sistematización de la información	X	X			
3. Evaluación preliminar e identificación de aspectos relevantes para es estudio detallado	X	X	X		
4. Presentación de Informe Parcial			X		
5. Reunión de avance			X		
6. Preparación de Estudio detallado		X	X	X	X
7. Presentación de Informe Final					X

### **Resultados esperados.**

1.- Estimación de costos y Beneficios, cuantificando en los casos en que sea posible e identificándolos cuando no hayan antecedentes suficientes, de una norma primaria de PM2.5 en adición a la normativa existente (PM10 diario y anual).

2.- Análisis de escenarios y sensibilidad de costos y beneficios de la norma de PM2.5 en función de distintos niveles de norma y plazos de cumplimiento de ésta.

### **Materiales Disponibles.**

Independiente de la literatura que el consultor recopile para fundamentar los resultados a entregar en la presente consultoría, se ofrece al consultor la siguiente información:

1.- Estudio de la calidad del aire en regiones urbano industriales de Chile: Iquique, Valparaíso, Viña del Mar, Rancagua, Temuco.1ª Fase 1998-1999, financiado por COSUDE.

2.- Diagnóstico de la calidad del aire en Arica e Iquique, 2005. ( Ejecutado SETEC para CONAMA con fondos FNDR)

3.- Implementación de un sistema de vigilancia permanente en ciudades urbano industriales de Chile, II Fase: Viña del Mar, Rancagua y Temuco, 2004-2006.( Financiado por COSUDE)

4.- Estudio de calidad del aire: Comunas de San Felipe y Los Andes: Autoridad Sanitaria de Aconcagua, CONAMA y SAG.( 2005)

5.- Mediciones de calidad del aire y análisis de la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Osorno, X región, 2002-2003" (Ejecutado por CENMA para CONAMA )

6.- Informe de Concentraciones de Material particulado de PM10 y PM2.5 en la Ciudad de Coyhaique, 2004- 2005, CONAMA XI región.

7.- Vigilancia permanente de PM2.5 y PM10 en Talca por parte de La Autoridad Sanitaria, desde el 2004

8.- Vigilancia Permanente de PM2.5 en dos estaciones de Talcahuano, por parte de la Autoridad Sanitaria, desde 2004.

9.- Estudios de Impacto en Salud:

- Estimación de los Efectos a corto plazo de la Concentración de MP10 y MP2.5 sobre la mortalidad diaria en Temuco, PhD Pedro Sanhueza, Ing. Paula Mellado, Dr Claudio Vargas, 2004, USACH, Financiamiento DICYT, patrocinado por CONAMA Araucanía.
- Ilabaca, Mauricio; Relación entre la Contaminación Atmosférica y las Consultas por Emergencias Respiratorias Pediátricas, en el Servicio de Urgencia del Hospital Luis Calvo Mackenna en Santiago de Chile, Tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias del Instituto Nacional de Salud Pública, Mexico, 1996.
- WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005.

10.- Análisis de Beneficios social por reducción de emisiones.

- Estimación de los Beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminación atmosférica en la Región Metropolitana, Cifuentes, L., 2001, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Estudio Análisis de Subsidio al Gas Natural de Red en el Sector Residencial de Ciudades con Problemas Ambientales”, Comisión Nacional de Energía, 2002
- Análisis de la calidad del aire en Tocopilla, DICTUC, 2006

### **Perfil de Equipo consultor.**

El equipo consultor deberá tener experiencia en el tema de contaminación atmosférica, en particular, de la problemática del material particulado, en legislación ambiental, en la evaluación económica de una norma ambiental, en la evaluación de beneficios en salud y costos del sector productivo y del estado.

### **Plazos.**

El plazo de ejecución de este trabajo es de 3 meses.

### **Costos y Modalidad de Pago.**

Para el servicio solicitado, se cuenta como máximo con un presupuesto total de \$ 15.000.000 (quince millones de pesos), los que serán cancelados bajo la siguiente modalidad:

- Un 40%, es decir, \$5.000.000.- (cinco millones de pesos), se pagará contra la entrega y aprobación del Informe de avance.
- El 60% restante, es decir, \$10.000.000.- (diez millones de pesos), se pagará contra la entrega y aprobación del Informe Final, Resumen Ejecutivo del Informe Final y respaldo magnético. El Informe Final deberá contener los resultados de todas las actividades realizadas en el proyecto.

### **Contraparte Técnica.**

Representes de:

CONAMA, Nivel Central

CONAMA, Región Metropolitana, VII región, IX Región

Ministerio de Salud, Nivel Central

EXPEDIENTE

Con Cur H R 219  
000078

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



APRUEBA BASES ADMINISTRATIVAS Y TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LICITACIÓN PÚBLICA QUE INDICA

SANTIAGO, 26 OCT 2006

RESOLUCIÓN EXENTA N° 2677

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley de Presupuesto vigente; la Resolución N° 520, de la Contraloría General de la República; la Ley de Bases Generales de la Administración del Estado; la Ley N°19.886, de Bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios y su Reglamento; la Hoja de Ruta N°219/06; las facultades que me confiere la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y

**CONSIDERANDO:**

La necesidad y requerimientos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de:

- Evaluar los beneficios y costos de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5, y
- Analizar los antecedentes disponibles de PM2.5, sus niveles de calidad, efectos en la salud, y las principales fuentes emisoras, de manera de evaluar distintos escenarios respecto a niveles de norma y a los plazos y gradualidad de cumplimiento de la misma.

Y los objetivos específicos de:

- 1.- Analizar toda la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país. Adicionalmente, analizar la información acerca de los niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones, estableciendo la relación entre la fracción fina, PM2.5, con la fracción gruesa.
- 2.- Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado, y estimar los beneficios adicionales de la norma de PM2.5 con respecto a los que ya proveen las normas vigentes.
- 3.- Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras del país de material particulado fino, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías, para las distintas situaciones típicas de contaminación que se dan en el país: Ciudad representativa del norte; Región Metropolitana, Talcahuano y Ciudad prototipo del Sur del país, en comparación con aquellas identificadas para el material particulado respirable.
- 4.- Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, de Australia, entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Comunidad Europea (CE).
- 5.- Evaluar los costos y beneficios que tendría una norma de PM2.5 en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.

**RESUELVO :**

**Apruébanse las Bases Administrativas y Términos de Referencia** para la licitación pública del **Contrato N° 24-26-015/06**, denominado **“Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”** cuyos textos se acompañan formando parte de esta resolución, así como la Hoja de Ruta de este procedimiento.



Notése, Comuníquese, Archívese

*[Handwritten signature]*  
**ANA LYA URIARTE RODRÍGUEZ**  
 Directora Ejecutiva  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente

IAH

Distribución:

- Dirección Ejecutiva
- Departamento de Control de la Contaminación
- Departamento de Administración y Finanzas
- Unidad de Compras y Contrataciones
- Departamento de Planificación, Presupuesto e Información
- División Jurídica
- Oficina de Partes

Lo que transcribo a Ud.  
 para su conocimiento  
 saluda atentamente a Ud.  
**NURY VALBUENA OVEJERO**  
 Oficial de Partes  
 Comisión Nacional del  
 Medio Ambiente (CONAMA)



**BASES ADMINISTRATIVAS**  
**Contrato N° 24-26-015/06**

**I. ANTECEDENTES**

La Comisión Nacional del Medio Ambiente llama a licitación para realizar la consultoría denominada **“Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”**, descrita en los Términos de Referencia adjuntos, documento que forma parte integrante de las presentes Bases.

El llamado a propuesta, su presentación, apertura, evaluación y adjudicación, deberán ajustarse a estas Bases y Términos de Referencia.

**II. PLAZO, LUGAR Y FORMALIDADES DE PRESENTACION DE OFERTAS**

El plazo para la presentación de las ofertas vence a las 12:00 horas del décimo día hábil, contado desde la publicación de la licitación. Las ofertas deberán presentarse obligatoriamente a través de la página Web del portal Chilecompra.cl, ingresando los archivos correspondientes a las propuestas técnica y económica y los anexos que se estimen necesarios.

Las ofertas **también** deberán entregarse, así como las garantías, planos, muestras o cualquier antecedente legal o de otra naturaleza que no estén disponibles en formato digital o electrónico, en las oficinas de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) ubicadas en Teatinos N°254, Santiago, en sobre cerrado dirigido al encargado del Departamento de Administración y Finanzas de CONAMA.

El sobre será caratulado **“Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”** y deberá indicar, en el anverso, la Razón Social del Proponente y su RUT.

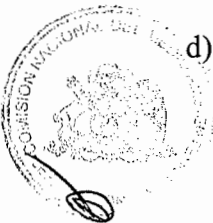
Las ofertas ingresadas al Portal Chilecompra.cl o recibidas en la Comisión Nacional del Medio Ambiente, fuera del plazo señalado, serán eliminadas del proceso de licitación.

**III. CONTENIDO DE LA OFERTA**

La oferta deberá incluir una propuesta técnica y una económica, las que deberán venir en sobres separados a nombre del Encargado del Departamento de Administración y Finanzas de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

El sobre de la **propuesta técnica** deberá contener:

- a) La propuesta de trabajo propiamente tal.
- b) Los plazos propuestos.
- c) El currículum de la institución oferente y de los profesionales o equipo ofertado, incluyendo copia de los títulos profesionales o técnicos o documentos que acrediten su experticia en el tema de la consultoría.
- d) El o los **documentos públicos donde conste la constitución legal de la persona jurídica ( escritura, decreto ministerial, municipal, universitario, etc), y el certificado del Registro de Comercio del Conservador de Bienes Raíces o de la entidad que**



**corresponda**, que acredite la persona jurídica está vigente, certificado que debe tener una antigüedad **no superior a seis meses**.

- e) La **escritura o documento público** legal donde conste el **mandato de quien comparece como representante legal** de la empresa o entidad, y el **certificado del Registro de Comercio del Conservador de Bienes Raíces o de la entidad que corresponda**, que acredite la vigencia de dicho mandato, certificado que debe tener una antigüedad no superior a seis meses. Se aceptará como comprobante la solicitud de este certificado a la entidad correspondiente, no obstante el certificado propiamente tal deberá ser presentado antes de la adjudicación del contrato, si correspondiere.
- f) Declaración Jurada que indique se da cumplimiento a la Ley N° 18.803 y su Reglamento, de acuerdo a lo señalado en el anexo I de estas bases.

El sobre de la **propuesta Económica** deberá contener:

- a) El precio de la oferta, en moneda nacional, consignando por separado todos los impuestos legales.
- b) Una **Boleta de Garantía Bancaria de seriedad de la oferta**, por un monto de \$750.000.- (setecientos cincuenta mil pesos), con una vigencia que exceda, a lo menos en 30 días, la fecha de apertura de las propuestas o **Vale Vista Bancario de seriedad de oferta**, nominativo a nombre de Comisión Nacional del Medio Ambiente, RUT N° 72.443.600-5., de acuerdo al plazo establecido en las presentes Bases Administrativas. La boleta o vale vista, según corresponda, será devuelta una vez resuelta la adjudicación.

Esta propuesta deberá tener una vigencia mínima de 30 días corridos, contados desde la fecha de presentación de la misma.

Las propuestas, con todos los documentos anexos señalados anteriormente, deberán presentarse en un original y tres copias, a excepción de los documentos indicados en las letras d) y e), que podrán ser presentados en copia simple legible, en 1 ejemplar.

#### IV. PARTICIPANTES

A la presente licitación sólo podrán presentarse personas jurídicas, las cuales deberán cumplir con el perfil y exigencias especificados en las Especificaciones Técnicas.

#### V. CONSULTAS

Los interesados podrán formular consultas mediante el portal Chilecompra.cl, a más tardar hasta las 12:00 horas del tercer día hábil, contado desde la publicación de la licitación.

El día quinto hábil, contado desde la publicación de la licitación, se responderá por el mismo medio a todas los oferentes interesados.

Las aclaraciones o rectificaciones que emanen de dichas consultas, pasarán a formar parte integrante de estas Bases Administrativas.



## VI. APERTURA

La apertura de las propuestas se realizará en las oficinas de CONAMA señaladas anteriormente, el undécimo día hábil, contado desde la publicación de la licitación, a las 10:30 hrs., ante una Comisión de Apertura integrada por el Encargado del Departamento de Administración y Finanzas o el funcionario que él designe; por el Jefe del Departamento de Control de la Contaminación o el funcionario que éste designe, y un funcionario de la Unidad de Compras y Contrataciones designado por el Encargado del Departamento de Administración y Finanzas de CONAMA.

En el acto de apertura, se abrirán primero los sobres de las PROPUESTAS TÉCNICAS, y se verificará que ellas contengan todos los documentos especificados en el numeral III de estas Bases. A continuación, se abrirán solamente los sobres correspondientes a las PROPUESTAS ECONÓMICAS presentadas por las entidades que cumplieron con acompañar todos los documentos exigidos en la PROPUESTA TÉCNICA.

La revisión y análisis detallado de todos los documentos presentados se efectuará posteriormente, durante el proceso de evaluación y calificación de las propuestas recibidas, con excepción de la Boleta de Garantía de Seriedad de la Oferta, respecto de la cual se verificará, al momento de la apertura de la propuesta, que haya sido extendida correctamente y su monto y plazo de vigencia correspondan exactamente a los exigidos en estas Bases Administrativas. Si la Boleta de Garantía de Seriedad de la Oferta no cumple con estas exigencias, se tendrá por no presentada, quedando la propuesta fuera del proceso de licitación.

De todo lo actuado se dejará constancia en un Acta de Apertura de Licitación, donde se registrarán todos los datos que sean necesarios para individualizar las propuestas y las menciones relevantes que la Comisión estime del caso consignar. En ella se dejará constancia, asimismo, de las observaciones, reclamos y reservas hechas por los proponentes, así como de los comentarios y alcances que la Comisión de Apertura estime de interés hacer constar, todo lo cual será ponderado en la etapa de evaluación y calificación de las propuestas. El Acta de Apertura será suscrita por los integrantes de la Comisión y los proponentes presentes que deseen suscribirla.

## VII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS

Las ofertas de los proponentes serán evaluadas y calificadas, en única instancia, por un Comité Técnico, conformado por las siguientes personas; el Jefe del Departamento de Control de la Contaminación o el funcionario que él designe; el Encargado del Departamento de Administración y Finanzas o quien él designe; además de un funcionario de CONAMA Región Metropolitana. La evaluación y calificación de propuestas se realizará de acuerdo a los siguientes criterios:

### OFERTA TÉCNICA.

La evaluación de la oferta técnica considerará los siguientes aspectos:

#### A. Metodologías (máximo 30 puntos)

a.1. Validez y coherencia de los modelos, técnicas empleadas y metodologías específicas propuestas para cumplir los objetivos de la prestación de servicios (máximo 18 puntos)



a.2. Consistencia interna del proceso metodológico general que se propone para abordar cada una de las tareas (máximo 12 puntos).

**B. Plan de Trabajo (máximo 12 puntos)**

b.1. Etapas de la presentación del servicio (máximo 6 puntos)

b.2. Tiempo asignado por tarea (máximo 6 puntos)

**C. Recomendaciones y proposiciones adicionales (máximo 8 puntos)**

**D. Experiencia Área Temática (máximo 25 puntos)**

**La oferta técnica tendrá un valor máximo de 75 puntos y se requerirá un puntaje mínimo de 55 puntos (sumados de los ítem a, b, c y d) para calificar la propuesta.**

**OFERTA ECONÓMICA.**

**La propuesta económica tendrá un valor máximo de 25 puntos, de acuerdo a la siguiente fórmula:**

**Puntaje de la oferta = (Costo mínimo ofrecido)/(Costo de la oferta) \*25**

**En consecuencia, la oferta técnica y económica podrán obtener un valor máximo de 100 puntos**

**VIII EFECTOS DE LA OMISIÓN DE ALGÚN DOCUMENTO, ANTECEDENTE O DATOS REQUERIDOS CONFORME AL PUNTO ANTERIOR:**

La omisión de cualquiera de los documentos o antecedentes enumerados en el punto III de las presentes Bases o de algún dato o mención que deba constar en ellos, será causal suficiente para eliminar del proceso de licitación la propuesta presentada. Sin embargo, CONAMA se reserva la facultad de aceptar aquellas propuestas que presenten errores aritméticos o de forma, defectos u omisiones sin importancia, siempre que éstos puedan aclararse de los demás antecedentes de la propuesta y no se vulneren los principios de sujeción a las bases e igualdad de los oferentes que la ley prescribe.

**IX. ADJUDICACION Y FIRMA DE CONTRATO**

La adjudicación del contrato se realizará mediante resolución fundada de la Directora Ejecutiva de CONAMA, considerando el Acta del Comité de Evaluación y Calificación indicado en el punto VII de las presentes bases. El Departamento de Administración y Finanzas de CONAMA comunicará la adjudicación al oferente seleccionado, procediendo a los trámites necesarios para la suscripción del contrato respectivo. Sin perjuicio de lo anterior CONAMA publicará los resultados del proceso de licitación en el portal [www.Chilecomrpa.cl](http://www.Chilecomrpa.cl).

La División Jurídica de CONAMA podrá solicitar antecedentes legales adicionales al oferente seleccionado, si ello fuere necesario para la firma del contrato.

No obstante lo anterior, si la Comisión Nacional del Medio Ambiente considera que ninguna de las ofertas presentadas es conveniente para la institución, tendrá derecho a rechazarlas todas, no



concediendo compensación alguna a los proponentes por esa decisión, declarando desierta la licitación mediante resolución fundada de la Directora Ejecutiva.

El proponente a quién se adjudique el contrato licitado deberá presentar una Boleta de Garantía Bancaria de Fiel Cumplimiento del Contrato, a nombre de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, por un monto de **\$1.500.000 (un millón quinientos mil pesos)**, con un plazo de vencimiento que supere, en 60 días, la fecha de término del contrato, o **Vale Vista Bancario de Fiel Cumplimiento**, nominativa, a nombre de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, RUT N° 72.443.600-5. Si eventualmente, ante alguna causal prevista por la ley, se prorrogare el plazo previsto para el término del contrato, la Boleta de Garantía o Vale Vista deberán ajustarse a los nuevos términos, y CONAMA quedará facultada para su cobro de no procederse a los ajustes del plazo según se ha indicado.

## **XI. PAGO DE LA PROPUESTA Y PLAZOS DE EJECUCIÓN**

Se registrá por lo estipulado en los Términos de Referencia que se adjuntan, los cuales, de acuerdo a lo ya indicado, forman parte integrante de estas Bases. Los informes parciales deberán ser aprobados por la contraparte técnica designada en el contrato y deberán entregarse en formato papel (3 copias) y digital (CD Room en formato Microsoft Word para los textos). El informe final deberá aprobarse mediante una evaluación final de la contraparte técnica designada en el contrato para los servicios de consultoría o asesorías externas a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, de acuerdo al formato cuyo texto se adjunta en ANEXO II, y que será requisito indispensable para el pago final. Dicho informe final deberá se entregado en formato papel (3 copias) y digital (CD Room en formato Microsoft Word para los textos).

## **XII. INFORMES PÚBLICOS, PROPIEDAD INTELECTUAL Y CONFIDENCIALIDAD**

El oferente seleccionado deberá guardar confidencialidad respecto de los antecedentes e información que se sometan a su consideración, así como de todos los antecedentes e información producida, no pudiendo hacer uso de ella por ningún medio de difusión o reproducción, sin expreso consentimiento escrito de CONAMA.

Por su parte, toda la información y materiales que utilice el oferente, tales como textos, tablas, planos, modelos, aplicaciones computacionales, fotografías, medios audiovisuales u otros, proporcionados por CONAMA, se entenderán de propiedad de esta última, no pudiendo utilizarse para ningún efecto, ajeno a este estudio, sin autorización expresa de CONAMA.

De otra parte, los informes, antecedentes, datos, en especial la metodología utilizada, así como cualquier otro tipo de información que se genere como resultado del trabajo encomendado, serán de exclusiva propiedad de CONAMA, no pudiendo ser utilizadas para ningún efecto sin la autorización expresa de ésta

## **XIII. PLAZOS**

Los plazos señalados en las presentes bases son de días hábiles.



## ANEXO I

**DECLARACIÓN JURADA  
PERSONAS JURÍDICAS DE DERECHO PRIVADO  
APOYO A FUNCIONES QUE NO SON PROPIAS**

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de 2006

\_\_\_\_\_, Representante legal de \_\_\_\_\_, propone ejecutar el estudio **“Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”** y, debidamente facultado, declara que la entidad que representa da cumplimiento a lo dispuesto en la Ley N°18.803 y en su Reglamento, artículo 3°, letra c: **“Las entidades proponentes o contratantes, cuando los convenios involucren la prestación de servicios personales de los socios o de sus trabajadores, no podrán tener entre sus socios a una o más personas que presten servicios al Estado como trabajadores dependientes, cuya participación sea igual o superior al 50% del capital social, ni tener entre sus trabajadores a personas que sean, además, funcionarios dependientes del Estado”**, aprobado mediante D.S. N°21, de 1990, del Ministerio de Hacienda.

Firma del Representante Legal y Timbre.



## ANEXO II

**INFORME DE EVALUACIÓN FINAL DE SERVICIOS DE CONSULTORÍA O ASESORÍAS EXTERNAS A LA COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

En el marco de lo estipulado en las respectivas Resoluciones de CONAMA, que aprueban contratos con personas jurídicas y naturales para la prestación de servicios externos de Consultorías y Asesorías, el presente formato será el único instrumento a través del cual los/as respectivos/as funcionarios/as de CONAMA responsables identificados en el respectivo contrato, evaluarán los productos o resultados de dichos servicios externos, fundamentando la aprobación o rechazo de éstos.

Dependiendo de lo establecido en cada Contrato y según los productos y pagos consideradoS en cada caso, el Informe de Evaluación Fina, deberá ser enviado al Departamento de Administración y Finanzas, conteniendo un resumen de la evaluación final de la consultoría, información que se utilizará para evaluar el maestro de proveedores.

Al presente Informe se debe adjuntar:

- Informe o producto final en formato papel .
- Informe final en formato digital.

**I. ANTECEDENTES DEL PRESTADOR DE SERVICIOS EXTERNOS DE CONSULTORÍAS O ASESORÍAS**

<b>Razón Social persona Jurídica o Nombre persona Natural que presta los Servicios</b>	<b>RUT</b>
<b>Nombre del Servicio que presta</b>	

<b>Nº de Contrato</b>	<b>Monto \$ Total del Contrato</b>	<b>Fecha inicio (dd/mm/aa)</b>	<b>Fecha término (dd/mm/aa)</b>	<b>Nº de Informes</b>

**II. PRODUCTOS ESTABLECIDOS** (establecidos en el contrato, en los términos de referencia o las especificaciones técnicas de los servicios contratados)

<b>Identificación Producto/s establecidos ( Informes)</b>	<b>Nº de Informe</b>	<b>Fecha comprometida para la entrega Producto (dd/mm/aa)</b>
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		



**III. PRODUCTOS LOGRADOS** (entregados por el prestador)

Identificación Producto/s logrados para la Etapa que se evalúa	Nº de Informe	Cumplimiento plazo SI/NO	Observaciones
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

**IV.- EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTOS LOGRADOS**

**Cumplimiento de Objetivos** (indique la relación entre los productos logrados y los objetivos de la contratación de servicios externos)

**Aporte institucional** (indique el aporte que los productos logrados significan para el desarrollo de la meta institucional a la cual está vinculado el servicio contratado).

**V. PONDERACIÓN DE LOS SERVICIOS CONTRATADOS** (evalúe con una X en el cuadro correspondiente. Sólo podrán ser aprobadas con una ponderación general-promedio igual o superior a 5)

Ponderación (notas del 1 al 7)	Del Prestador de Servicios Externos	De los productos logrados en esta etapa	De los plazos	De la Contraparte Técnica Institucional
1. Muy Mala				
2. Mala				
3. Deficiente				
4. Regular				
5. Buena				
6. Muy Buena				
7. Excelente				

**VI. CONCLUSIONES:** (Indique las conclusiones generales de su evaluación, realizando las observaciones que considere necesarias recalcar)





A través del presente acto, doy fe de que los resultados obtenidos por el prestador de los servicios contratados identificados anteriormente, (no) cumplen con todos los requisitos exigidos en el contrato/convenio, sus términos de referencia y anexos, de acuerdo a lo fundamentado en el presente Informe de Evaluación.

Fecha dd/mm/aa	Nombre Funcionario responsable de Evaluar según corresponda (Contrato/Términos de Referencia/Especificaciones Técnicas	Cargo Funcionario Evaluador	Firma Funcionario Evaluador



COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Dirección Ejecutiva

RGR/JUR

FUNDAMENTA Y ADJUDICA  
CONTRATO QUE INDICA

SANTIAGO, 28 DIC 2006

RESOLUCIÓN EXENTA N° 3587

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley de Presupuesto vigente; la Resolución N° 520, de la Contraloría General de la República; la Ley de Bases Generales de la Administración del Estado; la Ley N° 19.886, de Bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios y su Reglamento; el Memorandum N°25.618/06, del Jefe del Departamento de Administración y Finanzas de CONAMA; las facultades que me confiere la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y

**CONSIDERANDO:**

1. Que la Comisión Nacional del Medio Ambiente requiere contratar una consultora experta con el objetivo de
  - Evaluar los beneficios y costos de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5, y
  - Analizar los antecedentes disponibles de PM2.5, sus niveles de calidad, efectos en la salud, y las principales fuentes emisoras, de manera de evaluar distintos escenarios respecto a niveles de norma y a los plazos y gradualidad de cumplimiento de la misma.

Y los objetivos específicos de:

- a) Analizar toda la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país. Adicionalmente, analizar la información acerca de los niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones, estableciendo la relación entre la fracción fina, PM2.5, con la fracción gruesa.
- b) Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado, y estimar los beneficios adicionales de la norma de PM2.5 con respecto a los que ya proveen las normas vigentes.
- c) Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras del país de material particulado fino, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías, para las distintas situaciones típicas de contaminación que se dan en el país: Ciudad representativa del norte; Región Metropolitana, Talcahuano y Ciudad prototipo del Sur del país, en comparación con aquellas identificadas para el material particulado respirable.
- d) Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, de Australia, entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Comunidad Europea (CE); y
- e) Evaluar los costos y beneficios que tendría una norma de PM2.5 en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.

2. Que CONAMA realizó un proceso de licitación pública, publicada en el Portal Chile Compra el 26 de octubre de 2006, y fecha de cierre para la recepción de ofertas el 10 de noviembre de 2006, Adquisición N°1588-238-LE06, del Contrato N°24-26-015/06, denominado **“Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”**, con el objeto de cumplir con el objetivo referido en el considerando anterior; y
3. Que en el Acta del Comité de CONAMA encargado de evaluar y calificar las propuestas presentadas en esta licitación, consta que la única propuesta presentada, perteneciente a la empresa consultora “DICTUC S.A.”, RUT N° 96.691.330-4, cumple con lo solicitado en las Bases Administrativas y en los Términos de Referencia, y el equipo de consultores tiene alta capacidad y experiencia en el tema;

**RESUELVO :**

1. **Adjudíquese el Contrato N°24-26-015/06, denominado “Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”, por un monto total y único de \$14.945.000.- (catorce millones novecientos cuarenta y cinco mil pesos), impuesto incluido, a la empresa consultora “DICTUC S.A.”, RUT N° 96.691.330-4, representada por David Fuller Padilla, RUT: 8.321.829-0, y don Jaime Retamal Pinto, RUT N°11.657.136-6;**
2. Los textos del Acta de Apertura de las ofertas, del Acta del Comité de Evaluación y Calificación y de la propuesta técnica y económica de la empresa, se acompañan, formando parte integrante de esta Resolución.

Anótese, Comuníquese, Archívese

  
**ANA LYACURIARTE RODRÍGUEZ**  
 Directora Ejecutiva  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente

IAH

Distribución:

Dirección Ejecutiva

Departamento de Administración y Finanzas

Departamento de Control de la Contaminación

Departamento de Planificación, Presupuesto e Información Ambiental

Unidad de Compras y Contrataciones

División Jurídica

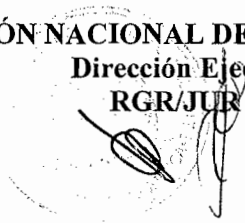
Proponente

Oficina de Partes

Lo que transcribo a Ud.  
 para su conocimiento  
 saluda atentamente a Ud.  
**NURY VALBUENA OVEJERO**  
 Oficial de Partes  
 Comisión Nacional del  
 Medio Ambiente (CONAMA)

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Dirección Ejecutiva  
RGR/JUR



APRUEBA CONTRATO QUE INDICA

SANTIAGO, 29 DIC 2006

RESOLUCIÓN EXENTA N° 3739

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley de Presupuesto vigente; la Resolución N° 520, de la Contraloría General de la República; la Ley de Bases Generales de la Administración del Estado; la Ley N° 19.886, de Bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios y su Reglamento; el Memorandum N°25.618, del Encargado del Departamento de Administración y Finanzas de CONAMA; las facultades que me confiere la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y

CONSIDERANDO:

1. Que la Comisión Nacional del Medio Ambiente requiere contratar una consultora experta con el objetivo de
  - Evaluar los beneficios y costos de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5, y
  - Analizar los antecedentes disponibles de PM2.5, sus niveles de calidad, efectos en la salud, y las principales fuentes emisoras, de manera de evaluar distintos escenarios respecto a niveles de norma y a los plazos y gradualidad de cumplimiento de la misma.

Y los objetivos específicos de:

- a) Analizar toda la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país. Adicionalmente, analizar la información acerca de los niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones, estableciendo la relación entre la fracción fina, PM2.5, con la fracción gruesa.
  - b) Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado, y estimar los beneficios adicionales de la norma de PM2.5 con respecto a los que ya proveen las normas vigentes.
  - c) Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras del país de material particulado fino, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías, para las distintas situaciones típicas de contaminación que se dan en el país: Ciudad representativa del norte; Región Metropolitana, Talcahuano y Ciudad prototipo del Sur del país, en comparación con aquellas identificadas para el material particulado respirable.
  - d) Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, de Australia, entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Comunidad Europea (CE); y
  - e) Evaluar los costos y beneficios que tendría una norma de PM2.5 en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.
2. Que CONAMA realizó un proceso de licitación pública, publicada en el Portal Chile Compra el 26 de octubre de 2006, y fecha de cierre para la recepción de ofertas el 10 de noviembre de 2006, Adquisición N°1588-238-LE06, del Contrato N°24-26-015/06, denominado "**Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5**", con el objeto de cumplir con el objetivo referido en el considerando anterior;
  3. Que en el Acta del Comité de CONAMA encargado de evaluar y calificar las propuestas presentadas en esta licitación, consta que la única propuesta presentada, perteneciente a la empresa consultora "DICTUC S.A.", RUT N° 96.691.330-4, representada por don Jaime

Retamal Pinto, RUT N°11.657.136-6, cumple con lo solicitado en las Bases Administrativas y en los Términos de Referencia, y el equipo de consultores tiene alta capacidad y experiencia en el tema; y

4. Que conforme a lo anteriormente expuesto, la Directora Ejecutiva de CONAMA, mediante Resolución Fundada, adjudicó el contrato referido en el considerando segundo a la empresa consultora "DICTUC S.A.", RUT N° 96.691.330-4, representada por **David Fuller Padilla**, RUT: 8.321.829-0, y don **Jaime Retamal Pinto**, RUT N°11.657.136-6;

**RESUELVO :**

1. **Apruébase el Contrato N°24-26-015/06**, denominado "Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", por un monto total y único de **\$14.945.000.-** (catorce millones novecientos cuarenta y cinco mil pesos), impuesto incluido, de fecha 29 de enero de 2006, suscrito entre la Comisión Nacional del Medio Ambiente, representada por su Directora Ejecutiva, doña **Ana Lya Uriarte Rodríguez**, y la empresa consultora "DICTUC S.A.", RUT N° 96.691.330-4, representada por **David Fuller Padilla**, RUT: 8.321.829-0, y don **Jaime Retamal Pinto**, RUT N°11.657.136-6. Los textos del contrato, la propuesta técnica y económica de la consultora y sus antecedentes legales, se acompañan, formando parte integrante de esta Resolución.
2. **Impútese el gasto** que demande el pago del presente contrato a la Partida 22, Capítulo 02, Programa Presupuestario 01, Subtítulo 22, Ítem 11, Asignación 001, del Presupuesto vigente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Anótese, Comuníquese, Archívese

  
**ANA LYA URIARTE RODRÍGUEZ**  
 Directora Ejecutiva  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente



IAH

Distribución:

Dirección Ejecutiva  
 Departamento de Administración y Finanzas  
 Unidad de Compras y Contrataciones  
 Departamento de Planificación, Presupuesto e Información  
 Departamento de Control de la Contaminación  
 División Jurídica  
 Oficina de Partes

Lo que transcribo a Ud.  
 para su conocimiento  
 saluda atentamente a Ud.  
**NURY VALBUENA OYEJERA**  
 Oficial de Partes  
 Comisión Nacional del  
 Medio Ambiente

**Contrato N°24-26-015/06****Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5"**

En Santiago, a 29 de diciembre de 2006, entre la Comisión Nacional del Medio Ambiente, en adelante también "CONAMA", RUT 72.443.600-5, representada por su Directora Ejecutiva, doña **Ana Lya Uriarte Rodríguez**, ambas domiciliadas en Teatinos N°258, Santiago Centro, Santiago, por una parte; y la empresa consultora "**DICTUC S.A.**", RUT N° 96.691.330-4, en adelante "**la consultora**", por la otra, representada por don **David Fuller Padilla**, RUT: 8.321.829-0, y don **Jaime Retamal Pinto**, RUT N°11.657.136-6, ambos domiciliados en Avenida Vicuña Mackenna N°4860, Macul, Santiago, se ha convenido el siguiente contrato:

**PRIMERO:** La Comisión Nacional del Medio Ambiente requiere contratar una consultora experta con el objetivo de:

- Evaluar los beneficios y costos de la operación simultánea en el país, tanto de las normas vigentes (PM10 diario y anual) y de una norma de calidad primaria para el PM2.5, y
- Analizar los antecedentes disponibles de PM2.5, sus niveles de calidad, efectos en la salud, y las principales fuentes emisoras, de manera de evaluar distintos escenarios respecto a niveles de norma y a los plazos y gradualidad de cumplimiento de la misma.

Y los objetivos específicos de:

1.- Analizar toda la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país. Adicionalmente, analizar la información acerca de los niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones, estableciendo la relación entre la fracción fina, PM2.5, con la fracción gruesa.

2.- Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado, y estimar los beneficios adicionales de la norma de PM2.5 con respecto a los que ya proveen las normas vigentes.

3.- Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras del país de material particulado fino, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías, para las distintas situaciones típicas de contaminación que se dan en el país: Ciudad representativa del norte; Región Metropolitana, Talcahuano y Ciudad prototipo del Sur del país, en comparación con aquellas identificadas para el material particulado respirable.

4.- Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, de Australia, entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Comunidad Europea (CE).

5.- Evaluar los costos y beneficios que tendría una norma de PM2.5 en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.



**SEGUNDO:** CONAMA contrata a la Consultora para realizar la consultoría aludida en la cláusula anterior, en adelante también “la consultoría”, cuyas actividades, cronograma, resultados esperados y otras modalidades se expresan y detallan en los Términos de Referencia adjuntos, que forman parte integrante de este contrato.

**TERCERO:** La Consultora acepta y se obliga a realizar el trabajo encomendado hasta su total terminación, con estricta sujeción a las condiciones acordadas en el presente contrato y en sus Términos de Referencia.

**CUARTO:** El presente contrato tendrá una vigencia de doce semanas, contadas a partir de la fecha de la resolución que lo aprueba, y la Consultora se desempeñará bajo la dependencia y coordinación del Jefe del Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA, quien tendrá las facultades de control, inspección y evaluación del avance y calidad de los servicios y trabajos concretos a efectuar.

**QUINTO:** La Consultora deberá entregar un primer informe de avance de las actividades realizadas a las seis semanas y un segundo informe final a las doce semanas, en ambos casos contadas desde la fecha de vigencia del contrato. Los informes deberán ser aprobados por la contraparte técnica designada en los TDR adjuntos y, tratándose del informe final, la aprobación deberá llevarse a efecto mediante el Formulario de Evaluación de los servicios de consultoría anexo a este contrato. Dicho informe deberá entregarse en formato papel y digital (CD Room en formato Microsoft Word para los textos).

**SEXTO:** CONAMA pagará por el estudio encomendado la suma total y única de **\$14.945.000.-** (catorce millones novecientos cuarenta y cinco mil pesos), impuesto incluido, suma que se pagará en una primera cuota de \$4.945.000.- (cuatro millones novecientos cuarenta y cinco mil pesos), y una segunda cuota final de \$10.000.000.- (diez millones de pesos), previa presentación de las respectivas facturas e informes referidos en la cláusula anterior, aprobados por CONAMA. Sin perjuicio de lo anterior, CONAMA no podrá efectuar pago alguno a la consultora mientras no se encuentre totalmente tramitado el acto administrativo que apruebe este contrato.

**SÉPTIMO:** Para garantizar el fiel cumplimiento de este contrato, la Consultora hace entrega, en este acto, de una Boleta de Garantía Bancaria por un monto de \$4.945.000.- (cuatro millones novecientos cuarenta y cinco mil pesos), a nombre de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, con una vigencia que excede en sesenta días la vigencia de este contrato. Si eventualmente fuese necesario un aumento del plazo, la Boleta de Garantía Bancaria deberá ajustarse a dicho aumento, a solicitud de CONAMA, facultándose a ésta para el cobro, de no procederse a la prórroga según lo indicado.

**OCTAVO:** La Consultora se obliga a prestar los servicios materia de este contrato guardando la debida confidencialidad respecto de los antecedentes que se sometán a consideración.



A large, stylized handwritten signature is located in the bottom right corner of the page.

**NOVENO:** Toda la información y materiales que utilice la Consultora, tales como textos, tablas, planos, modelos, aplicaciones computacionales, fotografías, medios audiovisuales u otros, y que sean proporcionados por CONAMA, se entenderán de propiedad de esta última, no pudiendo utilizarse para ningún efecto sin su autorización expresa. De otra parte, los informes, antecedentes, datos y cualquier otro tipo de información que se generen como resultado de los servicios encomendados, serán de exclusiva propiedad de CONAMA, no pudiendo ser utilizadas para ningún efecto sin la autorización expresa de ésta. La Consultora, igualmente, se obliga a mantener la más absoluta reserva y confidencialidad acerca de toda la información generada.

**DÉCIMO:** Bajo ninguna circunstancia la Consultora podrá traspasar, ceder o transferir, total o parcialmente, la responsabilidad de la ejecución de los servicios encomendados por el presente contrato, a un tercero.

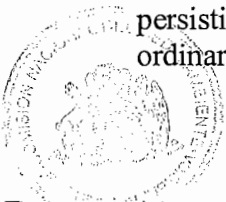
**UNDÉCIMO:** Si la Consultora no cumple lo convenido en el plazo indicado, sin causa justificada, a consideración de CONAMA, ésta podrá cobrar una multa por cada día de atraso, equivalente al 3/1000 (tres por mil). CONAMA hará efectiva la multa procedente descontando su valor del pago del precio acordado. La aplicación de las multas es sin perjuicio del derecho unilateral de CONAMA para poner término anticipado al contrato, por su incumplimiento, y de acuerdo a la cláusula siguiente.

**DUODÉCIMO:** Al menos en los siguientes casos de incumplimiento se producirá la resolución del presente contrato y las partes podrán declarar administrativa y unilateralmente el término anticipado del mismo:

- a) Si la Consultora no destina recursos materiales o humanos suficientes para el normal desarrollo de la consultoría, en términos que se haga difícil o imposible la ejecución de lo pactado dentro del plazo estipulado;
- b) Si la calidad del trabajo no satisface las exigencias mínimas para los objetivos tenidos en consideración al solicitar su realización;
- c) Si la Consultora no inicia el trabajo oportunamente o lo paraliza sin causa justificada;
- d) Si la Consultora no acata las instrucciones que imparta CONAMA, en conformidad con las facultades que le otorgan el presente contrato y documentos integrantes;
- e) Si la Consultora infringe en cualquier forma lo estipulado en el contrato y sus documentos integrantes;
- f) Si las multas a que se refiere la cláusula undécima sobrepasan el 20% del monto total del contrato;
- g) Si se verificase cualquier otro incumplimiento grave imputable a la Consultora que impida o dificulte gravemente la oportuna y correcta ejecución de la consultoría contratada.

En caso que CONAMA ponga término al contrato por causa imputable a la Consultora, procederá al cobro de la garantía dada por ésta para garantizar el cumplimiento del contrato.

**DÉCIMO TERCERO:** Las discrepancias y diferencias surgidas durante el desarrollo y ejecución del presente contrato, serán resueltas por las partes de común acuerdo. En caso de persistir las diferencias, las partes las someterán al conocimiento y resolución de la justicia ordinaria. Para todos los efectos derivados del presente contrato, las partes fijan su domicilio en





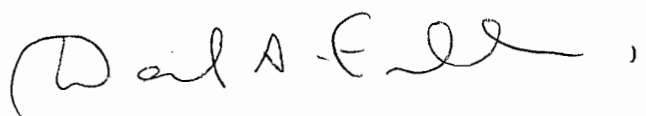
la ciudad de Santiago y se someten a la jurisdicción de sus tribunales de justicia.

**DÉCIMO CUARTO:** La personería de doña Ana Lya Uriarte Rodríguez, Directora Ejecutiva de CONAMA, fluye del D.S. N°65, de 31 de marzo de 2006, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. La personería de don David Fuller Padilla y de don Jaime Retamal Pinto para representar a la Consultora, consta en escritura pública de 21 de junio de 2005, otorgada ante don Sergio Rodríguez Garcés, Notario Titular de la Décima Notaría de Santiago.

**DÉCIMO QUINTO:** El presente contrato se suscribe en cuatro ejemplares del mismo tenor y fecha, quedando dos en poder de cada parte.

  
**ANA LYA URIARTE RODRÍGUEZ**  
 Directora Ejecutiva  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente







**DAVID FULLER PADILLA**



**JAIIME RETAMAL PINTO**

Representante Legales  
DICTUC S.A.


IAH

  
  
 LAC



REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RGR/MJG



AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE  
ANTEPROYECTO NORMA DE CALIDAD  
PRIMARIA PARA MATERIAL PARTICULADO  
FINO: MP2,5

SANTIAGO, 29 de diciembre de 2006.

RESOLUCION EXENTA N° 3708

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N° 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la Resolución Exenta N° 1690 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, de fecha 10 de julio de 2006 publicada en el Diario Oficial el 14 de agosto del mismo año y en el diario La Nación del mismo día, que dio inicio a la elaboración de la norma.

CONSIDERANDO

Que el plazo para la elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5, fue ampliado por las resoluciones exentas N°22 de de 4 de enero de 2001, y N°15 de 14 de enero de 2004, y que se encuentra pronto a vencer el próximo 14 de enero de 2007.

Que se hace necesario ampliar nuevamente el plazo mencionado considerando que se encuentra pendiente la elaboración de un estudio denominado "Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5".

Evacuado el mencionado estudio se podrá determinar si los antecedentes a considerar para la elaboración de la presente norma de calidad son suficientes de acuerdo a lo que dispone el inciso primero del artículo 13 del Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión.

**RESUELVO:**

Amplíase el plazo para la preparación del anteproyecto de Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5 hasta el día 31 de julio de 2007.

**Anótese, comuníquese, y archívese.**



**ANA LYA URIARTE RODRÍGUEZ**  
**DIRECTORA EJECUTIVA**  
**COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

  
CRF/MJG

Distribución:

- División Jurídica
- Departamento de Control de la Contaminación
- Departamento Educación Ambiental y Participación Ciudadana
- Comité Operativo de la Norma.

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.  
**NURY VALBUENA OVEJERO**  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

510

ORD. Nº. 071919 /

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5

SANTIAGO, 19 JUN 2007

DE : DIRECTOR EJECUTIVO (S)  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

1. Como es de su conocimiento, la norma que regula la fracción fina del Material Particulado respirable MP2,5 fue incluida en el 4º Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de agosto de 2000, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio Nº 710, fechada el 19 de julio de 2000. No obstante, debido a la necesidad de recabar antecedentes suficientes y desarrollar estudios técnicos y científicos pertinentes, los plazos para la preparación del anteproyecto de norma han sido ampliados en más de una ocasión (Resolución Exenta Nº 3708/2006, de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, se amplió el plazo hasta el día 31 de julio de 2007).
3. En su oportunidad se aprobó por el Consejo Directivo de CONAMA la creación del Comité Operativo, encargado de la preparación de anteproyecto de la norma. Las instituciones integrantes correspondieron a: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería y Energía, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas, Autoridad Sanitaria de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía e Intendencia de la Región Metropolitana.
4. Considerando que CONAMA desea reactivar el proceso de preparación de este anteproyecto de norma, poniendo en funcionamiento nuevamente a su Comité Operativo, le solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante el proceso de elaboración de esta norma.
5. A modo de información, le indico que en la actualidad se está desarrollando el estudio "Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", cuyos resultados serán un importante apoyo en el desarrollo del anteproyecto de norma, y serán presentados próximamente al Comité Operativo de la norma.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted



Rodrigo Guzmán Rosen  
DIRECTOR EJECUTIVO (S)  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

HWA/FFE/GCV/ccz

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

A. W. Folcl

Para... respuesta

Fecha 19 JUN 2007

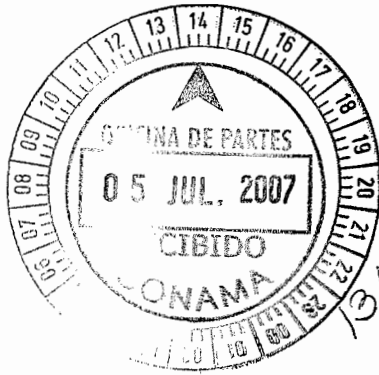
A

Distribución:

- Sr. Alejandro Ferreiro Yazigi, Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Sra. María Soledad Barría Iroume, Ministra de Salud Pública
- Sra. Karen Poniachik Pollak, Ministra de Minería
- Sr. René Cortázar Sanz, Ministro de Transportes y Telecomunicaciones
- Sra. Patricia Poblete Bennett, Ministra de Vivienda y Urbanismo
- Sr. Eduardo Bitrán Colodro, Ministro de Obras Públicas
- Sr. Mauricio Osorio Ulloa, Seremi de Salud Región Metropolitana
- Sr. Marcelo Tokman Ramos, Ministro de Energía.
- Sra. Adriana Delpiano Puelma, Intendente de la Región Metropolitana.
- Sr. Alejandro Smythe Etcheber, Director Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana.

C.c.:

- Archivo Departamento Control de la Contaminación.
- Archivo Dirección Ejecutiva



000101

ORD.: N° 2339  
ANT.: ORD N° 071919 CONAMA  
MAT.: Norma Primaria de PM2.5

SANTIAGO, -5 JUL 2007

DE : SR. EDUARDO BITRAN C.  
MINISTRO DE OBRAS PÚBLICAS

A : SR. ÁLVARO SAPAG R.  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE

A través del presente, solicito a Ud., en representación de esta Cartera Ministerial, ser omitido del Comité Técnico Operativo encargado de la preparación del Anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para material particulado fino PM 2.5, pues el Ministerio de Obras Públicas no tiene atribuciones específicas en lo que respecta a Contaminación Atmosférica, y sus obras no constituyen una fuente significativa de este contaminante.

Entendemos que la adopción de esta Norma tiene una importancia estratégica para la definición de los planes y políticas de control de la contaminación atmosférica. Y dado que el ministerio está siendo representado en los Comités Técnicos de los planes de Descontaminación Urbanos, esperamos mantenemos informados a través de ellos.

Sin perjuicio de lo anterior, este Ministerio compromete desde ahora sus esfuerzos para el cumplimiento de esta norma, una vez adoptada y dentro de sus funciones habituales, que se refieren a la provisión de infraestructura.



Saluda atentamente a Ud.,

EDUARDO BITRAN COLODRO  
Ministro de Obras Públicas

V°B° SEMAT  
PABLO BADENIER M.

PBM/JEO/crh

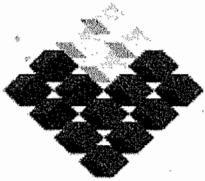
DISTRIBUCIÓN:

- Destinatario
- Sr. Pablo Badenier M., Secretario Ejecutivo de Medio Ambiente y Territorio - DGOP.
- Of. de Partes SOP

Proceso N° 1398508 /

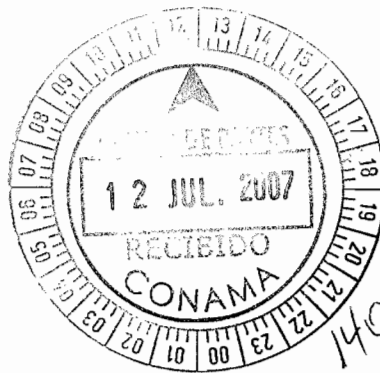


Morandé 59, Santiago | Chile  
Teléfono (56-2) 449 3000  
[www.mop.cl](http://www.mop.cl)



GOBIERNO DE CHILE  
**SEREMI DE SALUD**  
REGION METROPOLITANA  
MOU/GHL/RSMC/VBS/sov

*185295*



000102

005146 JUL 11 '07

**ORD. N°:**

**ANT. : ORD 071919 con fecha 19 de Junio, enviado por CONAMA Nacional.**

**MAT. : ENVÍA NOMINA DE REPRESENTANTES PARA INTEGRAR COMITÉ OPERATIVO NORMA PRIMARIA MP2.5.**

**DE: SECRETARIO REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD  
REGIÓN METROPOLITANA  
DR. MAURICIO OSORIO ULLOA**

**A: DIRECTOR EJECUTIVO DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
SR. ÁLVARO SAPAG RAJEVIC  
TEATINOS 254.  
SANTIAGO**

A través de la presente, y en respuesta a la solicitud del antecedente, informo a Ud., que los representantes nominados a conformar el comité operativo para preparación de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP 2.5, son los siguientes funcionarios de esta SEREMI de Salud:

- Ingeniero Civil Químico Sr. Roberto Condori Castro
- Ingeniero Civil Industrial Sr. Víctor Berríos Sepúlveda
- Médico Epidemiólogo Sr. Luis González Altarriba

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.,



**DR. MAURICIO OSORIO ULLOA**  
**SECRETARIO REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD**  
**REGIÓN METROPOLITANA**

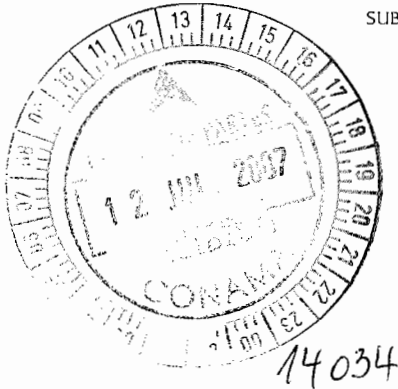
**DISTRIBUCIÓN**

- COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
- SEREMI SALUD REGIÓN METROPOLITANA
- Departamento Salud Pública Sanitaria
- Red de Monitoreo de Calidad del Aire
- Oficina de Partes.
- Archivo.



000103

GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARIA DE TRANSPORTES



ORD DN N° 2465 /  
ANT: ORD. N° 71919  
MAT: Designación de representante oficial y su reemplazo, para ser parte del Comité Operativo que preparará anteproyecto de Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5.

Santiago, 03 de julio de 2007

DE : SUBSECRETARIO DE TRANSPORTES  
A : DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

En relación a su carta citada en el antecedente, enviada el día 19 de junio de 2007, en la que se solicita que se nombre a un representante oficial y un reemplazante por parte del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, para que sea parte integrante del Comité Operativo que preparará el anteproyecto de la "Norma Primaria de Calidad para el Material Particulado Fino PM2.5", me permito informar a usted que ha sido designado Sr. Pablo Salgado Poehlmann, ingeniero de la División de Normas de esta Subsecretaría. En calidad de reemplazante se ha designado al Sr. Jaime Román Castillo, ingeniero de la misma División.

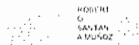
Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.,

DANILO NUÑEZ  
IZQUIERDO

Digitally signed by DANILO NUÑEZ IZQUIERDO  
DN: CN = DANILO NUÑEZ IZQUIERDO C  
= CL = SANTIAGO S F  
METROPOLITANA, O = SUBSECRETARIA  
DE TRANSPORTES, OU = GABINETE  
SUBSECRETARIO TRANSPORTES  
Date: 2007.07.11 09:12:55 -0400

DANILO NUÑEZ IZQUIERDO  
Subsecretario de Transportes

YAIR VARAS  
ROJAS

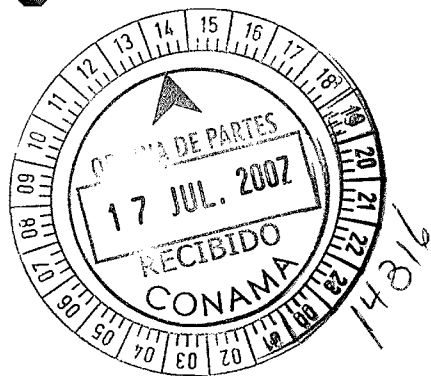
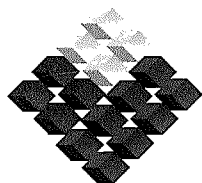


YVR/RSM/PSP

c.c.:

- Interesado
- Gabinete Subsecretario de Transportes
- División de Normas (MTT)
- Oficina de Partes (MTT)





1 1067

CNE OF. ORD. N° \_\_\_\_\_ /

ANT.: Oficio N° 071919 de Comisión Nacional del Medio Ambiente.

MAT.: Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5.

SANTIAGO, 12 JUL 2007

DE : **SR. MARCELO TOKMAN RAMOS**  
MINISTRO PRESIDENTE  
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

A : **SR. RODRIGO GUZMÁN ROSEN**  
DIRECTOR EJECUTIVO (S)  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

En atención a lo solicitado en el Oficio Ordinario del Antecedente, se informa que la Comisión Nacional de Energía ha designado, como representante oficial de esta institución para integrar Comité Operativo de Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5, a los siguientes profesionales:

- Representante Titular: Sr. Jaime Bravo Oliva, Jefe Área Medio Ambiente y Energías Renovables; [jbravo@cne.cl](mailto:jbravo@cne.cl); 365 6876.
- Reemplazante: Srta. Andrea Varas Cancino, Área Medio Ambiente y Energías Renovables; [avaras@cne.cl](mailto:avaras@cne.cl); 365 6876.

Sin otro particular se despide,



**MARCELO TOKMAN RAMOS**  
Ministro Presidente  
Comisión Nacional de Energía

MTR/MSE/JBO/AVC/vme

**Distribución:**

- 1.- Dirección Ejecutiva CONAMA
- 2.- Archivo Gabinete Ministro, CNE.
- 3.- Archivo Área Medio Ambiente y Energías Renovables, CNE.
- 4.- Archivo Oficina de Partes, CNE.



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE SALUD

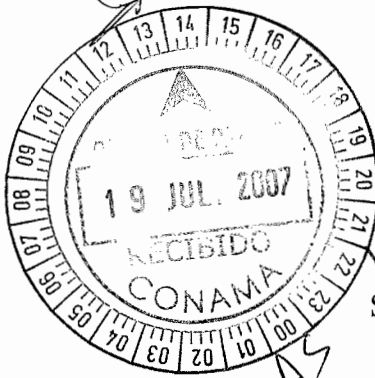
**Subsecretaría de Salud Pública**  
**División de Políticas Públicas Saludables y Promoción**  
**Depto. Salud Ambiental**

Dra. HMM/Ing. JMU/WFA

Ord.: N° B32/ 3422 /

Ant.: Oficios N° 071919, del 19 de junio de 2007.

Mat.: Informa nominación para Comité Operativo que indica.



SANTIAGO, 18 JUL 2007

DE: MINISTRA DE SALUD

A: MINISTRA PRESIDENTA COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

En relación con oficio del antecedente me permito informar a usted, que este Ministerio de Salud ha nominado como representantes ante el Comité Operativo que abordará la elaboración del ante proyecto de Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado MP-2.5, al Sr. Walter Folch como representante oficial y al Sr. Pedro Riveros como reemplazante, ambos funcionarios del Departamento de Salud Ambiental de este Ministerio de Salud.

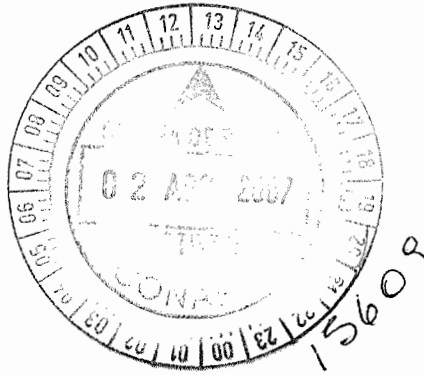
Saluda atentamente a usted,



MARIA SOLEDAD BARRIA IROUME  
MINISTRA DE SALUD

DISTRIBUCION

- Ministra Presidenta Comisión Nacional del Medio Ambiente
- Gabinete Ministra de Salud
- División de Políticas Públicas Saludables y Promoción
- Departamento de Salud Ambiental
- Of. de Partes



ORD. N° 2520,

ANT.: Su Oficio Ord. N° 071919 de fecha 19.06.2007.-

MAT.: Designación Representante Oficial Comité Operativo Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5.-

Santiago, 02 AGO 2007

**A : DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

**DE : SRA. PATRICIA POBLETE BENNETT  
MINISTRA DE VIVIENDA Y URBANISMO**

Con el agrado de saludar a Ud., informo que el profesional designado para integrar el Comité Operativo del Anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, es la Geógrafa Sra. Jeanne Marie Verdugo; funcionaria de la División de Desarrollo Urbano. En su reemplazo, se nombra a la profesional Geógrafa Sra. Angela Soriano Hernández, funcionaria de la misma División de este Ministerio.

Saluda atentamente a Ud.,



**MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO**  
**PATRICIA POBLETE BENNETT**  
**MINISTRA DE VIVIENDA Y URBANISMO**

1347:(46-3)  
PSA/LEB/OFJ/MEB/ASH  
Distribución

- Director Ejecutivo Comisión Nacional de Medio Ambiente CONAMA
- Gabinete Ministra de Vivienda y Urbanismo
- Gabinete Subsecretaria de Vivienda y Urbanismo
- División de Desarrollo Urbano
- Sra. Jeanne Marie Verdugo / Sra. Angela Soriano Hernández (DDU)
- Oficina Partes MINVU



000107

REPÚBLICA DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
RGR/HWA

OTORGA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE  
ANTEPROYECTO NORMA DE CALIDAD PRIMARIA  
PARA MATERIAL PARTICULADO FINO: MP2,5

SANTIAGO, 2 de agosto de 2007

RESOLUCIÓN EXENTA N° 1818

VISTOS:

Lo solicitado mediante memorándum N°233 de 30 de julio de 2007, del Jefe del Departamento de Control de la Contaminación; Lo dispuesto en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N° 93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la Resolución Exenta N° 1690 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, de fecha 10 de julio de 2006, publicada en el Diario Oficial el 14 de agosto del mismo año, y en el diario La Nación del mismo día, que dio inicio a la elaboración de la norma.

CONSIDERANDO

Que el plazo para la elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5, fue ampliado por las resoluciones exentas N°22 de de 4 de enero de 2001, N°15 de 14 de enero de 2004, y N°3708 de 29 de diciembre de 2006, todas de la Dirección Ejecutiva de CONAMA.

Que se hace necesario otorgar nuevo plazo considerando que se encuentra pendiente el estudio denominado "Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", así como las demás actividades que se especifican en el cronograma de que da cuenta el Memorándum N°233 de 30 de Julio de 2007, mencionado en los vistos.

RESUELVO:

Otorgase nuevo plazo hasta el día 28 de enero de 2008, para la preparación del anteproyecto de Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5.

Anótese, comuníquese, y archívese.

  
ALVARO SAPAG RAJEVIC  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

CRF/MJG/GCV

Distribución:

- División Jurídica
- Departamento de Control de la Contaminación
- Comité Operativo de la Norma.

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.  
NURY VALBUENA OVEJERC  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

REPÚBLICA DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE



RSR/HWA

000108

**AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL PARTICULADO FINO (MP 2,5).**

SANTIAGO, 18 de abril de 2008

RESOLUCIÓN EXENTA N°1293

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N°93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la Resolución Exenta N°156 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, de fecha 7 de julio de 2000, publicada en el Diario Oficial el 7 de agosto del mismo año, que dio inicio a la elaboración de la norma.

**CONSIDERANDO:**

Que el plazo para la elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino fue ampliado por las Resoluciones Exentas N°22/01, N°15/04, N°3708/06 y N°1818/07, todas de la Dirección Ejecutiva de CONAMA.

Que a fines del año 2006, la Dirección Ejecutiva de CONAMA encargó el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5" en virtud de la gran cantidad de antecedentes generados, tanto a nivel internacional como nacional, en materias de regulación del material particulado fino PM2.5

Que el estudio fue realizado por la División de Medio Ambiente del DICTUC, y entregó como resultado principal la evaluación social y económica de diferentes escenarios de norma de PM2.5, específicamente para tres niveles distintos ( los propuestos por la OMS) y con distinta gradualidad en su aplicación. También se hizo una revisión de la normativa existente en otros países del mundo, se estimaron los niveles de riesgo a que está sometida la población del país, e identificó las principales fuentes emisoras y las tecnologías de reducción disponibles, con sus costos asociados, entre otros aspectos.

Que este estudio requirió más tiempo del programado debido a la complejidad del tema, a la necesidad de acordar criterios y de realizar un trabajo de discusión entre el consultor y la contraparte de CONAMA.

Que los resultados del mencionado Estudio son un insumo necesario para abordar la discusión de la norma en el Comité Operativo, por lo que se requiere contar con un plazo adicional para que dicho Comité discuta el estudio y los demás antecedentes de la norma para que logre acordar y elaborar el anteproyecto de la misma.

**RESUELVO:**

**Otórgase** un nuevo plazo hasta el día 30 de octubre de 2008 para la preparación del anteproyecto de la Norma Calidad Primaria Para Material Particulado Fino (MP 2,5).

**Anótese, comuníquese, y archívese.**



*[Handwritten signature]*  
CRF/APRMJG

**Distribución:**

- División Jurídica, CONAMA.
- Departamento de Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Público de la Norma.
- Comité Operativo de la Norma.

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.  
NURY VALBUENA OVEJERO  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

000110

10.045

OF. ORD. N°: 081705 /

ANT.: No Hay

MAT.: Norma Primaria de Calidad para  
Material Particulado Fino PM2,5

SANTIAGO, 26 MAYO 2008

DE : ALVARO SAPAG RAJEVIC  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

1. Como es de su conocimiento, la norma que regula la fracción fina del Material Particulado respirable MP2,5 fue incluida en el 4º Programa Priorizado de Normas luego de la aprobación del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, en sesión del 26 de marzo de 1999.
2. El 7 de agosto de 2000, se inició formalmente el proceso de elaboración del anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2,5, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710, fechada el 19 de julio de 2000. No obstante, debido a la necesidad de recabar antecedentes suficientes y desarrollar estudios técnicos y científicos necesarios, los plazos para la preparación del anteproyecto de norma fueron ampliados en varias oportunidades (Resolución Exenta N° 22 del 4 de enero del 2001, N°15 del 14 de enero del 2004, N° 3708 del 29 de diciembre del 2006, N°1818 del 2 de agosto del 2007, de la Dirección Ejecutiva de CONAMA).
3. En su oportunidad se aprobó la creación del Comité Operativo para la elaboración de la norma (Acuerdo N° 156/2000 del Consejo Directivo de la CONAMA) cuyas instituciones integrantes correspondieron a: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Minería y Energía, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas, Autoridad Sanitaria de la Región Metropolitana, Comisión Nacional de Energía e Intendencia de la Región Metropolitana.
4. A fines del año 2006, la Dirección Ejecutiva de CONAMA decidió encargar el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2,5" en virtud de la gran cantidad de antecedentes generados, tanto a nivel internacional como nacional en materias de regulación del material particulado fino PM2,5. El estudio fue realizado por la División de Medio Ambiente del DICTUC, y entrega como resultado principal la evaluación social y económica de diferentes escenarios de norma de PM2,5, específicamente, de tres niveles distintos (los propuestos por la OMS) y con distinta gradualidad en su aplicación. También se presenta una revisión de la normativa existente en otros países del mundo, se estiman los niveles de riesgo a que está sometida la población del país, e identifica las principales fuentes emisoras y las tecnologías de reducción disponibles, con sus costos asociados, entre otros aspectos

5. Considerando que ya existen los antecedentes necesarios para la elaboración de la norma y que se desea reactivar el proceso y el funcionamiento del Comité Operativo, le solicito a usted la nominación de un representante oficial y un reemplazante de su institución al Comité Operativo mencionado, que asuma el compromiso de participar durante todo el proceso de elaboración de la norma.
6. Al mismo tiempo, invitamos al representante de su Institución a la reunión que dará reinicio al proceso de discusión de la norma y elaboración de anteproyecto para el día 6 de junio de 2008, a las 09:00 horas, a realizarse en oficinas de CONAMA, Teatinos 258, 2° piso. Santiago.
7. Para fines de información de los detalles del proceso, puede tomar contacto con la Encargada del Área Contaminación Atmosférica del Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA, Maritza Jadrijevic, al teléfono : 240 5688 y correo electrónico: [mjadrijevic@conama.cl](mailto:mjadrijevic@conama.cl)

Sin otro particular, saluda atentamente a usted



  
 ALVARO SAPAG RAJEVIC  
 DIRECTOR EJECUTIVO  
 COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

  
 HWA/GLS/MJG/aat

Distribución:

- Sr. Hugo Lavados Montes, Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Sra. María Soledad Barría, Ministra de Salud
- Sr. Santiago Gonzalez Larrain, Ministro de Minería
- Sr. Rene Cortazar , Ministro de Transportes y Telecomunicaciones
- Sra. Patricia Poblete Bennett , Ministra de Vivienda y Urbanismo
- Sr. Eduardo Bitran Colodro, Ministro de Obras Públicas
- Sr. Roberto Belmar Erpel, Seremi de Salud Región Metropolitana
- Sr. Rodrigo Iglesias Acuña, Secretario Ejecutivo Comisión Nacional de Energía
- Sr. Álvaro Erazo Latorre, Intendente de la Región Metropolitana.
- Sr. Alejandro Smythe, Director Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana

C.C.

- Archivo Dirección Ejecutiva, CONAMA
- Archivo División Jurídica, CONAMA
- Archivo Depto. Control de la Contaminación, CONAMA





CONAMA  
METROPOLITANA  
DE SANTIAGO

ORD. AIRE N°1484/2008

ANT. : Of. Ord. N°81705, Dirección Ejecutiva, CONAMA.

MAT. : Nombra a representante para el Comité Operativo de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2,5.

Santiago, 28 de mayo de 2008



DE : ALEJANDRO SMYTHE ETCHEBER  
DIRECTOR  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
REGION METROPOLITANA DE SANTIAGO

A : ALVARO SAPAG RAJEVIC  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

A través del presente y en respuesta a su oficio del ANT., informo a usted que el Sr. Marcelo Fernández Gómez, Encargado del Área de Descontaminación Atmosférica, será representante de ésta Dirección Regional ante del Comité Operativo para la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2,5, así como también, oficiará de suplente el Sr. Roberto Martínez González, Profesional del Área de Descontaminación Atmosférica.

Aprovecho esta ocasión para confirmar la asistencia de nuestro representante a la reunión programada para el día 06/06/08 a las 09:00 hrs. en vuestras oficinas.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

ALEJANDRO SMYTHE ETCHEBER  
DIRECTOR  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
REGION METROPOLITANA DE SANTIAGO



c.c.: - Archivo Área Descontaminación Atmosférica, CONAMA RMS

ASE/MFS/pab



OF. ORD.: 600 /

ANT. : OF. ORD. N° 081705 de  
CONAMA de fecha 26.05.2008.

MAT. : Solicita representante.

SANTIAGO, 30 MAY 2007

**DE : SANTIAGO GONZALEZ L.  
MINISTRO DE MINERIA**

**A : SR. ALVARO SAPAG R.  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**

Mediante oficio citado en el Antecedente, la Comisión Nacional de Medio Ambiente, CONAMA, ha solicitado a esta Secretaría de Estado designar representante para integrar el Comité Operativo que contribuya en el proceso de elaboración de la norma de calidad para material particulado 2,5 (PM-2,5), iniciada en el año 2000 y pospuesta a la espera de los estudios técnicos que respaldaran su desarrollo.

Conforme a lo solicitado, me permito informar a usted que por parte de esta Secretaría de Estado, ha sido designado como representante oficial, la Sra. María de la Luz Vásquez, Encargada de la Unidad Ambiental y como reemplazante, la Sra. Sara Pimentel de la Comisión Chilena del Cobre. Cualquier información puede hacerla llegar al correo electrónico: [mvasquez@minmineria.cl](mailto:mvasquez@minmineria.cl); [spimente@cochilco.cl](mailto:spimente@cochilco.cl); o llamar al fono: 4733054.

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.,



REPUBLICA DE CHILE-MINISTERIO DE MINERIA  
**SANTIAGO GONZALEZ L.**  
Ministro de Minería

LMV/MVM

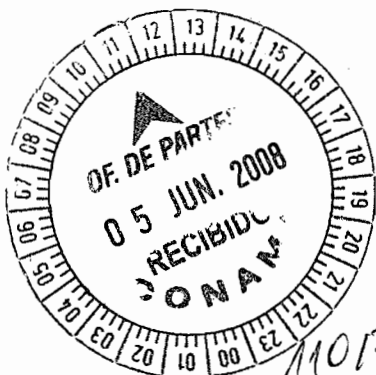
Distribución

1. Sr. Alvaro Sapag; Director Ejecutivo; Conama.
2. Sra. Verónica Barahona; Subsecretaria de Minería.
3. Sr. Eduardo Titelman; Vicepresidente Ejecutivo de Cochilco.
4. Unidad Ambiental.



GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARIA DE TRANSPORTES

000114



ORD DN N° 2340 /

ANT: ORD. N° 81705

MAT: Designación de representante oficial y su reemplazo, para ser parte del Comité Operativo que preparará anteproyecto de Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5.

Santiago, 28 de mayo de 2008

DE : SUBSECRETARIO DE TRANSPORTES  
A : DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

En relación al oficio citado en el antecedente, enviado el día 26 de mayo de 2008, en la que se solicita que se nombre a un representante oficial por parte del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, para que sea parte integrante del Comité Operativo que reactivará el proceso de elaboración del anteproyecto de la "Norma Primaria de Calidad para el Material Particulado Fino PM2.5", me permito informar a usted que ha sido designado oficialmente el Sr. Pablo Salgado Poehlmann, ingeniero de la División de Normas de esta Subsecretaría, para que integre el comité anteriormente señalado. En calidad de reemplazante se designó al Sr. Jaime Román Castillo, ingeniero de la misma División anteriormente señalada.

Sin otro particular, saluda atentamente a Ud.,

ALVARO  
HENRIQUEZ  
AGUIRRE

Digitally signed by ALVARO HENRIQUEZ AGUIRRE  
DN: CN = ALVARO HENRIQUEZ AGUIRRE,  
C = CL, L = SANTIAGO, S =  
METROPOLITANA, O = SUBSECRETARIA  
DE TRANSPORTES, OU = DIVISION  
ESTUDIO Y DESARROLLO  
Date: 2008.06.04 09:35:35 -0400

**ALVARO HENRÍQUEZ AGUIRRE**  
Subsecretario de Transportes (S)

ROBER  
TO  
SANTA  
NA  
MUÑOZ

RSM/PSP

c.c.:

- Interesado
- Gabinete Subsecretario de Transportes
- División de Normas (MTT)
- Oficina de Partes (MTT)



*HW*

GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO  
02.06.08 01811  
OFICINA DE PARTES

ORD.:

OFICINA DE PARTES

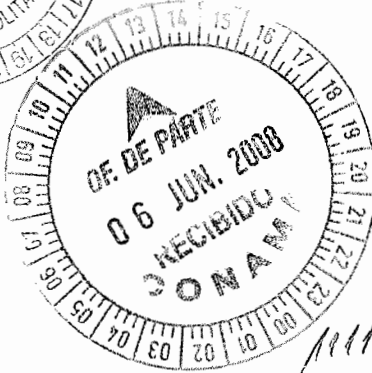
ANT.: OF. ORD. N° 081705 de fecha 26.05.2008 de CONAMA.

MAT.: Designa Representante Comité Operativo Norma Primaria de Calidad para MP 2,5.

GOBIERNO DE CHILE



008473



*1110*

DE: INTENDENTE REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO  
ALVARO ERAZO LATORRE

A: DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
ALVARO SAPAG RAJEVIC

Junto con saludarlo, informo a Ud. que he designado como representante de esta institución en el Comité Operativo para la elaboración Norma Primaria de Calidad para MP 2,5. a doña PAOLA GIANCASPERO FARIAS en calidad de titular y a don HECTOR OLIVO LILLO, en calidad de suplente.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted.

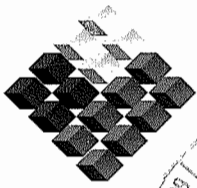


ALVARO ERAZO LATORRE  
INTENDENTE  
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

*[Signature]*  
PGB/CCM/PGF  
DISTRIBUCIÓN:

- Interesado.
- Departamento Jurídico, GORE
- Hector Olivo L, DIPLADE
- Paola Giancaspero F, Departamento Jurídico
- Oficina de Partes.

000116



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA

CNE OF. ORD. N° 0943 /



**ANT:** Oficio N° 081705 Norma Primaria de Calidad de Aire para Material Particulado Fino PM2.5.

**MAT:** Se pronuncia sobre lo que se indica.

**SANTIAGO,** 04 JUN 2008

**A: SR. ALVARO SAPAG RAJEVIC**  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

**DE: SR. RODRIGO IGLESIAS ACUÑA**  
SECRETARIO EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA

En atención a lo solicitado en el Oficio Ordinario del Antecedente, que informa sobre la reactivación del proceso de elaboración de Norma Primaria de Calidad de Aire para el Material Particulado Fino PM2.5, se comunica que se ha designado como representante oficial a la Sra.: Carolina Gómez Agurto, e-mail: [cgomez@cne.cl](mailto:cgomez@cne.cl), teléfono: 3656876 y como reemplazante al Sr.: Hernán Contreras Cortés, e-mail: [hcontreras@cne.cl](mailto:hcontreras@cne.cl), teléfono 3656876.

Se confirma también la asistencia en la primera reunión del 6 de junio del presente.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

  
**RODRIGO IGLESIAS ACUÑA**  
SECRETARIO EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA

  
RIA/DGD/JBO/CGA/vme

- Distribución:**
- 1.-CONAMA, Dirección Ejecutiva.
  - 2.-Archivo Secretaría Ejecutiva CNE.
  - 3.-Archivo Área Medio Ambiente y Energías Renovables, CNE.

**PROCESO DE ELABORACIÓN  
NORMA DE MATERIAL PARTICULADO 2,5**

**ACTA REUNIÓN N° 1 – COMITÉ OPERATIVO**

**FECHA REUNIÓN:** Viernes, 06 de junio de 2008

**LUGAR:** Dependencias de CONAMA – Teatinos N° 258.

**HORARIO:** de 09:00 a 11:30 hrs.

**ASISTENCIA**

<b>Asistentes</b>	<b>Institución</b>
J. Marie Verdugo	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
M° de la Luz Vasquez	Ministerio de Minería
Hernan Contreras	Comisión Nacional de Energía
Carolina Gomez	Comisión Nacional de Energía
Pablo Salgado	Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones
Paola Giancaspero	Intendencia Metropolitana
Fernando Farías	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Maritza Jadrijevic	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Daniela Caimanque	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Jaime Ugalde	CONAMA Nacional, Depto. Comunicaciones
Conrado Ravanal	CONAMA Nacional, División Jurídica
Alejandra Precth	CONAMA Nacional, División Jurídica
Carolina Riveros	CONAMA Nacional, Depto. Educación Ambiental y Participación Ciudadana

**INVITADOS**

<b>Asistentes</b>	<b>Institución</b>
1. Juan Escudero	ASESOR SEMAT-Ministerio de obras Públicas

**EXCUSAS**

<b>Asistentes</b>	<b>Institución</b>
1.	
2.	

**Coordinadora de la reunión:** Maritza Jadrijevic (CONAMA)

**Tabla**

En la reunión, se trataron los siguientes temas:

- **Saludos e Introducción de Alvaro Sapag - Director Ejecutivo de CONAMA**
- **Presentación a cargo de Maritza Jadrijevic - Jefa Area Control de la Contaminación Atmosférica de CONAMA.**

## **DESARROLLO DE LA REUNIÓN**

### **Saludos e Introducción del Director Ejecutivo de CONAMA**

El Director Ejecutivo, Alvaro Sapag, da la bienvenida a los integrantes del Comité Operativo de este anteproyecto de norma que fue priorizada en el año 1999, haciendo incapié en la importancia que otorga la CONAMA y el Cjo. Directivo a la elaboración de ésta norma. Por otra parte, hace una reseña histórica del proceso e indica las dudas y oposiciones que se presentaron en los años que se inició el proceso. Actualmente, se cuenta con estudios ya realizados que aportan información relevante, como también la existencia de soluciones tecnológicas, las que permiten pensar en un cronograma a corto, mediano y largo plazo.

Es tarea de todos generar un buen anteproyecto y discutir el tema a fondo, deteniéndonos en las observaciones de los distintos sectores y buscando las soluciones adecuadas.

### **Presentación a cargo de Maritza Jadrijevic. Resultados del Estudios de DICTUC**

El Estudio a presentar fue realizado por la División de Medio Ambiente del DICTUC, éste entrega como resultado principal, la evaluación social y económica de diferentes escenarios de norma de PM2.5, específicamente para tres niveles distintos (los propuestos por la OMS) y con distinta gradualidad en su aplicación. También se presenta una revisión de la normativa existente en otros países del mundo, se estiman los niveles de riesgo a que está sometida la población del país, e identifica las principales fuentes emisoras y las tecnologías de reducción disponibles, con sus costos asociados, entre otros aspectos.

El estudio recomienda avanzar en la regulación del PM2.5, en base a las siguientes conclusiones principales:

- La normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas, Internacionalmente, para PM2.5 se observan niveles de norma entre 20 y 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anual, aun cuando las recomendaciones de la OMS apuntan a un valor final de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio anual.
- Respecto al riesgo se concluye que debido a la inexistencia de un nivel umbral bajo el cual no se observen efectos negativos para la salud, se debe perseguir el objetivo de reducción de exposición de la población además de un límite máximo. Los riesgos de exposición de largo plazo son altos, y afectan a toda la población.
- Respecto a los beneficios, estos dependen de la cantidad de población expuesta, pero son similares a los costos de cumplimiento. Los costos de cumplimiento bajan en el tiempo, permitiendo una mejor relación Costo/ beneficio en el mediano plazo.
- Se observan altos beneficios en salud en zonas de mayor concentración poblacional como es el caso de la región Metropolitana.

Ante las Consultas,

- Juan Escudero plantea que el PM 2,5 se puede controlar a través de los planes y que efectivamente la baja de las partículas en la RM se debe a la gestión del PPDA, pero no se debe confiar en la relación que se podría dar con el PM 10.
- CONAMA - M.Jadrijevic expone que a nivel mundial, la tendencia es tener reglas claras y a nivel interno, los países protegen por igual a todos sus habitantes, por lo tanto Chile, no debe pensar sólo en los territorios que tienen algún plan.

- MINVU - J.M. Verdugo propone que se empiece a analizar desde ahora el tema económico de acceso a la tecnología adecuada, por ejemplo a través de un subsidio, y aspectos como los cambios en la forma de calefacción, combustibles.
- CONAMA - M.Jadrijevic informa que se está trabajando con CORFO en nuevas tecnologías y cambios relativos al tema de la calefacción.
- J.Escudero plantea que existen tareas que los planes pueden abordar, ya que no todo tiene que quedar establecido en las normas.

Fecha de la próxima reunión: **19 de Junio a las 09:30 hrs.**

En esa oportunidad DICTUC presentará el estudio "Análisis General del Impacto Económico y Social de la Norma Primaria de Material Particulado PM 2.5"





## **Reunión de Comité Operativo Norma de calidad primaria de Material Particulado Fino ( MP2.5)**

**6 de Junio de 2008**

Maritza Jadrijevic  
Jefe Área Control de la Contaminación Atmosférica




### **Antecedentes del proceso normativo**

- La Norma de Calidad Primaria de Material Particulado Fino PM<sub>2,5</sub>, fue incorporada en el Cuarto Programa Priorizado de Normas, según consta en el Acta del Consejo Directivo de CONAMA (26 de marzo de 1999, Acuerdo N° 99).

- Esta norma fue solicitada por el Ministerio de Salud y por la Dirección Regional de la CONAMA de la RM



## Fecha inicio proceso Normativo


**REPÚBLICA DE CHILE**  
**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**  
**DA INICIO A LA DICTACIÓN DE LA NORMA**  
**DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL**  
**PARTICULADO FINO: MP2,5.**

**GOBIERNO DE CHILE**  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Santiago, 19 de julio de 2000 EXENTA Nº: 0710

**VISTOS:**  
 Lo dispuesto en la Ley Nº19.300, sobre Bases del Medio Ambiente; lo prescrito en el Decreto Supremo 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y

**CONSIDERANDO:**  
 Que en sesión de 26 de marzo de 1999, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, aprobó el Cuarto Programa Priorizado de Normas, propuesto por su Director Ejecutivo. Que con fecha 15 de Abril de 1999 se publicó por aviso en extracto en el Diario Oficial el Cuarto Programa Priorizado de Normas.

Que de conformidad con lo preceptuado en el artículo 11º del Decreto Supremo 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, corresponde a esta Dirección Ejecutiva dictar la resolución pertinente que permita dar inicio al proceso de elaboración del anteproyecto de norma.

**RESUELVO:**

1º.- Iníciase el procedimiento de elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5.  
 2º.- Fórmese un expediente para la tramitación del proceso de elaboración de la referida norma.  
 3º.- Fijase como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre los contaminantes a normar, el día número 70, contado desde la fecha de publicación de la presente resolución en un diario o periódico de circulación nacional. Cualquier persona natural o jurídica podrá, dentro del plazo señalado precedentemente, aportar antecedentes técnicos, científicos y sociales sobre la materia a normar.  
 4º.- Publíquese la presente Resolución en el Diario Oficial y en un diario o periódico de circulación nacional.

Anótese, comuníquese, publíquese y archívese.  
**ADRIANA HOFFMANN JACOBY**  
 DIRECTORA EJECUTIVA

publicado e  
tarifas vige

1. Intercor  
Adecuación

Cargo

Uso de esp

Cargo

Uso de emi

Cargo

Conexión e

Cargo

2. Facilita

Cargo

3. Acceso

a la red

Cargo

4. Medid

Medición

Cargo

5. Telemón

Cargo

6. Inform

servicio

informació

Cargo

7. Inform

informació

Cargo

Nota: Vali

Proceso se  
inicio  
formalmente el  
7 agosto 2000

Lunes 7 de Agosto de 2000

## Comité Operativo

El Comité Operativo de la norma fue constituido por Acuerdo Nº 156/2000 del Consejo Directivo de la CONAMA:


- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Minería
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- Ministerio de Obras Públicas
- Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana
- Comisión Nacional de Energía
- Intendencia de la Región Metropolitana.

## Prórrogas efectuadas en el proceso

- Resolución Exenta N° 22 del 4 de enero del 2001
- Resolución Exenta N° 15 del 14 de enero del 2004
- Resolución Exenta N° 3708 del 29 de diciembre del 2006
- Resolución exenta N° 1818 del 2 de agosto del 2007.
- Resolución exenta N° 1293 del 18 de abril de 2008, amplía plazo hasta **30 de octubre de 2008**.

## Fundamentos para las ampliaciones de plazo

- Poca experiencia a nivel internacional en la regulación de PM2.5
  - Dos normas PM2,5 existentes en ese momento ( EEUU - NZ) y entrarían en vigencia desde el 2010.
- Con la norma vigente de PM10, era posible controlar y reducir la fracción fina, a través de:
  - medidas que apuntasen a la reducción de emisiones directas antropogénicas y a las emisiones de gases precursores de material particulado.
- Inexistencia en el país de antecedentes suficientes que permitieran conocer el estado de la contaminación por PM2,5, su origen y fuentes contaminantes. Por lo tanto, no era posible hacer una buena evaluación del impacto económico y social que tendría esta norma.
- Se consideró necesario establecer un programa de generación de información, invertir en equipamiento para medir PM2.5 y en capacitación.

  
SOFOFA

## INFORMATIVO DE LA INDUSTRIA

Señaló Estudio Encomendado por Sofofa:  
NO SE JUSTIFICA NORMA DE MATERIAL  
PARTICULADO EXTRAFINO EN EL PAIS

Boletín Area Medio Ambiente Nº14 Diciembre 2000

**Resumen**

Frente a la decisión anunciada por CONAMA, de dictar una norma de material particulado extrafino, de 2.5 micrones (MP2.5), SOFOFA encargó a la Consultora AMBAR recopilar y analizar los antecedentes existentes en el ámbito nacional e internacional relativo a esta normativa.


El Informe Final fue dado a conocer el pasado viernes 1º de diciembre y su principal conclusión es que en Chile no sería justificable dictar una norma de MP2.5, básicamente por las siguientes razones:

- 1) En el ámbito internacional esta normativa es prácticamente desconocida y los pocos países que la han adoptado establecieron plazos y condiciones que la hacen de muy difícil aplicación;
- 2) Los pocos países en el mundo que poseen una norma de MP2.5, tienen un ingreso per cápita seis veces superior al nuestro y, a pesar de ello, le resulta de muy difícil cumplimiento; y,
- 3) Dado que Chile ya cuenta con una norma de MP10 particuladamente estricta para la realidad del país, la que involucra también al MP2.5, lo que corresponde en el caso de Santiago es redoblar los actuales esfuerzos para elevar MP10, de acuerdo con lo dispuesto en el Plan de Descontaminación vigente.

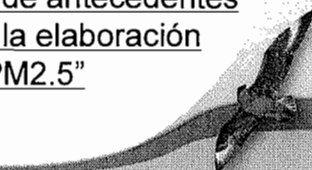
A continuación se exponen los principales antecedentes internacionales y recomendaciones aportados por el referido estudio.

**Experiencia Internacional en una norma de MP 2,5**

- Estados Unidos fijó en 1967 una norma anual de MP2.5 de 15 ug/m<sup>3</sup> y una norma diaria de 65 ug/m<sup>3</sup>, definida con un percentil 98 de las mediciones, (es decir, a lo menos el 98% de las mediciones debe cumplir la norma), promulgada en tres años, con una fecha máxima de cumplimiento para el año 2017. Esta norma está siendo impugnada ante la Corte Suprema y dentro de las objeciones que se le han formulado se señala que la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, no consideró en su elaboración factores tales como los costos, ni ha logrado justificar adecuadamente los niveles propuestos.



## Reactivación del proceso

- Se registran avances generados a nivel internacional en materias de regulación del material particulado fino PM2.5
  - Se cuenta con información sobre PM2.5 en algunas zonas del país.
  - Fines del 2006, la Dirección Ejecutiva de CONAMA decidió encargar el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5"
- 

## Antecedentes disponibles

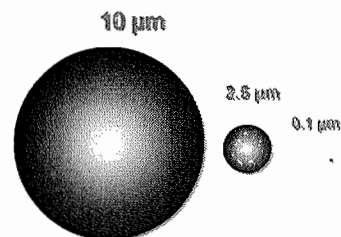
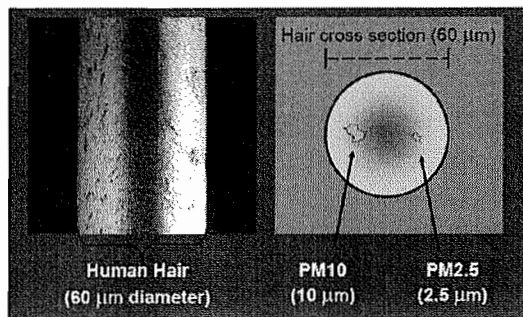
Estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5" fue realizado por la División de Medio Ambiente del DICTUC

### Principales resultados:

- Revisión de la normativa existente en otros países del mundo
- Recopilación de datos de calidad del aire en el país.
- Identificación de las principales fuentes emisoras.
- Las tecnologías de reducción disponibles, con sus costos asociados, entre otros aspectos.
- Niveles de riesgo a que está sometida la población del país
- La evaluación social y económica de diferentes escenarios de norma de PM2.5, específicamente para tres niveles distintos (los propuestos por la OMS) y con distinta gradualidad en su aplicación.

## Características del PM2.5

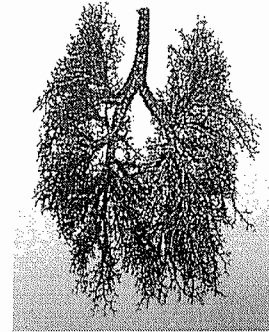
Son partículas líquidas o sólidas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones y constituyen un subconjunto del material particulado respirable PM10



## Características del PM2.5

- Penetran hasta los alvéolos pulmonares y las más pequeñas pueden ingresar hasta el torrente sanguíneo.

- Tiempo de vida en la atmósfera más largo (pueden ser transportadas largas distancias, cientos de kilómetros o permanecer varios días en el aire).

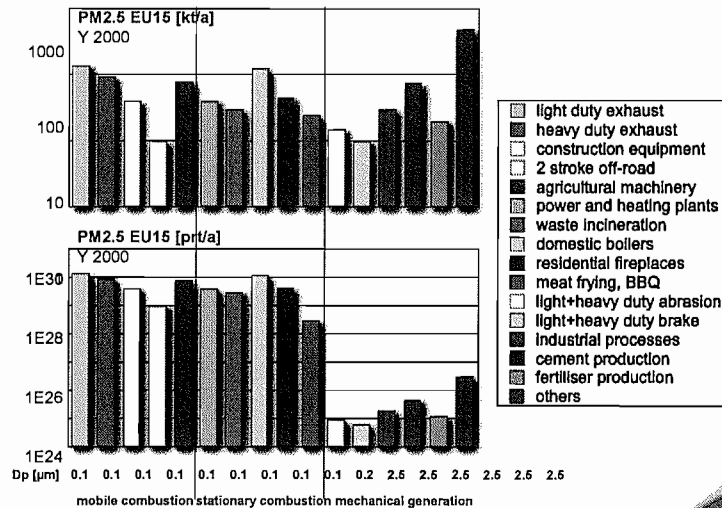


- **El PM2.5 primario** proviene principalmente de las emisiones de combustión de fósiles y de biomasa (motores diesel, quema de leña, etc.) y polvo natural.

- **El PM2.5 secundario** se origina por la transformación química de emisiones gaseosas tales como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y VOCs

## Características del PM2.5

- Su composición química es muy diversa y varía en cada lugar según el tipo de fuente presente.



## Normativa Internacional

### Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado

#### Concentraciones Anuales:

Guías y Objetivos	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Fundamento del nivel elegido
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	70	35	Estos niveles están asociados con un <u>riesgo de mortalidad a largo plazo</u> alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	50	25	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2-11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	30	15	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP2,5.

## Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado

### Concentraciones de 24 horas – percentil 99 anual

Guías y Objetivos	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Fundamento del nivel elegido
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	150	75	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta-análisis (incremento de alrededor del 5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	100	50	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta-análisis (incremento de alrededor del 2,5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-3 (OI-3)***	75	37,5	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta-análisis (incremento de alrededor del 1,2% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Guía de calidad del aire (GCA)	50	25	Basado en la relación entre los niveles de MP de 24 horas y anuales.

## USA 1996

Contaminante	Estándar primario µg/m <sup>3</sup>	Tiempo promedio	Estándar secundario
PM10	50	Anual promedio aritmético	--
	150	24-h <sup>(1)</sup>	--
PM2.5	15	Anual <sup>(2)</sup> Promedio aritmético	Igual al primario
	65	24-h <sup>(3)</sup>	--

(1) – No se debe exceder más de una vez al año en promedio durante 3 años.

(2) – Para lograr este estándar, el promedio de 3 años del promedio anual ponderado de PM2.5 de monitores simples o múltiples orientados a comunidades, no debe exceder los 15 µg/m<sup>3</sup>.

(3) – Para lograr este estándar, el promedio de 3 años del percentil 98 de las concentraciones de 24-h en cada monitor orientado a poblaciones dentro de un área, no debe exceder los 35 µg/m<sup>3</sup>.



## USA 2006

Contaminante	Estándar primario µg/m <sup>3</sup>	Tiempo promedio	Estándar secundario
PM10	Revocado <sup>(1)</sup>	Anual <sup>(1)</sup> Promedio aritmético	
	150	24-h <sup>(2)</sup>	
PM2.5	15	Anual <sup>(3)</sup> promedio aritmético	Igual al primario
	35	24-h <sup>(4)</sup>	

- (1) – Debido a la falta de evidencia ligando problemas en salud por exposición de largo plazo a PM grueso, la EPA revocó el estándar anual para PM10 en 2006.  
 (2) – No se debe exceder más de una vez al año en promedio durante 3 años.  
 (3) – Para lograr este estándar, el promedio de 3 años del promedio anual ponderado de PM2.5 de monitores simples o múltiples orientados a comunidades, no debe exceder los 15 µg/m3.  
 (4) – Para lograr este estándar, el promedio de 3 años del percentil 98 de las concentraciones de 24-h en cada monitor orientado a poblaciones dentro de un área, no debe exceder los 35 µg/m3.

17

## California (USA) 2002

Reporte de la Agencia de Protección Ambiental del estado de California, basados en revisiones de la US EPA actualizó niveles de PM en el 2002:

Norma	PM10 (ug/m3)	PM2.5 (ug/m3)
Anual	30 -> 20	12
Diario	50	25

## México 2005

Secretaria de Salud de México modificó la norma Oficial Mexicana en el 2005:

	<b>PM10 (ug/m3)</b>	<b>PM2.5 (ug/m3)</b>
<b>Anual</b>	<b>50</b>	<b>15</b>
<b>Diario</b>	<b>120</b>	<b>65</b>

19

## Canadá 2000

Canada-wide Standards for Particulate Matter (PM) and Ozone" del Consejo canadiense de Ministros del Medio Ambiente (2000) establece norma para TSP y recomiendan valores anuales de la US EPA:

	<b>TSP (ug/m3)</b>	<b>PM10 (ug/m3)</b>	<b>PM2.5 (ug/m3)</b>
<b>Anual</b>	<b>70</b>	<b>50</b>	<b>15</b>
<b>Diario</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>50</b>

20

# Unión Europea

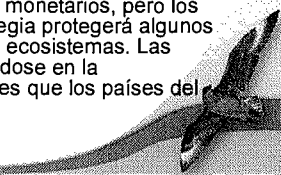
Fecha de promulgación: 14 de abril de 2008

- La Directiva obliga a los 27 Estados miembros a reducir la exposición a PM2.5 en zonas urbanas, en una media del 20% de aquí al año 2020, partiendo de los niveles de 2010, y se obliga a situar los niveles por debajo de 20ug/m3 al 2015.
- Los Estados miembros habrán de cumplir el valor límite de 25ug/m3 de PM2.5 en todo su territorio. Ese valor deberá alcanzarse de aquí a 2015 o, si es posible, ya en 2010.
- Otorga mayor flexibilidad para ajustarse a las normas de calidad del aire en zonas en que el cumplimiento resulte difícil:
  - La norma de PM10 podrá diferirse tres años tras la entrada en vigor de la Directiva (a mediados de 2011)
  - Y para dióxido de nitrógeno y benceno, por un período máximo de cinco años (2010-2015)
 Esto aplica siempre y cuando se integre la normativa comunitaria pertinente, como la prevención y el control de la contaminación y que se adopten todas las medidas de reducción oportunas.
- La Directiva incluye una lista de medidas que han de tenerse en cuenta.



# Unión Europea

- Los beneficios en Salud superan al menos en 5 veces el valor de los costos
- La Comisión desarrolló una estrategia con una ambiciosa meta para proteger la salud y el medio ambiente a ser alcanzada al 2020.
- La Comisión busco la solución mas costo efectiva consistente con el objetivo de crecimiento y empleo y la estrategia de desarrollo sustentable de la UE.
- La estrategia reducirá las muertes prematuras por MP y O3 de 370.000 del año 2000 a 230.000 en el año 2020.
- Se estimó que la estrategia tendrá 42 billones de Euros por año de beneficios en salud (disminución de muertes prematuras, admisiones hospitalarias, mejora de la productividad laboral).
- El costo de la implementación de la estrategia 7.1 billón de euros al año , lo que equivale al 0.05% del PIB de la UE (25) in 2020
- No hay forma de expresar el daño al ecosistema en términos monetarios, pero los beneficios ambientales son también significativos . La estrategia protegerá algunos cientos de miles de kilómetros cuadrados de bosques y otros ecosistemas. Las compañías europeas tendrán ventajas competitivas focalizandose en la investigación y desarrollo de tecnologías menos contaminantes que los países del tercer mundo tendrán que adoptar eventualmente



## Resumen de Normativa Internacional para PM2.5 (fines de 2007)

País	Año aplicación	Nivel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				Referencia
		PM10		PM 2.5		
		24-h	anual	24-h	anual	
EE.UU.	1996	150	50	65	15	(EPA 1997)
	2006	150	revocada	35	15	(EPA 2006)
Canadá	2010	120*	70*	30	15**	(Canadian Council of Ministers of the Environment 2000)
Newfoundland y Labrador, Canadá	2000	50	no hay	25	no hay	(Newfoundland and Labrador Government 2004)
California, EE.UU.	2002	50	20	25	12	(California Environmental Protection Agency 2002)
Ecuador	2003	150	50	65	15	(Ministerio del Ambiente de Ecuador 2003)
Australia	2004	50	no hay	25	8	(National Environment Protection Council of Australia 2003)
México	2005	120		65	15	(Secretaría de Salud de México 2005)
OMS	2005	50	20	25	10	(World Health Organization 2005)
		150	70	75	35	
		100	50	50	25	
		75	30	37,5	15	
Unión Europea	1999	50	40			(Commission of the european communities 2005)
	2010-2015	50	20		25	
	2020				20	

## Concentraciones de PM2.5 en el País

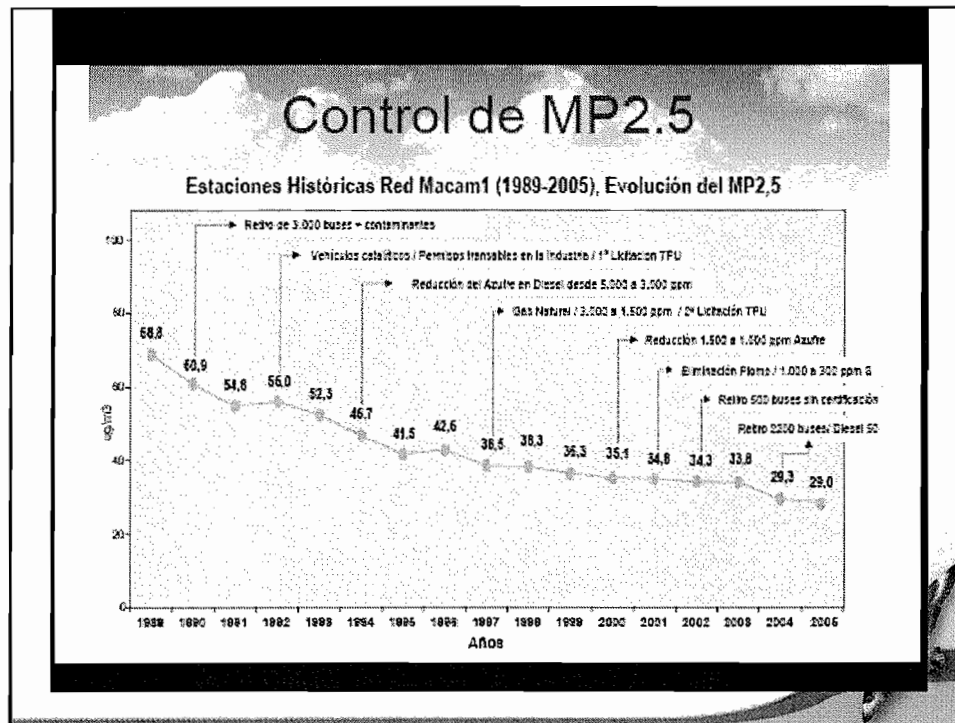
Promedios anuales y  
Percentil 98 para valor diario

Ciudad	Año	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Percentil 98 Ug/m <sup>3</sup>	Observaciones
Arica	2005	14,55	36	Mediciones cada 3 días
Iquique	2005	18,19	35	Mediciones cada 3 días
Concón	2003	18,34	39,6	Mediciones cada 3 días
	2004	17,76	41,7	Mediciones cada 3 días
	2003	15,13	35,4	Mediciones cada 3 días
Talca	2004	14,88	37,42	Mediciones realizadas durante el mes de Diciembre, cada 2 días
	2005	22,77	76,56	Mediciones realizadas entre 2 Enero y 28 Noviembre, cada 2 días
Temuco	1998	36,61	84	Mediciones realizadas entre 2 de enero y 29 Diciembre
	1999	26,81	92	Mediciones realizadas entre 20 Julio y 31 Diciembre
	2000	23,38	65,00	Mediciones realizadas entre 8 Enero y 25 Abril
	2002	48,71	107,10	Mediciones realizadas entre 2 Mayo y 23 Agosto
Osorno	2001	24,7	132,3	Uso de Gravimetría Dicotómica
		33,11	202,1	Uso Metodo Harvard Impactor (10 Agosto al 19 Diciembre)
Coyhaique	2002	109,14	255,4	Mediciones realizadas entre 18 Julio y 30 Septiembre
	2003	90,63	190,8	Mediciones realizadas entre 18 Julio y 30 Septiembre
	2004	108,28	287,1	Mediciones realizadas entre 18 Julio y 30 Septiembre

\* En Rojo los valores que superan la norma de Estados Unidos

Talcahuano, Estación Libertad	2000	17,29	40,11	Mediciones realizadas entre 2 Junio y 31 Diciembre, continua
	2001	19,37	55,11	Medición continua
	2002	19,85	49,38	Medición continua
	2003	22,49	56,14	Medición continua
	2004	23,95	67,12	Medición continua
	2005	23,1	53,19	Medición continua
Talcahuano, Estación San Vicente	2006	21,84	49,03	Mediciones realizadas entre 1 Enero y 19 Abril, continua
	2000	8,49	35,04	Mediciones realizadas entre 12 Septiembre y 31 Diciembre
	2001	19,45	76,51	Medición continua
	2002	21,2	65,23	Medición continua
	2003	20,04	69,04	Medición continua
	2004	23,37	80,01	Medición continua
	2005	20,96	67,15	Medición continua
2006	14,04	43,86	Mediciones realizadas entre 1 Enero y 19 Abril	

\* En Rojo los valores que superan la norma de Estados Unidos



Disponibilidad de monitoreo continuo de M2.5 a partir de 2008 en

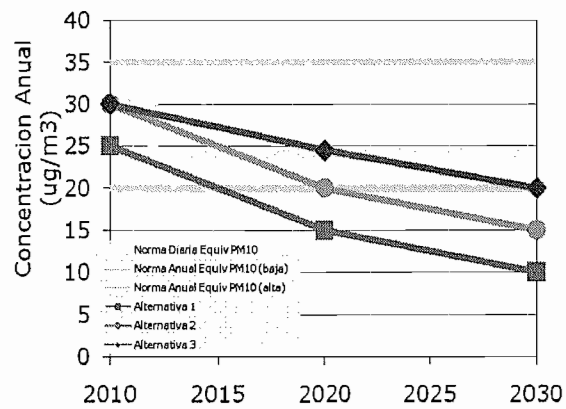
- Viña de Mar
- San Felipe
- Rancagua
- Chillán
- Concepción
- Talcahuano
- Valdivia y Osorno
- Temuco ( 2 estaciones)

Ya se está monitoreando en

- Región metropolitana
- Talca
- Talcahuano

## Análisis de escenarios

### Alternativas Propuestas para el Análisis



La norma propuesta debiera seguir los siguientes criterios

- Proteger la salud de la población
- Ser factible de alcanzar en un plazo razonable
- No imponer costos imposibles de solventar por la sociedad

En algunos casos la norma puede no ser activa, dependiendo del comportamiento de las concentraciones anuales/diarias de PM10

## Conveniencia social de la implementación de un estándar de PM25 en Chile

### Criterios:

- Nivel de riesgo asociado a cada estándar
- Costos y Beneficios sociales asociados a la implementación del estándar

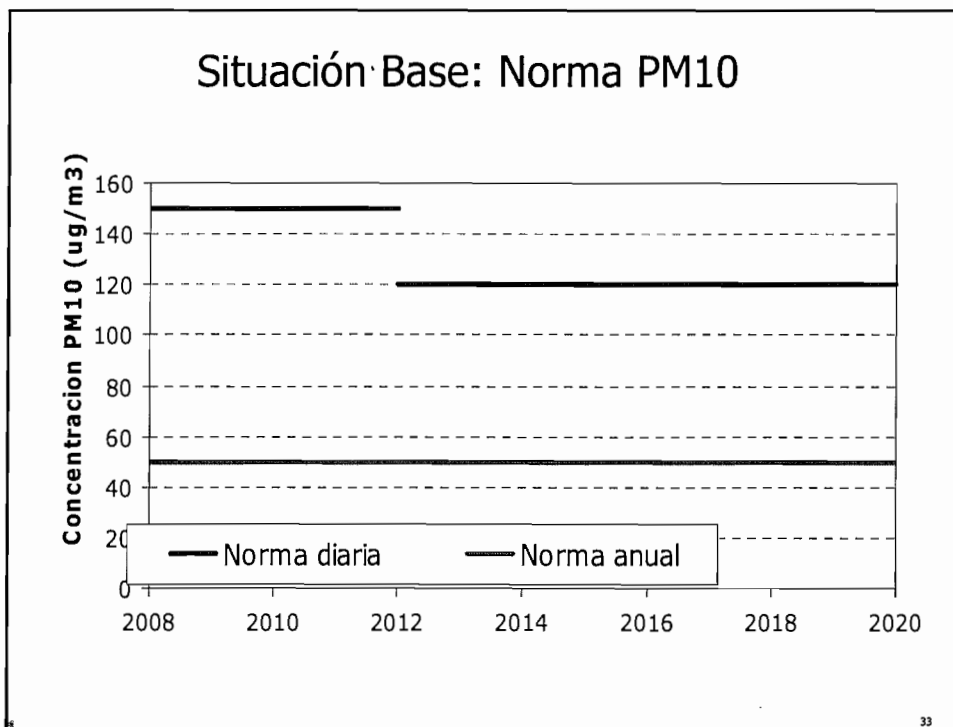
### Alcances:

- Se considera la información existente tanto nacional como internacionalmente.
- Para el análisis aplicado, se focalizará en las siguientes localidades Región Metropolitana, Concepción, Temuco y Padre las Casas, Tocopilla

### Criterios para definir los niveles

- El valor de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual, es el valor más bajo sobre el cual se han observado efectos y es el valor que propone como la OMS.
- Las reducciones anuales máximas de PM2.5 que se han registrado en Chile son de un 5% anual (entre 1989 y 2000 fue de 6.3% en la RM).
- La norma diaria de PM10, que deberá bajar a  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 2012 (si es que no se cuenta con una norma para PM2.5), impone una norma implícita de PM2.5 de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  :
  - Se supone una relación PM2.5/PM10 de 0,6
  - La razón entre el percentil 98 y la media anual de 3.






### Alternativas Propuestas para el Análisis

año	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
	Nivel (ug/m <sup>3</sup> )	% reducción	% por año	Nivel (ug/m <sup>3</sup> )	% reducción	% por año	Nivel (ug/m <sup>3</sup> )	% reducción	% por año
2010	25			30			30		
2020	15	40.0%	5%	20	33.3%	4.0%	24.5	18.3%	2.0%
2030	10	33.3%	4.0%	15	25.0%	2.8%	20	18.4%	2.0%

## Conclusiones

- Normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas.
- Internacionalmente, para PM2.5 se observan niveles de norma entre 20 y 15 ug/m3 anual, aun cuando las recomendaciones de la OMS son 10 ug/m3 promedio anual

Con respecto a riesgos

- Debido a no existencia de umbral, se debe perseguir el objetivo de reducción de exposición de la población, además de un limite máximo.
  - Riesgos de exposición de largo plazo son altos, y afectan a toda la población, justificando niveles entre los mas bajos observados en las normas internacionales
- 

## Conclusiones

Con respecto a costos y beneficios de cumplimiento

- Beneficios dependen de la población expuesta, pero son similares a los costos de cumplimiento
- Costos de cumplimiento bajan en el tiempo, permitiendo una mejor relación costos/beneficio en el mediano plazo

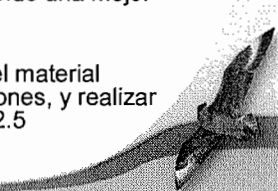
Con respecto al control de PM2.5 o PM10

- Falta información de background, de composición del material particulado, para relacionar emisiones y concentraciones, y realizar análisis comparativo de reducciones de PM10 o PM2.5

Con respecto a costos y beneficios de cumplimiento

- Beneficios dependen de la población expuesta, pero son similares a los costos de cumplimiento
- Costos de cumplimiento bajan en el tiempo, permitiendo una mejor relación costos/beneficio en el mediano plazo

Con respecto al control de PM2.5 o PM10

- Falta información de background, de composición del material particulado, para relacionar emisiones y concentraciones, y realizar análisis comparativo de reducciones de PM10 o PM2.5
- 

## Recomendaciones Finales

- La evidencia epidemiológica muestra, con un gran grado de certeza, que el impacto del PM2.5 es mas alto que el de la fracción gruesa
- Parece adecuado controlar específicamente la fracción fina
- Por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de normalidad de PM2.5. O al contrario, **no hay ningún justificación para no hacerlo.**

## Programa de Trabajo

Actividades	Mayo		Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre		
	s19-23	s20-31	s1-8	s9-13	s16-20	s23-27	s30-4	s7-11	s14-18	s21-25	s28-1	s4-8	s11-14	s18-22	s25-29	s1-5	s8-12	s15-17	s23-28	s3-10	s13-13	s20-24	s27-31	s3-8	s10-14	s17-21	s24-28	s1-5	
Observaciones informales final DICTUC		31																											
Primera reunión CO Antecedentes del proceso Normativo Propuesta de plan de trabajo			6																										
Segunda reunión CO Presentación Estudio DICTUC					19																								
Tercera Reunión C.O. Discusión principales componentes del anteproyecto							3																						
Cuarta Reunión C.O. Borrador de Anteproyecto Discusión								17																					
Elaboración de AGIES							X	X	X	X	X	X																	
Quinta Reunión CO: Acuerdo Anteproyecto												7																	
Publicación Anteproyecto en el DO													18																
Publicación en Periódico de circulación nacional														24															
Consulta Pública															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Análisis de Observaciones y Elaboración de Proyecto Definitivo																													
Presentación Consejo Directivo																									X	X			

Lista de Asistentes 1° reunión Comité Operativo

Norma PM2.5

Viernes 6 de Junio 2008

Teatinos 258, 5° p. Conama

N°	Nombre	Cargo	Institución	Teléfono	e-mail
1	Paola Giorgospero F	Abogada Pedro km6	Intendencia	2509131	pgianaspel@gobiernosantiago.cl
2	Alejandro Pracht	Abogado	Conama	2405750	aprecht@conama.cl
3	Conrado Rovaucel	Abogado	CONAMA	2405624	cirvaual@conama.cl
4	Juan Carlos Valderrama	Medio Ambiente	MINVU	3513631	juvalder@minvu.cl
5	DE LA LUZ VASQUEZ	ENCARGADA	AV. AMEREA	4734049	mvvasquez@minvueria.cl
6	HERNAN CONTRERAS C.	AREA MEDIO AMBIENTE	COM. NACIONAL ENERGIA	3656876	hcontreras@cne.cl
7	ANNE UGALDE	Periodista	COMSONS	2405705	juvalde@conama.cl
8	Candina Gomez A	Area Publico Ambiente y Emergencias	CNE	3656876	csgomez@cne.cl
9	CAROLINA RIVEROS	PROF. DUFRAC	CONAMA	2405797	criveros@conama.cl
10	Daniela Carmona	AREA ATENC. DE LA COMUNITARIA	CONAMA	2408611	dcarmona@conama.cl
11	Juan Escudero	Asesor SECHT - MOP	CHOP	4494008	juan.escudero@mop.gob.cl

000000

12	Pablo Salgado P.	DIN. NORMAS MIN. TRANSPORTES	MINISTRATÓZ	4213427	psalgado@mtt.cl.
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

## Maritza Jadrijevic Girardi

---

**De:** Ana Maria Silva Rodríguez [ana.silva@asrm.cl]  
**Enviado el:** Miércoles, 11 de Junio de 2008 03:06 p.m.  
**Para:** Maritza Jadrijevic Girardi  
**CC:** "Roberto Belmar Erpel"@test.conama.cl; "Roberto Condori Castro"@test.conama.cl; =?iso-8859-1?Q?Victor\_Berrios\_Sep=FAveda?=@test.conama.cl; "Hugo Unda Diaz"@test.conama.cl  
**Asunto:** PARTICIPACION SEREMI R.M. EN NORMA PM 2.5  
**Importancia:** Alta

000141

Sra.  
Maritza Jadrijevic  
Depto. de Control de Contaminación  
CONAMA  
Presente

Por indicación del Seremi de Salud R.M., Dr. Roberto Belmar Erpel, y en relación a Ord. 81705 de fecha 26 de mayo de 2008, en que solicitan representación institucional para elaboración de Proyecto Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM 2.5, informo a usted que los nominados son:

Roberto Condori - Jefe Sub Depto. Calidad del Aire - rcondori@asrm.cl - como titular  
Víctor Berrios - Jefe Red de Monitoreo Calidad del Aire - vberrios@asrm.cl - como suplente

Como así considerar para informaciones a :

Dr. Roberto Belmar E. - Seremi de Salud R.M. - roberto.belmar@asrm.cl  
Dr. Hugo Unda D. - Jefe de Gabinete Seremi de Salud R.M. - hugo.unda@asrm.cl

Saluda atentamente a usted,

Ana María Silva R.  
Asistente  
Seremi de Salud RM  
Padre Miguel de Olivares 1229 - 2° piso  
Fono: 3992608



11480

000142

1651

ORD.: N° \_\_\_\_\_ /

ANT.: OF. N° 081705, del 26 de Mayo de 2008

MAT.: Designa representantes del Ministerio para integrar el Comité Operativo de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2,5

SANTIAGO, 12 JUN. 2008

DE : SERGIO BITAR CHACRA  
MINISTRO DE OBRAS PÚBLICAS

A : ALVARO SAPAG RAJEVIC ✓  
DIRECTOR EJECUTIVO COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Con relación a la solicitud contenida en el oficio del Antecedente, me es grato designar como Representante Oficial del Ministerio de Obras Públicas en el Comité Operativo de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2,5 al señor Pablo Badenier Martínez, quien se desempeña actualmente como Secretario Ejecutivo de Medio Ambiente y Territorio de este Ministerio.

Sus datos son los siguientes:

Dirección: Morandé 59, oficina 411, Santiago  
Teléfono: 052- 4494002  
Correo electrónico: [pablo.badenier@mop.gov.cl](mailto:pablo.badenier@mop.gov.cl)

También designo como su reemplazante al Sr. Juan Escudero Ortúzar, quien se desempeña como asesor en la misma Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente.  
Sus datos son los siguientes:

Dirección: Morandé 59, oficina 411, Santiago  
Teléfono: 052- 4494008  
Correo electrónico: [juan.escudero@mop.gov.cl](mailto:juan.escudero@mop.gov.cl)

Saluda atentamente a usted



SERGIO BITAR CHACRA  
Ministro de Obras Públicas

VºBº SEMAT  
PABLO BADENIER M.

PBM/JEO/gcb

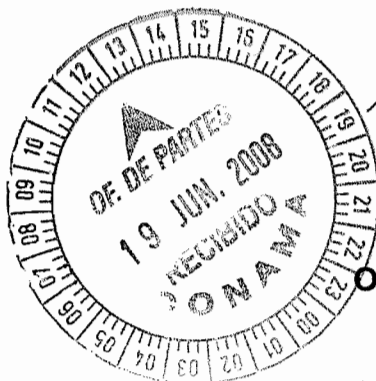
**DISTRIBUCIÓN:**

- Sr. Director Ejecutivo CONAMA Nacional
- SEMAT
- Of. Partes Subsecretaría

Proceso N° 21533811



Morandé 59, piso 6, Santiago | Chile  
Teléfono (56-2) 449 3002 |



000143

11984

0727

ORD. N° \_\_\_\_\_ /

**ANT.:** OF. ORD. D.E. N° 081705, con fecha 26 mayo 2008.

**MAT.:** Nominación representante ante Comité Operativo de Norma Primaria de Calidad para Material Particulado PM 2.5.

**SANTIAGO,** 18 JUN. 2008

**DE : SRA. MINISTRA DE VIVIENDA Y URBANISMO.**

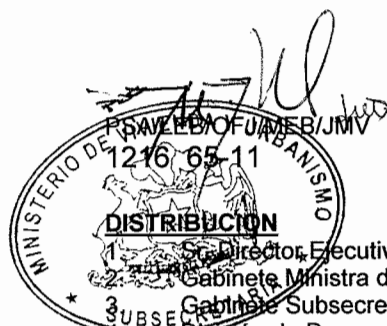
**A : SR. DIRECTOR EJECUTIVO COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE.**

Junto con saludarlo, y en respuesta a su oficio del Antecedente, me es grato informar a usted que será el Jefe de División de Desarrollo Urbano de este Ministerio, Sr. Luis Eduardo Bresciani Lecannelier, el representante oficial para la coordinación sectorial de la participación de este Servicio en la elaboración de normas secundarias de calidad ambiental. Como suplente oficiará la Sra. Jeanne Marie Verdugo O., profesional de esa División.

Saluda atentamente a Ud.,



**PATRICIA POBLETE BENNETT**  
MINISTRA DE VIVIENDA Y URBANISMO



1. Sr. Director Ejecutivo - CONAMA.
2. Gabinete Ministra de Vivienda y Urbanismo
3. Gabinete Subsecretaría de Vivienda y Urbanismo
4. División de Desarrollo Urbano
5. Depto. de Planificación Urbana D.D.U.
6. Archivo Medio Ambiente D.D.U.





GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

000144

OF. ORD. N° 081987/

ANT.: Of. Ord. N° 81705, de fecha 26 de mayo  
2008.

MAT.: Invita a Segunda Reunión de Comité  
Operativo de la Norma Primaria de Calidad para  
Material Particulado Fino PM2.5

SANTIAGO, 18 JUN. 2008

DE: HANS WILLUMSEN ALENDE  
JEFE DEPARTAMENTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

A: SEGÚN DISTRIBUCIÓN

Mediante el presente, invito a usted a la segunda reunión de Comité Operativo de la *Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5*, a realizarse el día 19 de Junio de 2008, desde las 9:30 hasta las 12:00 hrs., en dependencias de CONAMA Teatinos N° 258, 2° piso, Santiago Centro.

Los temas a tratar son:

- Resultados y conclusiones del estudio "Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", presentado por la consultora DICTUC.
- Próximos pasos.
- Fecha próxima reunión y temas a debatir.

Esperando su asistencia, se despide atentamente de usted

HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

HWAV/S/MJG/DEF/aat

000145

Distribución:

- Sr. Hugo Lavados Montes, Ministro de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Sra. María Soledad Barria, Ministra de Salud
- Sra. María de la Luz Vásquez, Representante Titular, Ministerio de Minería
- Sr. Pablo Badenier, Representante Titular, Ministerio de Obras Públicas
- Sra. Jeanne Marie Verdugo, Representante Titular, Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- Sr. Pablo Salgado, Representante Titular, Subsecretaría de Transportes
- Sr. Roberto Condori, Representante Titular, Seremi de Salud Región Metropolitana
- Sra. Carolina Gomez, Representante Comisión Nacional de Energía
- Sra. Paola Giancaspero, Representante Titular, Intendencia de la Región Metropolitana.
- Sr. Marcelo Fernández, Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana

c.c.:

- División Jurídica, CONAMA
- División de Evaluación y Seguimiento Ambiental, CONAMA
- Educación Ambiental y Participación Ciudadana, CONAMA
- Archivo Dirección Ejecutiva, CONAMA
- Archivo Dpto. Control de la Contaminación, CONAMA

**PROCESO DE ELABORACIÓN  
NORMA DE MATERIAL PARTICULADO 2,5**

**ACTA REUNIÓN N° 2 – COMITÉ OPERATIVO**

**FECHA REUNIÓN:** Viernes, 19 de junio de 2008

**LUGAR:** Dependencias de CONAMA – Teatinos N° 258.

**HORARIO:** de 09:00 a 11:30 hrs.

**ASISTENCIA**

Asistentes	Institución
J. Marie Verdugo	MINVU
Maria de la Luz Vazquez	MINISTERIO DE MINERIA
Walter Folch	MINSAL
Roberto Condori	SEREMI DE SALUD RM
Pablo Salgado	SUBSECRETARIA DE TRANSPORTE
Hector Olivo	GOBIERNO REGIONAL – INTENDENCIA
Hernan Contreras	COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
Carolina Gomez	COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA
Mayo Rodriguez	DICTUC
Cristobal de la Maza	DICTUC
Luis Cifuentes	DICTUC
Alvaro Sapag	CONAMA Nacional, Director Ejecutivo
Fernando Farías	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Maritza Jadrijevic	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Daniela Caimanque	CONAMA Nacional, Depto. Control de la Contaminación
Jaime ugalde	CONAMA Nacional, Depto. Comunicaciones
Conrado Ravanal	CONAMA Nacional, División Jurídica
Alejandra Precth	CONAMA Nacional, División Jurídica
Carolina Riveros	CONAMA Nacional, Depto. Educación Ambiental y Participación Ciudadana

**INVITADOS**

Asistentes	Institución
1. Juan Escudero	ASESOR SEMAT-Ministerio de Obras Públicas

**EXCUSAS**

Asistentes	Institución
2.	

**Coordinadora de la reunión:** Maritza Jadrijevic (CONAMA)

**Tabla**

- **Presentación del Estudio de DICTUC**

**DESARROLLO DE LA REUNIÓN**

**Presentación del Estudio “Análisis General del Impacto Económico y Social de la Norma Primaria de Material Particulado PM 2.5” de DICTUC a cargo del Dr. Luis Cifuentes (consultor).**

El objetivo general del Estudio fue evaluar la conveniencia social de adoptar una norma de calidad primaria para el material particulado fino (PM2.5) adicional a la actual norma de PM10, que rige en el país, analizando el nivel y el plazo de cumplimiento de esta norma.

El alcance del estudio consideró la información existente tanto nacional como internacional. Para el análisis aplicado, se focalizó en las siguientes localidades: Región Metropolitana (Santiago), Concepción, Temuco y Padre las Casas, Tocopilla y se ha extrapolado a todo Chile.

Las Normativas internacionales consideradas fueron los Valores Guía de la Organización Mundial de la Salud, Estados Unidos, California, México, Ecuador, Australia, Canadá - Normativa de Newfoundland y Labrador, Unión Europea.

Las alternativas a evaluar son:

Alternativa 1: Meta de 25 µg/m<sup>3</sup> en 2010 , 15 µg/m<sup>3</sup> en 2020 y de 10 µg/m<sup>3</sup> en 2030

Alternativa 2: Meta de 20 µg/m<sup>3</sup> en 2020 y de 15 µg/m<sup>3</sup> en 2030

Alternativa 3: Definida por una reducción anual constante de 2% anual

En cuanto al nivel de decisiones, es importante definir un promedio diario o anual, en relación al plazo de cumplimiento, por ello, el estudio aconseja una implementación gradual de las exigencias de la norma.

- En relación a las tasas de mortalidad que se presentan en el estudio, en función de la ciudad de Tocopilla, Patricia Matus (CENMA), observa que se deben revisar las tasas reales ya que se produce una inestabilidad en ellas, al ser el denominador muy pequeño, escapándose de las estadísticas en función a las de la ciudad de Santiago. Plantea que hay que estandarizar el porcentaje de la población total.
- Al respecto, J. Escudero (MOPTT), expone que en el hospital de Antofagasta, se realizó un estudio, en donde se verificó que personas del interior de la región sometidas a Arsénico iban a morir a otros lugares.

En función a la elaboración de una norma diaria o anual, el consultor plantea que se debe tener mayor preocupación en la reducción a largo plazo y de bajar los niveles basales, por lo tanto, es mejor una norma anual, poniendo énfasis en las medidas estructurales y no en los episodios críticos.

- Al respecto, J. Escudero (MOPTT) consulta sobre si estaría suponiendo que el MP 2,5 sería constante.
- El consultor responde que se tiene conocimientos de que no es constante, pero los resultados no serían tan distintos, a pesar de la heterogeneidad situacional.
- J. Escudero (MOPTT) considera que sería bueno calificar el fenómeno, a lo menos entre invierno y verano por dar un ejemplo.
- El consultor plantea que se norma en MP 2,5, pero no se sabe bien que hay detrás de él. Actualmente no existen normas de componentes individuales.

## PROGRAMA PRIORIZADO DE NORMAS AMBIENTALES - CONAMA 2008

- W. Folch (MINSAL) plantea que una norma diaria de MP 2,5, sería importante en función del comportamiento cíclico de este contaminante.
- Al respecto, el consultor expresa que los antecedentes no dicen en qué niveles altos de PM 2,5 se tenga una curva dosis-respuesta que se dispare. El énfasis podría estar puesto en que una norma diaria fuera un indicador de alerta.
- M.Jadrijevic (CONAMA) expresa que las dos metas son importantes y que es la gestión la que hace la diferencia.
- J.M. Verdugo (MINVU) plantea que en relación al tema de las decisiones políticas, hay que tener fundamentos acerca de las medidas que estas implican. El supuesto es muy importante para las decisiones que se tomen, y necesariamente se debe lidiar ante la falta de información, lo que influye en la extrapolación al resto de las ciudades del país.

En relación al MP 2,5 el consultor expone que éste varía mucho geográficamente y por países.

- Al respecto C.Gloria Contreras (CONAMA) expresa que los efectos siempre están y lo que varía es el nivel de toxicidad.
- P. Matus (CENMA) plantea que hay efectos distintos por la composición del MP 2,5 y que no se ha estudiado toda la matriz. Hoy por ejemplo, sabemos de la muertes y estas quedan asociadas a la masa.

En función del tema de los beneficios, el consultor plantea que si bien se debe mirar el beneficio neto, la decisión se debe tomar mirando los riesgos.

- C.Gloria Contreras (CONAMA) consulta cómo explicar los costos y beneficios en ciudades con calidad aceptable, cómo analizar económicamente esa situación.
- J.M. Verdugo (MINVU) plantea que al hablar de costos y beneficios estamos hablando de rangos y no de valores específicos, por lo que el cometido es velar por la salud de las personas.
- J. Escudero (MOPTT) considera que se deben mirar y tener en cuenta todas las alternativas.

En cuanto a las medidas de control, el consultor plantea que las que hoy existen son para normar el MP 2,5, no existiendo casi medidas para el MP 10.

- J. Escudero (MOPTT) responde que esto ocurre porque hemos copiado medidas, pero internamente no las hemos pensado en base a nuestra realidad.
- Al respecto, el consultor plantea que se avanzó en pavimentación y lavado de calles, pero los resultados que estas medidas arrojaron fueron marginales.
- J. Escudero (MOPTT) Considera que es importante conocer el cumplimiento de la norma de MP 10, ya que la mitad de las ciudades estarían excedidas.
- J.M. Verdugo (MINVU) consulta si las medidas propuestas por el estudio son las mismas a la de los planes de descontaminación.

El consultor responde que no, ya que hay medidas adicionales y existen un conjunto de medidas posibles de establecer.

- En función de los niveles, Roberto Condori (SEREMI Salud) plantea por qué no partir con el valor final expresado en el estudio y dejar el tema de la tolerancia.

- J. Escudero (MOPTT) expresa que se tratan también los plazos del cumplimiento. Al respecto, EE.UU. tiene las variables de control y tecnología. Se deben mirar las tendencias mundiales y ver cuánto nos podemos acercar. Tecnológicamente es complicado, ya que la mezcla de combustible es distinta, por lo que se debe tener en cuenta la factibilidad.
- M. Jadrijevic (CONAMA) plantea que si se ve la tendencia, no va a pasar que se haga más laxa por una revisión. Lo que faltaría en el análisis es dónde se pone el límite entre lo urbano y rural y los criterios asociados.

Las conclusiones presentadas por el consultor fueron las siguientes:

La Normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas. Internacionalmente, para PM2.5 se observan niveles de norma entre 20 y 15 ug/m3 anual, aun cuando las recomendaciones de la OMS son 10 ug/m3 promedio anual. Con respecto a riesgos; Debido a la no existencia de umbral, se debe perseguir el objetivo de reducción de exposición de la población, además de un límite máximo. Los riesgos de exposición de largo plazo son altos, y afectan a toda la población, justificando niveles entre los más bajos observados en las normas internacionales.

Con respecto a costos y beneficios de cumplimiento:

La implementación de la norma más exigente evaluada, produciría el mayor beneficio social neto. Por otra parte, aunque los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados, el beneficio neto agregado a nivel País es positivo, estos resultados apoyan la aplicación del valor de norma recomendado por la OMS alternativa más estricta de las alternativas evaluadas (alternativa 1). Con respecto al control de PM2.5 o PM10: Falta información de background, de composición del material particulado, para relacionar emisiones y concentraciones, y realizar análisis comparativo de reducciones de PM10 o PM2.5 como también escasean monitoreos periódicos en varias ciudades de Chile

Las recomendaciones finales del consultor son:

La evidencia epidemiológica muestra, con un gran grado de certeza, que el impacto del PM2.5 es más alto que el de la fracción gruesa por ello es adecuado controlar específicamente la fracción fina, por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de normalidad de PM2.5 o al contrario, no hay ninguna justificación para no hacerlo.

- Fecha de la próxima reunión: **A confirmar**



000150

## “Análisis de antecedentes para evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5”



Estudio realizado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente

19 de Junio 2008

## Contenidos

---

- ▶ **Cap. 1 Antecedentes del Estudio**
  - ▶ 1.1 Objetivo general
  - ▶ 1.2 Objetivos específicos
  - ▶ 1.3 Decisiones a analizar
- ▶ **Cap. 2 Revisión del estado del arte de la normativa a nivel mundial**
- ▶ **Cap. 3 Conveniencia social de la implementación de un estándar de PM25 en Chile**
  - ▶ 3.1 Alternativas a Evaluar
  - ▶ 3.2 Análisis de Riesgos Individuales para las alternativas propuestas
  - ▶ 3.3 Costos y Beneficios asociados a cada alternativa
  - ▶ 3.4 Impacto real de norma de PM2.5 en la reducción de PM en suspensión
- ▶ **Cap. 4 Conclusiones y Recomendaciones**



## Cap. 1 Antecedentes del Estudio

### 1.1 Objetivo General

El objetivo general del estudio es evaluar la conveniencia social de adoptar una norma de calidad primaria para el material particulado fino (PM2.5) **adicional a la actual norma de PM10** que rige en el país, analizando el nivel y el plazo de cumplimiento de esta norma

### 1.2 Objetivos específicos del estudio:

1. Analizar la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país.
2. Analizar la información acerca de niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones.
3. Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado en Chile y en Latinoamérica, para estimar las mejoras en salud adicionales de la norma de PM2.5.
4. Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras de material particulado fino en el país, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías.
5. Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, Australia, México entre otras).
6. Evaluar los costos y beneficios que tendría la introducción de una norma de PM2.5 en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.
7. Analizar la complejidad de gestión de una norma para PM10 y PM2.5 simultánea versus la operación de una norma solo para PM10, dependiendo de la ubicación geográfica.





### 1.3 Decisiones que debe tomar la autoridad con respecto a una eventual norma

Dos grandes decisiones en el diseño de la norma:

a) **Nivel de la norma:**

- ▶ Promedio diario (percentil 98)
- ▶ Promedio anual

b) **Plazo para cumplimiento**

¿Cuándo se hacen exigibles los nuevos niveles?

Una gran decisión con respecto al diseño óptimo:

¿Se implementa la norma de PM2.5 en Chile?

### 1.4 Alcance del estudio

El Estudio considerará la información existente tanto nacional como internacionalmente. Para el análisis aplicado, se focalizará en las siguientes localidades:

1. Región Metropolitana (Santiago)
2. Concepción
3. Temuco y Padre las Casas
4. Tocopilla
5. ....extrapolado a todo Chile.



000153

## Cap. 2 Revisión del estado del arte de la normativa a nivel mundial

- ▶ Valores Guía de la Organización Mundial de la Salud
- ▶ Estados Unidos
- ▶ California
- ▶ México
- ▶ Ecuador
- ▶ Australia
- ▶ Canadá - Normativa de Newfoundland y Labrador
- ▶ Unión Europea

▶ 7



## Resumen de Normativa Internacional para PM2.5

País	Año aplicación	Nivel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				Referencia
		PM10		PM 2.5		
		24-h	anual	24-h	anual	
EE.UU.	1996	150	50	65	15	EPA (1997)
	2006	150	revocada	35	15	EPA (2006)
Canadá	2010	120*	70*	30	15**	Canadian Council of Ministers of the Environment (2000)
Newfoundland y Labrador, Canadá	2000	50	no hay	25	no hay	Newfoundland and Labrador Government (2004)
California						
EE.UU.	2002	50	20	65	12	California Environmental Protection Agency (2002)
Ecuador	2003	150	50	65	15	Ministerio del Ambiente de Ecuador (2003)
Australia	2004	50	no hay	25	8	National Environment Protection Council of Australia (2003)
México	2005	120		65	15	Secretaría de Salud de México (2005)
OMS	2005	50	20	25	10	World Health Organization (2005)
OI-1		150	70	75	35	
OI-2		100	50	50	25	
OI-3		75	30	37,5	15	
Unión Europea	2000-2010					COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2008)
	2010-2015				25	
	2020				20	

▶ 8



E. Limit value

Averaging period	Limit value	Margin of tolerance	Date by which limit value is to be met
STAGE 1			
Calendar year	25 µg/m <sup>3</sup>	20 % on 11 June 2008, decreasing on the next 1 January and every 12 months thereafter by equal annual percentages to reach 0 % by 1 January 2013	1 January 2015
STAGE 2 (*)			
Calendar year	20 µg/m <sup>3</sup>		1 January 2020

(\*) Stage 2 — indicative limit value to be reviewed by the Commission in 2013 in the light of further information on health and environmental effects, technical feasibility and experience of the target value in Member States

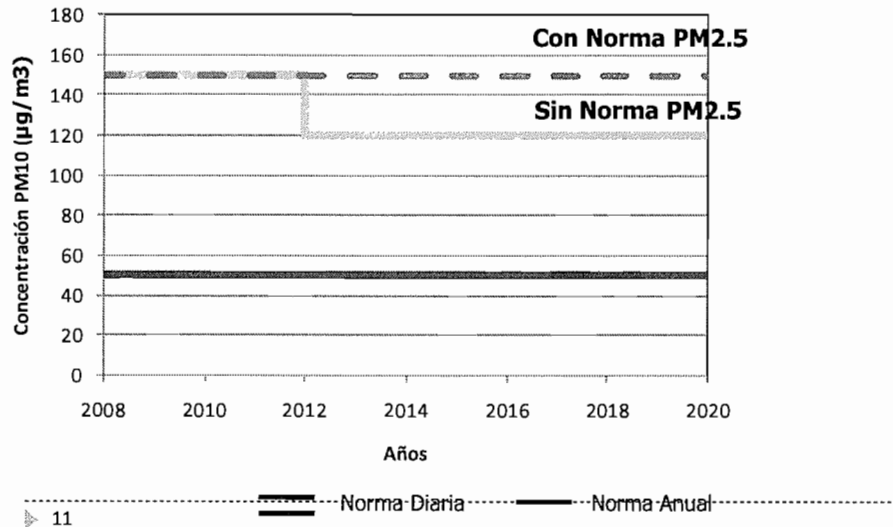
Cap. 3 Conveniencia social de la implementación de un estándar de PM25 en Chile

10



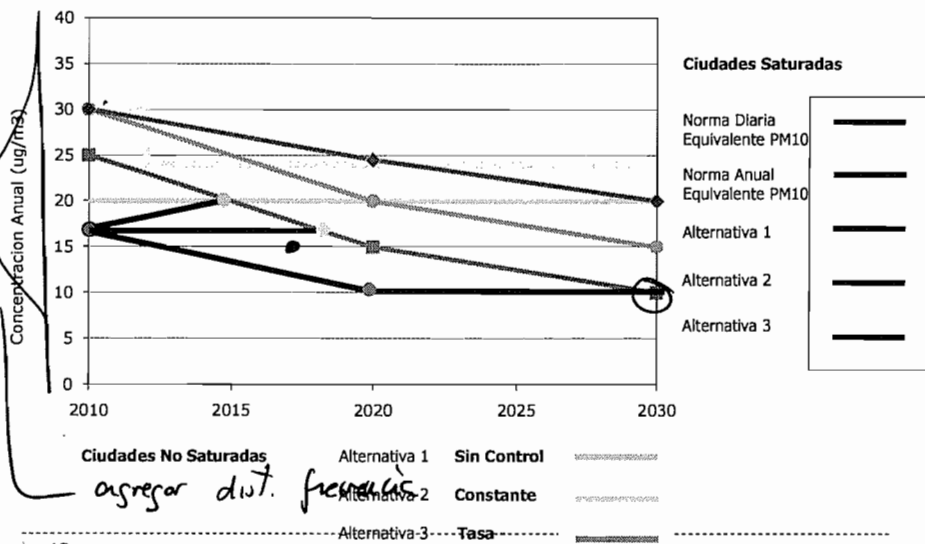
000155

### Situación Base: Norma PM10 vigente el país



11

### Alternativa de norma



13



## Alternativas a evaluar

---

- ▶ Alternativa 1: Meta de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2010 , 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020 y de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2030
- ▶ Alternativa 2: Meta de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020 y de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2030
- ▶ Alternativa 3: Definida por una reducción anual constante de 2% anual

### Control de ciudades no saturadas

- ▶ Tasa - : Reducción de un 1% anual  $\sim$  12% por década
- ▶ Constante: Concentraciones actuales permanecen constantes
- ▶ Sin Control: o tendencia: Crecimiento sin control

---

▶ 14

## 3.1 Criterios de Evaluación

---

- ▶ Riesgos
  - ▶ Nivel de Riesgo que la sociedad considera aceptable
  - ▶ Individual
- ▶ Costos y Beneficios de la implementación de la norma
  - ▶ Depende de número de personas expuestas

---

▶ 15



### 3.2 Funciones dosis – respuesta (CR)

▶ Para poder determinar cuál de las medidas, diario o anual, conviene controlar más fuertemente, es necesario establecer las relaciones concentración – respuesta (CR) que controlan los efectos de largo y corto plazo.

▶ Para cambio de concentración de C1 a C2

**Lineal** 
$$\Delta E_{ij}^k = \beta_{ij}^k * (C_2^k - C_1^k)$$

**Log - lineal** 
$$\Delta E_{ij}^k = \beta_{ij}^k * Ln\left(\frac{C_2^k}{C_1^k}\right)$$

▶ **Parámetros utilizados**

$\beta$   
 $\sigma$

Short Term		Long Term	
Lineal	Log-lineal	Lineal	Log-lineal
0.0012	0.058	0.0058	0.1161
0.0001	0.0075	0.0022	0.0448

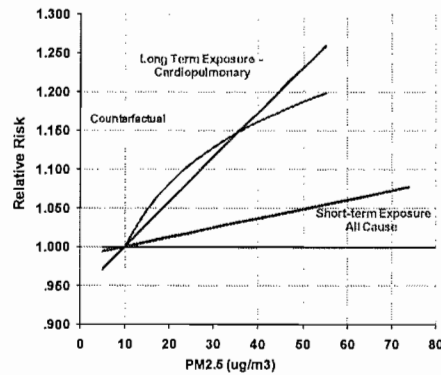
### 3.8 Análisis de Riesgos Individuales

▶ Cada nivel de norma impone un cierto nivel de riesgo a cada individuo.

	Prom Diario		Promedio Anual		
	PM2.5	%	PM2.5	Lineal	Log-lineal
	ug/m3		ug/m3	% Incremento	
GCA	25	0.0%	10	0.0%	0.0%
OI-3	37.5	1.5%	15	2.9%	8.3%
OI-2	50	3.1%	25	8.8%	14.2%
OI-1	75	8.1%	35	14.4%	19.4%



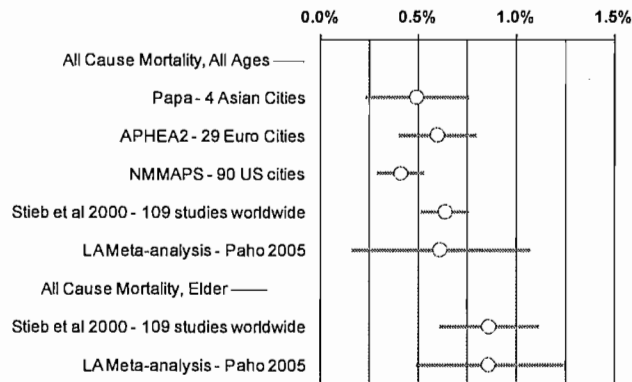
## Riesgos de Mortalidad



- ▶ Exposición Largo Plazo
  - ▶ ~ 4 – 5 años
  - ▶ Se aplica promedio anual de concentraciones
- ▶ Exposición Corto Plazo
  - ▶ Se aplica promedio de 24 horas de concentraciones

## Somos diferentes los latinoamericanos?

Comparación de resultados de meta-análisis de efectos de mortalidad en la población completa y en mayores de 65 años.





### Tasas de Mortalidad Ciudades Analizadas

Casos/100.000 hab/año

Grupo Edad	Causa	Concepcion		Santiago		Temuco		Tocopilla	
		Tasa (2005)	variacion anual	Tasa (2005)	variacion anual	Tasa (2005)	variacion anual	Tasa (2005)	variacion anual
		casos/100.000p/año		casos/100.000p/año		casos/100.000p/año		casos/100.000p/año	
Ninos	All	35.7	-5.2	47.3	-2.8	52.6	-1.7	50.6	-0.6
0-17 años	Cardiopulmonary	0.1	-1.8	2.5	-0.8	4.5	-0.6	13.0	0.2
	CVD	1.1	-0.1	1.5	0.1	1.2	0.0	0.0	0.0
	RSP	-0.5	-1.7	1.0	-0.9	3.7	-0.5	13.0	0.2
Adultos	All	189.4	-4.5	185.6	-2.4	184.1	-2.3	381.1	13.0
18-64 años	Cardiopulmonary	46.7	-2.7	51.9	-1.5	51.8	-1.4	132.3	3.4
	CVD	42.6	-0.9	46.1	0.1	39.9	-0.6	102.7	1.7
	RSP	4.1	-1.8	5.9	-1.6	11.9	-0.8	29.6	1.8
Adultos	All	3,636.8	-139.9	4,172.1	-68.3	4,391.9	-56.6	5,779.2	-167.7
Mayores	Cardiopulmonary	1,606.5	-109.0	1,831.3	-80.1	1,879.4	-20.4	2,394.6	-163.4
	CVD	1,256.5	-58.8	1,400.7	-31.4	1,368.4	-11.1	1,617.3	-83.8
	RSP	350.0	-50.1	430.6	-48.7	511.0	-9.4	777.4	-79.5

### Riesgo en exceso sobre nivel 10 ug/m3 de PM2.5

(Adultos 30-64 años)

Grupo Etareo	Adultos	Concepcion	Santiago	Temuco	Tocopilla
<i>Tasa Mortalidad (casos por 100.000h/año)</i>					
		47	52	52	132
<i>Riesgo en Exceso (per 1 millon)</i>					
Concentracion	% Aumento Mortalidad				
10	0.0%	0	0	0	0
15	0.6%	3	3	3	8
20	1.2%	6	6	6	16
25	1.8%	8	9	9	24
30	2.4%	11	13	13	32
35	3.0%	14	16	16	40

- ▶ Para adultos el riesgo es relativamente bajo.
- ▶ En Santiago alcanzar el estándar propuesto por la OMS evitaría ~ 400 muertes al año en este grupo de edad





## Riesgo en exceso sobre nivel 10 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> (Adultos mayores de 65 años)

Grupo Etareo	65+ años	Concepcion	Santiago	Temuco	Tocopilla
		<i>Tasa Mortalidad (casos por 100.000h/año)</i>			
		1,607	1,831	1,879	2,395
Concentracion	% Aumento Mortalidad	<i>Riesgo en Exceso (per 1 millon)</i>			
10	0.0%	0	0	0	0
15	0.6%	97	111	114	145
20	1.2%	194	222	227	290
25	1.8%	292	332	341	435
30	2.4%	389	443	455	580
35	3.0%	486	554	569	724

- ▶ En Santiago alcanzar el estándar propuesto por la OMS evitaría ~ 2800 muertes en este grupo de edad

▶ 22

## Comparación con otros riesgos

- ▶ Riesgo de morir en accidente de tránsito:
  - ▶ ~2100 víctimas por año (considerando víctimas después de 1 día)
  - ▶ 15 M de personas
  - ▶ Riesgo = 140 en 1 millón

Esto equivale a la diferencia entre 10 y 15 ug/m<sup>3</sup> para un adulto mayor en Tocopilla, y entre 10 y 17 ug/m<sup>3</sup> en Santiago

▶ 23



## Riesgo de muerte expresado en función del riesgo de accidentes de tránsito (para mayores de 65 años)

Concentración	% Aumento Mortalidad	Riesgo en Exceso / Riesgo Acc Tránsito			
		Concepcion	Santiago	Temuco	Tocopilla
10	0.0%	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.6%	0.7	0.8	0.8	1.0
20	1.2%	1.4	1.6	1.6	2.1
25	1.8%	2.1	2.4	2.4	3.1
30	2.4%	2.8	3.2	3.2	4.1

- ▶ El riesgo del nivel 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ya produce un exceso de riesgo similar al de los accidentes de tránsito en Tocopilla.
- ▶ Para 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el factor es mayor que 1 en todas las ciudades analizadas

## Reducción de esperanza de vida según nivel norma (Nacional)

Estudio	Delra RR	Reducción PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Reducción Esperanza de vida Hombres (meses)	Reducción Esperanza de vida Mujeres (meses)
ACS- Education adjusted	0,05	5	5,5	6,1
Base	0,033		3,5	4
Harvard 6 Cities	0,08		8,9	9,7
ACS- Education adjusted	0,1	10	11,2	12,2
Base	0,066		7,3	8
Harvard 6 Cities	0,16		17,8	19,2
ACS- Education adjusted	0,15	15	16,7	18
Base	0,099		11,1	12
Harvard 6 Cities	0,24		26,4	28,2

- ▶ En Santiago la concentración actual de PM2.5 corresponde a 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- ▶ Con respecto al estándar recomendado por la OMS se pierden cerca de 2 años en esperanza de vida en promedio según el estudio "Base" y hasta 4 años de vida según la información del estudio "Harvard 6 Cities"

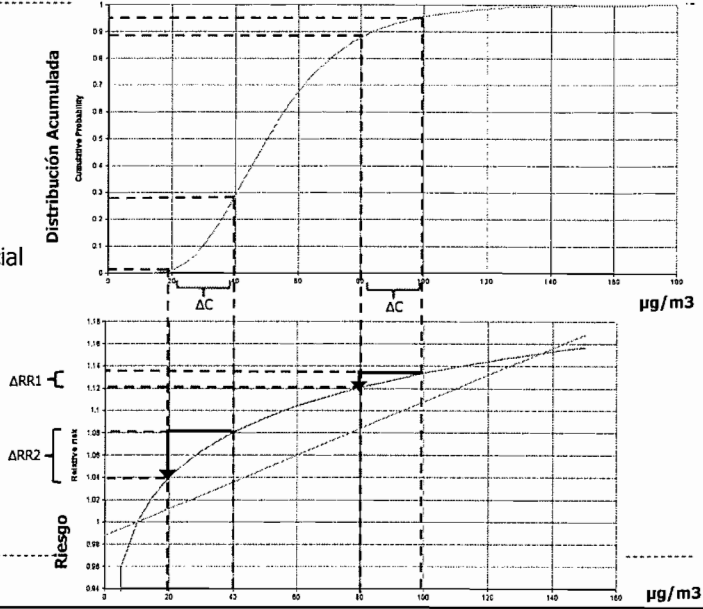


000102

## Riesgo Relativo – CR Log Lineal

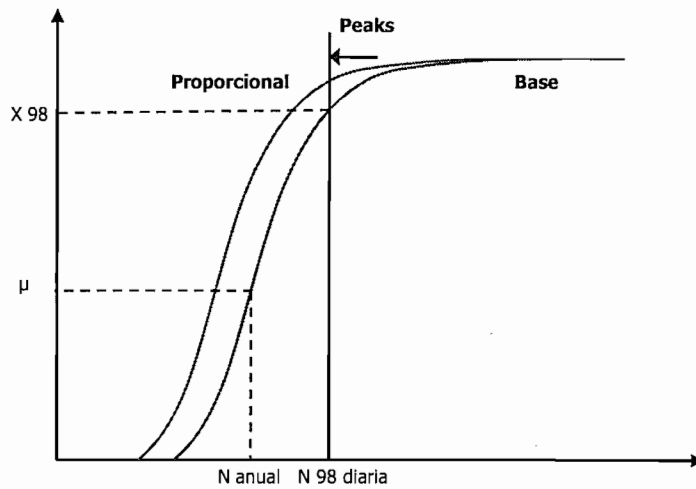
- Para igual  $\Delta$  Concentración
- Distinta Concentración inicial

$$\Delta RR1 < \Delta RR2$$



27

## 3.4 Norma Diaria vs Norma Anual

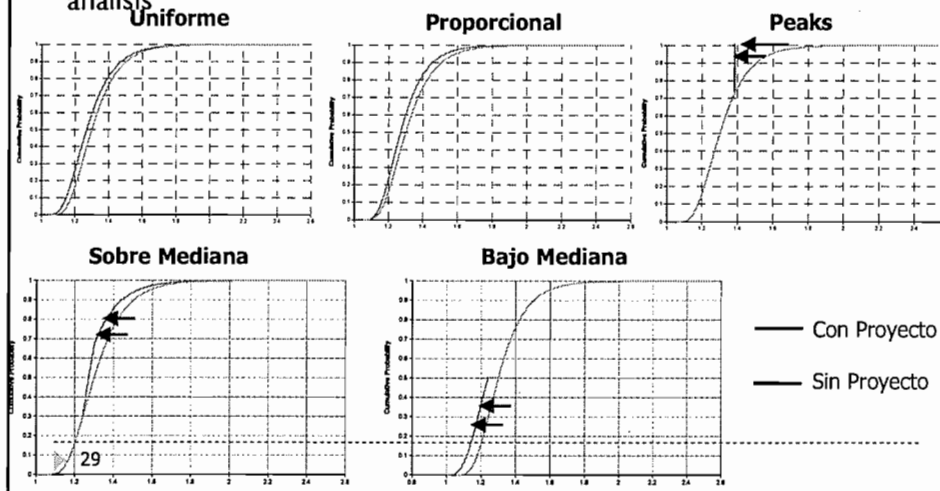


28



### 3.3 Tipos de Control

Las Concentraciones fueron simuladas en base CR log-lineal y se modelaron distintos tipos de control de las concentraciones para el análisis



### 3.4 Norma Diaria vs Norma Anual

- El cumplimiento de la norma anual y norma diaria están relacionadas:
  - ▶ Relación entre promedio anual y percentil 98
  - ▶ Relación entre estos dos estadígrafos es el parámetro fundamental del análisis

$$\beta_{ij} = \frac{P98_{ij}}{\mu_{ij}} \quad \longrightarrow \quad \text{Norma diaria PM}_{10} \text{ (eq anual)} = \text{Norma diaria PM}_{10} \cdot \beta_{10}$$



### Delta de RR diario con respecto a concentración guía OMS (10 ug/m<sup>3</sup>)

Curva Control	$\Delta$ Riesgo Relativo	
	Lineal	Log-Lineal
Proporcional	-0.0065	-0.0061
Uniforme	-0.0060	-0.0067
Peak	-0.0061	-0.0027
Bajo Mediana	-0.0060	-0.0100
Sobre Mediana	-0.0062	-0.0047

- ▶ La reducción de riesgo es menor si nos preocupamos solamente de controlar episodios críticos (Peak)
- ▶ Es mucho más efectiva la aplicación de medidas durante todo el año (Uniforme)
- ▶ Es recomendable entonces que la norma anual se la activa

▶ 32

### 3.3 Costos y Beneficios asociados a cada alternativa

#### Emisiones

- ▶ Caracterización de la situación base en términos de emisiones (tanto de contaminantes primarios como secundarios) y concentraciones de PM10 y PM2.5.
- ▶ Estimación de potenciales de reducción de dichas emisiones a partir de medidas de abatimiento para las distintas fuentes y estimación de reducción de emisiones y concentraciones.

#### Costos:

- ▶ Análisis costo efectividad de las medidas. Fueron incluidas todas las medidas con el menor costo efectividad
- ▶ Estimación de curvas de costo medio

#### Beneficios

- ▶ Valoración US\$/(ug/m<sup>3</sup>)/año
- ▶ Valoración US\$/Ton/año

▶ 33



000165

## Potencial de reducción de Emisiones por Sector

Aporte relativo a las emisiones de PM10 y PM2.5 por sector para las cuatro ciudades

Sector	Tocopilla (2005)		Santiago (2005)		Concepción (2000)		Temuco (2004)	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Industrial	99%	100%	5%	15%	50%	50%	2%	3%
Residencial			3%	11%	24%	39%	25%	66%
Otras Areales			4%	11%	3%	5%	1%	4%
Fuentes Móviles			7%	20%	1%	1%		1%
Fugitivas			82%	43%	22%	5%	71%	27%
<b>Total (ton/año)</b>	1.792	472	25.676	6.675	25.381	15.526	13.079	4.932

34 Fuente: Elaboración propia en base a los inventarios de emisiones de las distintas ciudades

## Potencial de reducción

### Revisión de las fuentes emisoras de PM y sus precursores

Aporte relativo a las emisiones de precursores de PM por sector para las cuatro ciudades

Sector	Tocopilla (2005)		Santiago (2005)			Concepción (2000)	
	SO <sub>2</sub>	NOx	NOx	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	NOx	SO <sub>2</sub>
Industria	100%	100%	23%	96%	1%	44%	98%
Residencial	0%	0%	2%	2%	12%	6%	0%
Otras areales	0%	0%	0%	0%	84%	1%	0%
Fuentes móviles	0%	0%	74%	1%	3%	49%	2%
<b>Total (ton/año)</b>	27.396	17.690	52.792	13.342	32.876	10.194	16.237

Nota: No se tiene información de precursores para la ciudad de Temuco. Sólo se cuenta con información de emisiones de NH<sub>3</sub> en Santiago

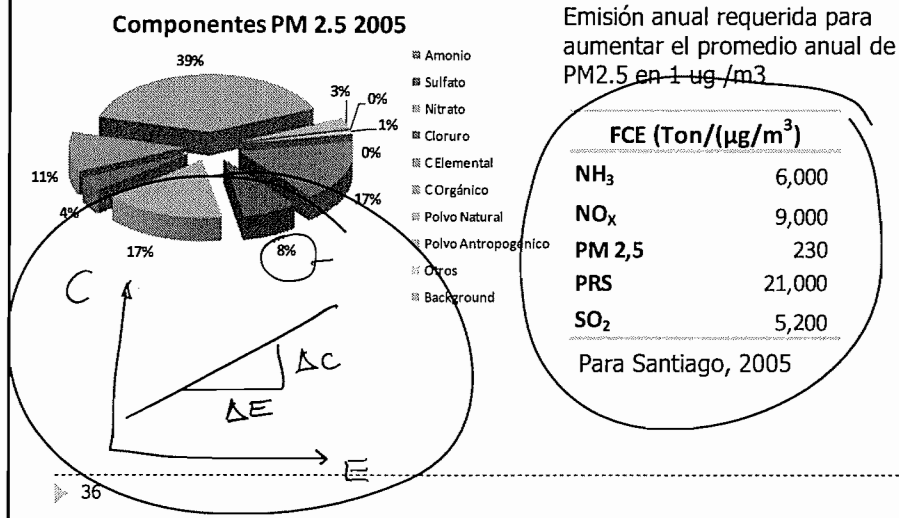
Fuente: Elaboración propia en base a los inventarios de emisiones de las distintas ciudades

35

35



## Modelo rollback para estimar cambios en concentraciones (FEC)



## Potenciales y Costos de Reducción de PM y sus precursores

- Dada la complejidad de la composición de fuentes;
- ▶ Se usan los costos en términos de costos-efectividad (US\$/ton reducida).
  - ▶ Se consideran principalmente medidas tecnológicas.
  - ▶ Se evaluaron varias medidas por contaminante para cada fuente.
  - ▶ Se seleccionó sólo una medida para cada contaminante y para cada fuente (se asumen excluyentes), según mejor costo-efectividad.
  - ▶ Para Santiago, Fuentes Móviles, se utiliza la información proveniente del estudio "Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana"
  - ▶ Para fuentes fijas... ?



## Costos de Reducción: Fuentes de Información

- ▶ *Inversiones y Costos de Tecnologías de Control para Centrales Termoeléctricas*, documento de Gamma para CONAMA
- ▶ *AirControlNet Documentation Report* (costo-efectividad para PM10, PM2,5, NOx, NH<sub>3</sub>) desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire en Mayo 2006.
- ▶ *Diseño y evaluación de las nuevas medidas para fuentes fijas contenidas en el PPDA*. Gamma para CONAMA, Abril 2007.
- ▶ *Análisis técnico-económico del Anteproyecto de Norma de Emisión de MP y gases para grupos electrógenos en la RM*. Calfucura para Conama, Diciembre 2006.
- ▶ *AGIES del PDA Temuco*, Enero 2007.
- ▶ Información proporcionada por proveedores

## Eficiencia medidas para reducción de emisiones (FF)

Medida	Concepcion				Santiago				Temuco		Tocopilla			
	NOX	PM10	PM25	SOX	NH3	NOX	PM10	PM25	PM10	PM25	NOX	PM10	PM25	SOX
AsilacionCasas									100%	100%				
ChemicalAdditivoWaste					50%				100%	100%				
CompensacionEmisiones									100%	100%				
Controlalldadlena		12%	12%			12%	12%	100%	100%					
DryESP-WirePlateType		98%	95%			98%	95%							
FabricFilter(PulseJetType)						99%	99%							
FiltrodeMangas		99%	99%											
IndigoAgglomerator												40%	40%	
LimeSprayDryer(LSD)														90%
LowNOxBurner	50%					50%								
Normadeemision(situacionbasesegunante proyecto)						77%	77%							
ProhibicionChimenas									100%	100%				
Recambioestufas									100%	100%				
RegulacionEmisionesIndustria									15%	15%				
SeaWaterFlueGasDesulfuration(SWFGD)				95%										95%
SelectiveCatalyticReduction(SCR)	75%					75%								
SelectiveNon-CatalyticReduction(SNCR)UreaBased						50%								
SNCR	50%										50%			
WetESP-WirePlateType						99%	95%							





## Eficiencia medidas para reducción de concentraciones de PM25 (FM) (ug/m3/año)

Medida	Tipoveh	Combustible	Santiago	Concepcion
FiltroEuroII	B	D	0.44	0.06
normaeuroIIICF	B	D	0.20	0.01
FiltroEuroIII	B	D	0.11	0.13
RVSSV	C	D	0.32	0.00
Filtroviejos>=10anos	C	D	1.78	0.03
Filtronuevos	C	D	0.56	0.01
Filtroanomodelo<=2006	C	D	0.33	0.01
NormaNuevosVL	VL	G	0.10	0.11
RVSSV	VL	G	0.07	0.21
ASM	VL	G	0.08	0.10
<b>Total</b>			<b>4.0</b>	<b>0.7</b>

▶ 40

## Curva de costo medio

- ▶ Se determinó para cada medida el costo por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  reducido de PM2.5 de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CM_i = CT_{Tot} / C_i$$

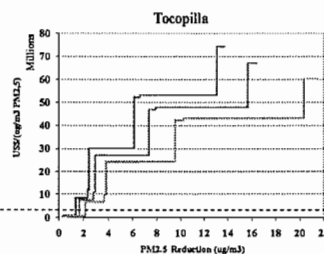
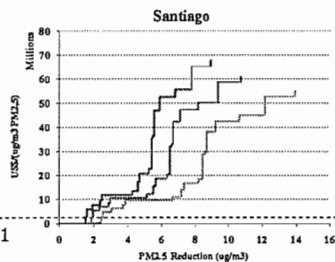
Donde:

$CM_i$ : Costo efectividad de la medida i por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  reducido de PM2.5 [\$/ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM2.5)]

$CT_{Tot}$ : Costo total de la medida i [\$/]

$C_i$ : Reducción de concentración ambiental de PM2.5 a partir de la medida i [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

- Las medidas fueron ordenadas según su efectividad para reducir PM2.5.



▶ 41

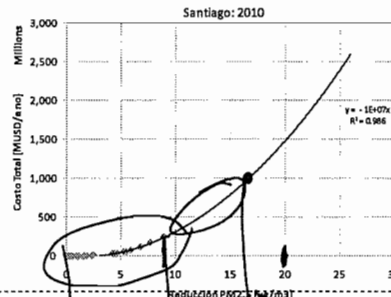
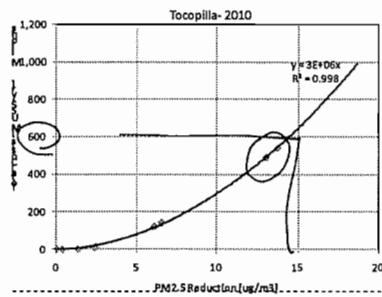


## Curvas de costo total

- Una vez construida la curva de costos medios de reducción para cada ciudad, se calculó la curva de costos totales, integrando la curva de costos medios. La forma funcional supuesta es la siguiente:

$$CT = a \cdot R^3$$

- CT es el costo total en millones de dólares y R es la reducción de concentraciones de PM2.5 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



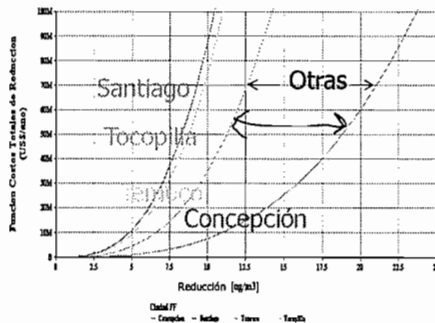
## Costo total

- Las curvas estimadas para el año 2010 se presentan a continuación.

Curvas de costos totales por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  reducido de PM25

Ciudad	Coefficiente ( $\beta$ )	Test-t	Observaciones	Error estandar	R2 ajustado
Santiago	87,261	80.4	40	1,086	0.97
Concepción	7,525	8.2	18	922	0.74
Temuco	35,173	10.4	5	3,397	0.71
Tocopilla	74,549	17.9	9	4,160	0.85

Forma funcional: Costo Total =  $\beta \cdot \text{RedConc}^3$



Se proyectaron las curvas estimadas en el tiempo (Rubin et al. (2004)):

- Mejoras tecnológicas:** disminución de costos en un 1% anual.
- Mejoras en efectividad:** aumento de efectividad en la reducción de concentraciones de PM2.5 en un 1% anual.



### 3.6 Proyección Línea Base

---

- ▶ Para poder estimar la reducción requerida por la nueva norma, es necesario en primer lugar, proyectar la línea base para las ciudades en análisis.
- ▶ Para determinar la concentración base de PM2.5 de las ciudades en las cuales no se cuenta con datos de concentraciones de PM2.5 se asumió la siguiente relación:

$$\text{Conc PM2.5}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \alpha \cdot \text{Conc PM10}(\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

- ▶ Donde  $\alpha$ , corresponde a la razón entre la media anual de concentraciones de PM2.5 y la media anual de concentraciones de PM10.

### Proyección Línea Base

---

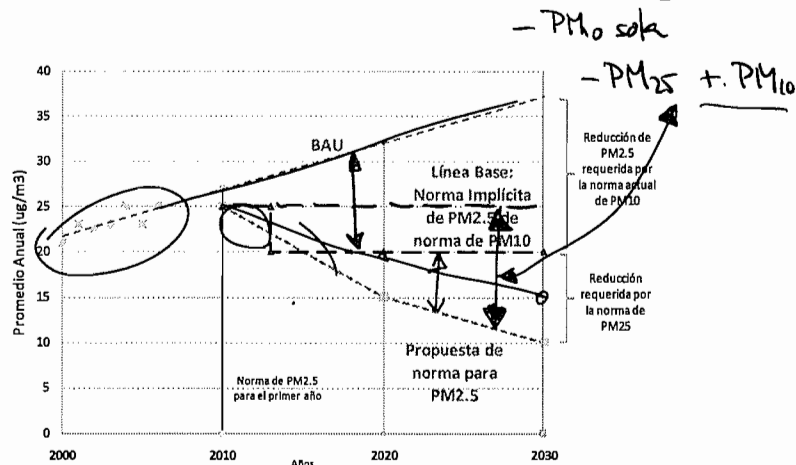
- ▶ A las ciudades sin información del norte de Chile, se les asignó la razón estimada para la ciudad de Santiago.
- ▶ A las ciudades sin información del Sur de Chile se les asignó la razón estimada para la ciudad de Temuco.
- ▶ Para estimar las reducciones requeridas por la norma es necesario proyectar la concentración base estimada en el tiempo *ceteris paribus* (BAU, de su sigla en inglés *Business as Usual*), para cada una de las ciudades en estudio.
- ▶ La concentración fue proyectada según dos escenarios, el primero supone que los promedios anuales permanecen constantes en el tiempo, el segundo supone que las concentraciones de PM2.5 aumentan un 1% anual.



### 3.7 Reducciones requeridas

- ▶ Para estimar los beneficios de la norma propuesta es necesario primero estimar la reducción de concentraciones de PM2.5 requeridas por la norma.
- ▶ La decisión para establecer reducciones en las concentraciones depende del gap (brecha) que exista entre la concentración actual y la norma que se establezca.

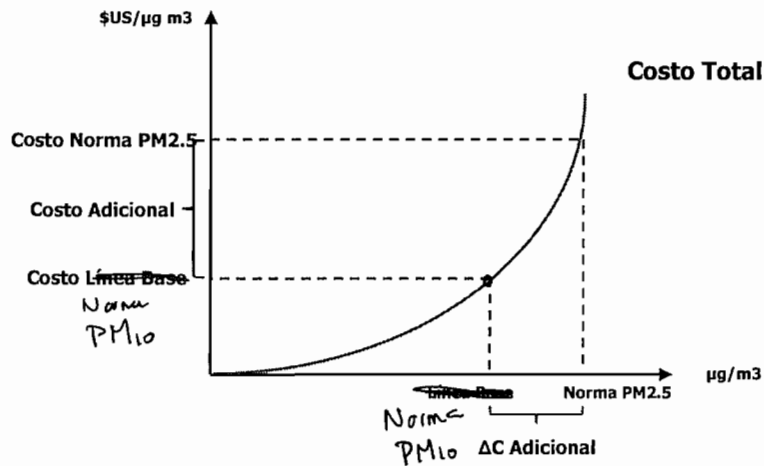
### Reducciones de Concentraciones Requeridas





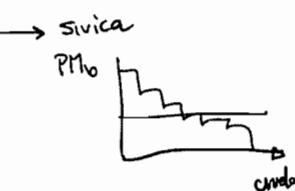
000172

## Costo Adicional Norma



## Concentraciones base (ug/m3)

City	PM10 (ug/m³)	PM2.5 (ug/m³)	Base year	Annual average	p98	Source
Concepción	55.3	22.7	2007	0.41	0.58	(7)
Santiago	70.4	32.8	2007	0.52	0.8	(1)
Temuco	48.8		2008	0.5	0.8	(5)
Tocopilla	53.3		2008			(8)
Vina del mar	34.5		2008	0.4	0.58	(5)
Valparaiso	34.5		2008	0.4	0.58	(4)
Antofagasta	44.1		2007			(6)
Rancagua	82.3		2008			(5)
Arica	48.8		2001			(4)
Talca	48.8	32.1	2007	0.68	0.82	(4)
Iquique	83.4		2001			(2)
Talcahuano	55.1	22.9	2007	0.42	0.82	(7)
Chillán	45.5		2007			(9)
Copiapó	71.5		2001			(2)
Chañaral	52		2001			(3)
Caldera	28		2001			(3)
Huasco	78		2001			(3)
Coyhaique	85		2007			(9)
Calama	57.3		2008			(8)
María Elena	208		2007			(8)
Mejillones	59.1		2008			(8)
Sierra Gorda	53		2005			(8)
Norte	53.3		2008			(8)
Sur	48.8		2008	0.5	0.8	(8)



Campanas:  
Osorno  
Arica  
Iquique  
Enap. Con. Con.

- (1) Sesma-Macam
- (2) Cosude project
- (3) CIMM
- (4) Study: Antecedentes tecnicos para norma primaria de calidad del aire para plomo
- (5) SIVICA
- (6) Tocopilla- monitors
- (7) Concepción- monitors
- (8) Study: Concentraciones II región-Conama Nacional
- (9) Sample-Harvard



000173

## Reducciones requeridas por ciudad, con respecto a línea base (ug/m3 Pm2.5)

City	Alternative 1			Alternative 2			Alternative 3		
	2011	2021	2031	2011	2021	2031	2011	2021	2031
<b>Saturated cities</b>									
Arica	0.7	5.6	10.6	0.4	2.6	5.1	0.7	4.9	9.4
Chilena	1.0	11.0	16.0	0.6	6.0	11.0	1.0	10.0	15.0
Concepcion	0.2	1.7	6.0	0.1	0.8	3.0	0.2	1.5	5.0
Temuco	4.2	4.2	4.4	3.0	3.0	3.2	4.2	4.2	4.4
<b>Not saturated cities</b>									
Antofagasta	Tendencia	5.8	10.8	0.2	0.1	0.2	5.8	10.8	10.8
	Constante	0.2	5.8	10.8	0.2	0.1	0.2	5.8	10.8
	Rate	0.7	5.8	10.8	0.7	0.1	0.2	5.8	10.8
Caldera	Tendencia	2.8	9.5	4.6	0.2	1.8	4.6	0.2	1.8
	Constante	0.2	2.8	9.5	0.2	1.8	4.6	0.2	1.8
	Rate	0.5	2.8	9.5	0.5	1.8	4.6	0.5	1.8
Majillones	Tendencia	8.6	16.0	3.0	0.2	3.0	11.0	0.2	3.0
	Constante	0.2	8.6	16.0	0.2	3.0	11.0	0.2	3.0
	Rate	0.6	8.6	16.0	0.6	3.0	11.0	0.6	3.0
Valparaiso	Tendencia	1.6	6.0	1.6	0.1	1.6	1.6	0.1	1.6
	Constante	0.4	1.6	6.0	0.4	1.6	1.6	0.4	1.6
	Rate	0.4	1.6	6.0	0.4	1.6	1.6	0.4	1.6
Vinadelmar	Tendencia	1.7	7.7	3.3	0.1	1.7	3.3	0.1	1.7
	Constante	0.4	1.7	7.7	0.4	1.7	3.3	0.4	1.7
	Rate	0.4	1.7	7.7	0.4	1.7	3.3	0.4	1.7

\*Crecimiento BAU: 1 % anual - Control ciudades no saturadas: Sin control

52

## 3.4 Norma Pm2.5 Activa

- ▶ Para la estimación de beneficios netos de la norma de PM25 se debe verificar primero que reducciones corresponden directamente a las alternativas de norma propuestas y cuáles corresponden a la norma anual de PM2.5 implícita en las normas de PM10 vigentes actualmente.
- ▶ Se asignan los beneficios sólo a la norma más estricta (ya sea la norma actual o la propuesta).

53



000174

### 3.4 Norma Activa Pm2.5: Distintos escenarios

	Alternativa 1				Alternativa 2				Alternativa 3			
	2010	2013	2020	2030	2010	2013	2020	2030	2010	2013	2020	2030
Concepcion												
Santiago												
Temuco												
Tocopilla												
Vinadelmar												
Valparaiso												
Antofagasta												
Rancagua												
Arica												
Talca												
Iquiqua												
Talcahuano												
Chillen												
Copiapo												
Chanaral												
Caldera												
Huasco												
Coyhaique												
Calama												
MariaElena												
Mejillones												
SierraGorda												
Norte												
Sur												

### Beneficios Unitarios

- ▶ Para el análisis se proyectaron los beneficios unitarios obtenidos por Cifuentes et al. (2005) en función de un crecimiento anual del PIB del 4% ([www.bancocentral.cl](http://www.bancocentral.cl)) y a una tasa de crecimiento de la población 0.3% anual ([www.ine.cl](http://www.ine.cl)).

Year	Unit benefits US\$/p/ugm - 3	
Scenario	LAC	USA
2005	1.8	27
2010	2.1	31.3
2020	2.8	42.1
2030	3.8	56.5



000175

### 3.5 Resultados

### Razón Beneficio Costo por ciudad

MUS\$ Ciudad	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
	B/C	Beneficio	Costos	B/C	Beneficio	Costos	B/C	Beneficio	Costos
Arica	1.3	30.0	23.1	4.4	10.7	2.4	195.5	1.2	0.01
Calama	0.4	39.7	101.6	0.9	23.1	24.8	3.3	8.9	2.72
Chanaral	0.1	2.1	23.1	0.3	0.8	2.4	14.0	0.1	0.01
Chillan	1.6	19.0	11.6	6.5	5.3	0.8			
Concepcion	13.2	97.4	7.4	45.6	33.6	0.7	4925.6	2.7	0.00
Copiapó	1.0	24.1	23.1	3.5	8.6	2.4	156.9	1.0	0.01
Coyhaique	0.5	6.3	11.7	2.2	1.8	0.8			
Antofagasta	2.4	54.3	23.1	8.2	20.1	2.4	366.8	2.3	0.01
Caldera	0.1	1.8	14.4	0.4	0.7	1.7			
Huasco	0.0	1.1	81.4	0.0	0.4	8.6	2.0	0.0	0.02
Iquique	1.3	30.2	23.1	4.4	10.8	2.4	197.2	1.3	0.01
Mejillones	0.0	2.1	80.9	0.1	1.2	19.5	0.2	0.4	2.65
Rancagua	0.6	43.2	101.6	1.5	37.2	24.8	5.3	14.3	2.72
Santiago	4.3	1810.8	419.1	10.3	1053.9	102.0	36.2	405.6	11.22
SierraGorda	0.0	6.3	14.1	0.1	0.1	1.1			
Talca	1.4	39.0	28.7	4.5	15.2	3.4	74.9	2.6	0.03
Talcahuano	4.9	42.9	8.8	17.1	16.5	1.0	508.3	2.2	0.00
Temuco	5.4	16.3	3.1	1493.8	0.9	0.0			
Tocopilla	0.0	7.2	358.0	0.0	4.2	87.2	0.2	1.6	9.58
Valparaiso	5.4	14.5	2.7						
Vinadelmar	3.1	21.3	7.0						
North	5.4	124.5	23.1	18.2	44.4	2.4	811.9	5.2	0.01
South	131.6	244.2	1.9	36693.2	13.1	0.0			
Total	1.9	2693.1	1392.7	4.5	1302.3	291.0	15.5	449.5	29.0

?

Código	Razón Beneficio - Costo
↑	Mayor que 2
↔	Entre 0.5 y 2
↓	Menor que 0.5

Beneficios son mucho mayores que los costos  
Beneficios y costos son de la misma magnitud  
Costos son mucho mayores que los beneficios

TAC-USA





000170

## Beneficios netos (MUS\$)

Ciudad	Norma Pm2.5	VPN Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo*			Beneficio Neto (MUS\$)**		
			LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Santiago	Alternativa 1	419	4.3	16.8	64.8	1,392	6,623	26,743
	Alternativa 2	102	10.3	40.2	154.9	952	3,996	15,706
	Alternativa 3	11	36.2	140.6	542.5	394	1,566	6,079
Otras ciudades en Chile	Alternativa 1	974	0.9	3.5	13.6	(91)	2,458	12,261
	Alternativa 2	189	1.3	5.1	19.7	59	777	3,537
	Alternativa 3	18	2.5	9.6	37.1	26	153	641
Total Nacional	Alternativa 1	1,393	1.9	7.5	29.0	1,300	9,081	39,004
	Alternativa 2	291	4.5	17.4	67.1	1,011	4,773	19,243
	Alternativa 3	29	15.7	60.3	232.6	421	1,719	6,714

\*Razón Beneficio - Costo

- ↑ Beneficios son mucho mayores que los costos
- ↔ Beneficios y costos son de la misma magnitud
- ↓ Costos son mucho mayores que los beneficios

\*\*Beneficio Neto

- ↑ Alto
- ↔ Medio
- ↓ Bajo

- ▶ Aunque los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados, el beneficio neto agregado a nivel País es positivo.
- ▶ La implementación de la norma recomendada por la OMS produce el mayor beneficio social neto (alternativa 1).

▶ 59

## 3.7 Análisis de escenarios

Norma Pm2.5	Ciudades no saturadas	VPN Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo			Beneficio Neto (MUS\$)		
			LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Alternativa 1	Tendencia	1,393	1.9	7.5	29.0	1,300	9,081	39,004
	Constante	1,394	1.9	7.6	29.2	1,319	9,156	39,298
	Tasa -	1,413	1.9	7.6	29.2	1,340	9,294	39,884
Alternativa 2	Tendencia	291	4.5	17.4	67.1	1,011.3	4,773.5	19,243.4
	Constante	293	4.6	17.7	68.4	1,043.2	4,904.1	19,753.6
	Tasa -	322	4.3	16.6	64.1	1,052.8	5,023.6	20,295.9
Alternativa 3	Tendencia	29	15.5	60.3	232.6	420.5	1,719.1	6,713.6
	Constante	33	14.5	56.3	217.2	451.1	1,850.8	7,234.4
	Tasa -	98	5.7	22.2	85.5	459.7	2,070.5	8,265.8

\*Medidas de control para ciudades no saturadas

- Tendencia Sin control
- Constante Prohibición de incrementar su concentración de PM2.5 actual
- Tasa - Obligación de reducir su concentración actual de PM2.5 en un 1% por año

- ▶ El control de ciudades no saturadas no parece ser relevante en las alternativas 1 y 2.
- ▶ Para la alternativa 3 la razón costo beneficio disminuye bastante con mayor control, pero los beneficios netos permanecen similares.

▶ 60



000177

### 3.9 Análisis de sensibilidad

#### Caswatech - Proyecto

Alternativas de norma	Escenario de asignación de curvas de costo	LAC	LAC-USA	USA	Beneficio Neto (MUS\$)	
					LAC-USA	USA
Alternativa 1	Más probable 0.06	1,300	29,081.4	39,019.43	13,475	57,826
	Otras Concepcion 0.08	1,706	19,499.9	39,419.09	9,114	39,132
	Otras Temuco 0.1	980	19,550.3	38,689.06	6,310	27,097
Alternativa 2	Otras Santiago 0.06	(415)	7,245.7	37,288.8	7,260.4	29,266.6
Alternativa 2	Más Probable 0.08	1,011	42,81.35	19,292.8	4,815.7	19,407.6
	Otras Concepcion 0.1	1,078	42,840.3	19,332.1	3,257.0	13,122.3
Alternativa 3	Otras Temuco 0.06	953	4,245.1	19,388.2	2,692.7	-10,517.8
	Otras Santiago 0.08	714	4,425.0	18,990.5	1,719.1	6,713.6
Alternativa 3	Más Probable 0.1	421	1,218.4	6,727.3	1,116.3	4,358.3
	Otras Concepcion	426	1,724	6,719		
	Otras Temuco	415	1,714	6,708		
	Otras Santiago	395	1,694	6,688		

#### Escenarios de asignación de curvas de costo a otras ciudades no analizadas

- Más probable** Las curvas de costo de otras ciudades están entre las curvas de Temuco y Concepción
- Otras Concepcion** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Concepción
- Otras Temuco** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Temuco
- Otras Santiago** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Santiago

### Impacto de Norma de PM2.5 en el camino de reducción de emisiones

- ▶ Existiendo una norma de PM10, ¿Por que se justificaría una norma de PM2.5?
- ▶ Según los costos y la composición del MP y sus precursores, podría ocurrir que la reducción de PM10 se lograra sólo a través de reducciones de la fracción gruesa.
- ▶ En ese caso, la relación PM2.5/PM10 iría aumentando. La existencia de una norma específica para PM2.5 evitaría esta situación.



## Conclusiones

---

- ▶ Normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas.
- ▶ Internacionalmente, para PM2.5 se observan niveles de norma entre 20 y 15 ug/m<sup>3</sup> anual, aun cuando las recomendaciones de la OMS son 10 ug/m<sup>3</sup> promedio anual

Con respecto a riesgos

- ▶ Debido a no existencia de umbral, se debe perseguir el objetivo de reducción de exposición de la población, además de un límite máximo.
- ▶ Riesgos de exposición de largo plazo son altos, y afectan a toda la población, justificando niveles entre los más bajos observados en las normas internacionales

## Conclusiones (cont.)

---

Con respecto a costos y beneficios de cumplimiento

- ▶ La implementación de la norma más exigente evaluada, produciría el mayor beneficio social neto.
- ▶ Por otra parte, aunque los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados, el beneficio neto agregado a nivel País es positivo.
- ▶ Estos resultados apoyan la aplicación del valor de norma recomendado por la OMS (alternativa más estricta de las alternativas evaluadas (alternativa I)).

Con respecto al control de PM2.5 o PM10

- ▶ Falta información de background, de composición del material particulado, para relacionar emisiones y concentraciones, y realizar análisis comparativo de reducciones de PM10 o PM2.5
- ▶ Escasean monitoreos periódicos en varias ciudades de Chile



## Recomendaciones Finales

---

- ▶ La evidencia epidemiológica muestra, con un gran grado de certeza, que el impacto del PM2.5 es mas alto que el de la fracción gruesa
- ▶ Parece adecuado controlar específicamente la fracción fina
- ▶ Por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de normalidad de PM2.5. O al contrario, **no hay** ningún **justificación** para **no hacerlo**.

## Anexos: Información Detallada

---



000180

## Inventario de Emisiones: Tocopilla

Fuentes	PM10
Norgener	427,9
Electroandina	1.286,5
Lipesed	38,1
Panaderías	7,0
Corpesca	4,7
Asadurías aves	2,7
Muelle carbón	5,0
SQM	7,4
Construcción de Caminos	3,3
Vertedero	3,6
Puerto Tocopilla	3,6
<b>Total Fuentes Estacionarias</b>	<b>1.789,8</b>
<b>Total Fuentes Móviles</b>	<b>2,1</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1.791,9</b>

▶ 70

## Inventario de Emisiones

### ▶ Santiago:

Categoría de Fuente	PM2.5 T/Año	NO <sub>x</sub> T/Año	COV T/Año	SO <sub>2</sub> T/Año	NH <sub>3</sub> T/Año
Fijas combustión	60,3	4.264,3	170,0	4.114,9	202,5
Fijas procesos +evap	281,1	4.019,0	734,2	3.691,4	8,5
Residenciales y comerciales	634,9	1.168,6	49455,6	329,3	7.748,2
Otras estacionarias	3.060,2	688,0	19.514,5	NE	26.048,5
<b>Total Estacionarias</b>	<b>4.036,5</b>	<b>10.139,8</b>	<b>69.874,3</b>	<b>8.135,6</b>	<b>34.007,7</b>
Buses	84,5	2825,6	526,1	18,5	1,3
Camiones	586,3	9.302,1	1.940,4	34,5	5,2
Veh livianos catal	0,0	5.464,9	3.351,2	57,1	871,7
Veh livianos no catal	0,0	6.037,4	8.217,2	13,0	5,1
Veh livianos diesel	75,8	1.422,8	140,7	6,9	1,0
Veh livianos gas	0,0	44,5	39,8	0,0	0,0
Motos	0,0	24,1	692,7	0,4	0,3
Fuera de ruta	437,8	1.602,0	976,7	45,5	31,6
<b>Total Móviles</b>	<b>1.184,3</b>	<b>26.723,4</b>	<b>15.884,7</b>	<b>175,9</b>	<b>916,2</b>
<b>TOTAL FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES</b>	<b>5.220,9</b>	<b>36.863,2</b>	<b>85.759,1</b>	<b>8.311,5</b>	<b>34.923,9</b>

▶ 71

Fuente: Elaboración propia con información de DICTUC  
(Noviembre 2006, según información de CONAMA)



000181

## Inventario de Emisiones

### ► Concepción:

FUENTES PUNTUALES		PM10 (Ton/Año)
Combustión	Combustión externa	11618.0
	Combustión interna	SI
Procesos	Metalurgia secundaria	687.0
	Industria de productos minerales	157.0
	Industria química	168.0
	Industria de madera y papel	36.0
	Industria de alimentos y agroindustria	28.0
Residencial	Combustión externa residencial	6006.0
Otras	Quemas	773.0
FUENTES MÓVILES		
Vehículos	Vehículos en ruta	229.0
Maquinaria	Maquinaria fuera de ruta	19.0
Fugitivas	Polvo natural resuspendido	5660.0
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>25381.0</b>

Fuente: Elaboración propia, con información de "Resumen y rectificación del inventario de emisiones atmosféricas del Gran Concepción. Estimación al año 2000. Revisada en agosto de 2005".

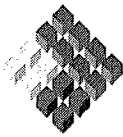
CONAMA Bío Bío.

► 72

## Medidas de Reducción de Emisiones

### Ejemplo: Tocopilla

Fuente	Medida	Eficiencia				Costo	
		PM10	PM2,5	SO2	NOx	Anualizado	\$/ton
Norgener	Indigo Agglomerator	40%	40%			361,599	2,113
Norgener	SNCR				50%	1,984,366	684
Norgener	SeaWater Flue Gas Desulfuration (SWFGD)			95%		7,227,271	854
Electroandina Unidades 12 y 13	Indigo Agglomerator	40%	40%			184,104	5,061
Electroandina Unidades 12 y 13	SNCR				50%	705,371	1,076
Electroandina Unidades 12 y 13	Lime Spray Dryer (LSD)			90%		801,787	357
Electroandina Unidades 14 y 15	Indigo Agglomerator	40%	40%			281,819	611
Electroandina Unidades 14 y 15	SNCR				50%	1,940,583	469
Electroandina Unidades 14 y 15	SeaWater Flue Gas Desulfuration (SWFGD)			95%		6,892,510	461



**NORMA PM2.5**

Fecha: Jueves 19 de Junio de 2008, 9:30 hrs.

Reunión N° 2 Comité Operativo

NOMBRE	INSTITUCIÓN	TELÉFONO	EMAIL	FIRMA
M <sup>o</sup> DE LA LOZ VASQUEZ	MIN. MINERIA	4733049	mvvasque@mineria.cl	<i>[Signature]</i>
WALTER FOLCH	MINSA	5740787	wfolch@minsa.cl	<i>[Signature]</i>
CAROLINA AMEROS	CONAMA	2405757	comen@conama.cl	<i>[Signature]</i>
ROBERTO CONDORI	SENERIA	3992541	rcondori@serm.cl	<i>[Signature]</i>
Patricia Matos	CENZA	2994112	pmatos@cenza.cl	<i>[Signature]</i>
Juan Erendino	MOP-SERMAT	4494008	juan.erendino@mop.gov.cl	<i>[Signature]</i>
Mayo Rodríguez	DICTUC	35844082	mirodri@puc.cl	<i>[Signature]</i>
Cristian de la Maza	DICTUC	3744082	cdelamaza@puc.cl	<i>[Signature]</i>
Pablo Salgado P.	SUBTRANS	4213427	psalgado@mtt.cl	<i>[Signature]</i>
Hector Ofilio Lillo	Gob. Reg. - Intendencia	2509309	holio@gobierno.regional.cl	<i>[Signature]</i>
Fernando Fariás	CONAMA	2405768	ffarias@conama.cl	<i>[Signature]</i>
Daniela Caimanque	CONAMA	2411829	dcaimanque@conama.cl	<i>[Signature]</i>
Alexandra Preeht	CONAMA	2405750	apreeht@conama.cl	<i>[Signature]</i>
HERNAN CONTRERAS C.	CNE	3656876	hcontreras@cne.cl	<i>[Signature]</i>
Candina Gómez A	CNE	3656876	cgomez@cne.cl	<i>[Signature]</i>
Jeanne P. Verdugo	MINYU	3513631	jimverdugo@minyu.cl	<i>[Signature]</i>

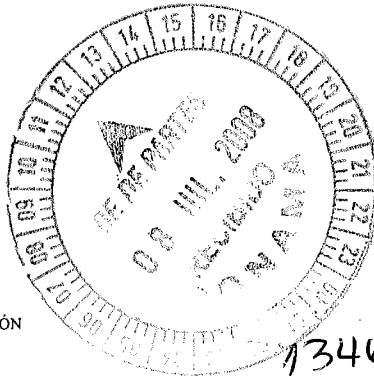
17. *[Signature]* para *[Signature]* CONAMA  
18. Carmen G. Contreras F. " " 2405772 *[Signature]*

000182



Gobierno de Chile  
Ministerio de Salud  
División de Políticas Públicas Saludables y Promoción  
Departamento de Salud Ambiental

Dra. JVM/Dra. HMM/Ing. JMU/WFA



13461

Handwritten initials and signatures: #14, #12, #13, #14, #15, #16, #17, #18, #19, #20, #21, #22, #23, #24, #25, #26, #27, #28, #29, #30, #31, #32, #33, #34, #35, #36, #37, #38, #39, #40, #41, #42, #43, #44, #45, #46, #47, #48, #49, #50, #51, #52, #53, #54, #55, #56, #57, #58, #59, #60, #61, #62, #63, #64, #65, #66, #67, #68, #69, #70, #71, #72, #73, #74, #75, #76, #77, #78, #79, #80, #81, #82, #83, #84, #85, #86, #87, #88, #89, #90, #91, #92, #93, #94, #95, #96, #97, #98, #99, #100

ORD.: B32/ 3823

ANT.: Su oficio N°81705, Compromisos del 26 de mayo del 2008.

MAT.: Informa sobre nominación de representante ante comité operativo que indica.

Santiago, 07 JUL 2008

DE: MINISTRA DE SALUD

A: DIRECTOR EJECUTIVO ✓  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Por medio del presente me permito informar a usted, que este Ministerio de Salud ha nominado como su representante ante el Comité Operativo para la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado MP-2.5, al Ing. Julio Monreal, Jefe del Departamento de Salud Ambiental y, como suplente al Sr. Walter Folch, Encargado del Programa de Contaminación Atmosférica del mismo departamento. El Ing. Monreal y Sr. Folch, pueden ser contactados a través de sus respectivos correos electrónicos [jmonreal@minsal.cl](mailto:jmonreal@minsal.cl); [wfolch@minsal.cl](mailto:wfolch@minsal.cl), o bien en el teléfono 574 07 91.

Saluda atentamente a Ud.

Handwritten signature of Dra. María Soledad Barria Iroume

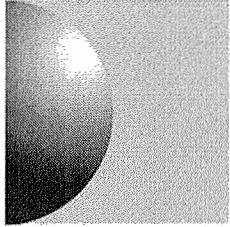


DRA. MARÍA SOLEDAD BARRIA IROUME  
MINISTRA DE SALUD

DISTRIBUCION

- Director Ejecutivo CONAMA
- Gabinete Sra. Ministra de Salud
- Subsecretaría de Salud Pública
- División de Políticas Públicas Saludables y Promoción
- Departamento de Salud Ambiental
- Of. de Partes





**INGENIERÍA  
DICTUC**

000185

**“ANÁLISIS DE ANTECEDENTES PARA EVALUACIÓN DE  
ESCENARIOS EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA DE  
CALIDAD PRIMARIA DE PM2.5”**

Estudio realizado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente

**DICTUC SA**

**División de Medio Ambiente**

**Gestión Ambiental Consultores S.A.**

**INFORME FINAL**

Revisada: 12 Septiembre 2008

## Contenidos

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1-21</b>
1.1	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1-21
1.2	ORGANIZACIÓN DEL REPORTE	1-22
<b>2.</b>	<b>REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA NORMATIVA A NIVEL MUNDIAL</b>	<b>2-23</b>
2.1	REGULACIONES HISTÓRICAS	2-23
2.1.1	<i>Valores Guía de la organización mundial de la salud</i>	2-23
2.1.2	<i>Estados Unidos</i>	2-26
2.1.3	<i>California, USA</i>	2-27
2.1.4	<i>México</i>	2-28
2.1.5	<i>Ecuador</i>	2-29
2.1.6	<i>Australia</i>	2-30
2.1.7	<i>Canadá - Normativa de Newfoundland y Labrador</i>	2-30
2.1.8	<i>Unión Europea</i>	2-31
2.2	RESUMEN DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL	2-32
<b>3.</b>	<b>CONVENIENCIA SOCIAL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ESTÁNDAR DE PM<sub>2.5</sub> EN CHILE</b>	<b>3-35</b>
3.1	ANÁLISIS NORMA DIARIA VERSUS NORMA ANUAL	3-36
3.1.1	<i>Funciones dosis – respuesta o concentración-respuesta (CR)</i>	3-38
3.1.2	<i>Tipos de Control</i>	3-41
3.1.3	<i>Norma diaria para PM<sub>2.5</sub></i>	3-43
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DE RIESGO INDIVIDUAL</b>	<b>4-47</b>
4.1	DATOS Y MÉTODOS	4-47
4.2	CAMBIOS EN EL RIESGO DE MUERTE PREMATURA	4-47
4.3	RIESGO EN EXCESO POR CIUDAD	4-50
4.4	CONTAMINACION VS. ACCIDENTES DE TRANSITO	4-52
4.5	ESPERANZA DE VIDA	4-52
<b>5.</b>	<b>DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE NORMA A ANALIZAR</b>	<b>5-54</b>
5.1.1	<i>Control de ciudades no saturadas</i>	5-57
<b>6.</b>	<b>COSTOS Y BENEFICIOS ASOCIADOS A CADA ALTERNATIVA</b>	<b>6-58</b>
6.1	REVISIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE PM Y SUS PRECURSORES	6-58
6.1.1	<i>Proyección de los inventarios de emisiones</i>	6-59
6.1.2	<i>Potenciales y costos de reducción de emisiones de PM</i>	6-60
6.2	COSTOS DE LOGRAR LOS NIVELES DE LA NORMA	6-61
6.2.1	<i>Curvas de costo medio</i>	6-61
6.2.2	<i>Estimación de curvas de costo total de abatimiento</i>	6-62
6.2.3	<i>Dependencia de los costos de reducción en el tiempo</i>	6-64
6.2.4	<i>Extrapolación curva de costos marginales</i>	6-66
	Análisis de Antecedentes Norma de Calidad Primaria de PM <sub>2.5</sub>	1-1

6.3	PROYECCIÓN DE LA LÍNEA BASE PARA CADA CIUDAD	6-66
6.4	REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES REQUERIDA PARA LOGRAR LA NORMA	6-68
6.4.1	<i>Concentraciones ciudades no saturadas</i>	6-69
6.5	BENEFICIOS UNITARIOS POR REDUCCIÓN DE PM2.5	6-69
6.6	RESTRICCIÓN NORMA DIARIA ACTIVA	6-71
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>7-78</b>
7.1	ANÁLISIS DE ESCENARIOS	7-79
7.2	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	7-80
7.3	CONVENIENCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN SIMULTANEA DE UNA NUEVA NORMA DE PM2.5 ADICIONAL A LA ACTUAL NORMA DE PM10 VIGENTE	7-81
7.4	CONSIDERACIONES	7-82
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>8-84</b>
<b>9.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>9-1</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXO: ESTUDIOS QUE HAN SERVIDO DE APOYO A LA DICTACIÓN DE NORMAS</b>	<b>9-7</b>
10.1	ESTUDIOS EN USA	9-7
10.2	ESTUDIOS LATINOAMERICANOS	9-8
10.3	OTROS ESTUDIOS RELEVANTES	9-10
<b>11.</b>	<b>ANEXO: ANÁLISIS DE EMISIONES Y CONCENTRACIONES HISTÓRICAS</b>	<b>9-12</b>
11.1	EMISIONES	9-12
11.1.1	<i>Fuentes de información y supuestos</i>	9-12
11.1.2	<i>Detalle de los Inventarios de Emisiones</i>	9-13
11.2	<i>Información de Calidad del Aire</i>	19
11.2.1	<i>Análisis estadístico de concentraciones ambientales por ciudad</i>	19
11.2.2	<i>Proyección estadística de concentraciones ambientales</i>	25
<b>12.</b>	<b>ANEXO: PROYECCIÓN DE EMISIONES Y CONCENTRACIONES</b>	<b>27</b>
12.1	RELACIÓN ENTRE EMISIONES Y CONCENTRACIONES	27
12.2	PROYECCIÓN DE CONCENTRACIONES AMBIENTALES	30
12.2.1	<i>Proyección de las emisiones</i>	30
12.2.2	<i>Concentraciones Ambientales</i>	31
<b>13.</b>	<b>ANEXO: MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES</b>	<b>33</b>
13.1	METODOLOGÍA	33
13.2	TOCOPILLA	33
13.2.1	<i>Medidas identificadas</i>	34
13.2.2	<i>Medidas seleccionadas</i>	37
13.3	SANTIAGO Y CONCEPCIÓN	39
13.3.1	<i>Fuentes Fijas</i>	39
13.3.2	<i>Fuentes móviles</i>	9-2
13.3.3	<i>Combustión Residencial de Leña</i>	9-4
13.4	TEMUCO	9-9
13.4.1	<i>Medidas consideradas</i>	9-10

<b>14.</b>	<b>ANEXO: AJUSTE DE UNA DISTRIBUCIÓN A DATOS DIARIOS</b>	<b>9-14</b>
<b>15.</b>	<b>ANEXO: IMPACTOS EN SALUD DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MATERIAL PARTICULADO</b>	<b>9-16</b>
15.1	EFFECTOS DEL PM10	9-16
15.2	ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS	9-17
<b>16.</b>	<b>ANEXO: METODOLOGÍA PARA ESTIMACIÓN DE RIESGOS Y BENEFICIOS</b>	<b>9-20</b>
16.1	EVALUACIONES DE IMPACTO EN LA SALUD	9-22
16.1.1	<i>El método de la función de daño</i>	9-22
16.1.2	<i>Funciones Concentración-Respuesta</i>	9-23
16.1.3	<i>Población Expuesta y Tasas de Incidencia</i>	9-26
16.1.4	<i>Agregación de efectos</i>	9-28
16.1.5	<i>Valoración de efectos en salud</i>	9-28
16.1.6	<i>Valoración de Beneficios</i>	9-32

## Lista de tablas

Tabla 1-1 Resumen normativa internacional para PM10 y PM2.5.....	1-9
Tabla 1-2 Riesgo Individual causas respiratorias y cardiovascular en Adultos mayores de 65 años para cuatro ciudades en estudio. Causa Cardiopulmonar.....	1-12
Tabla 1-3 Reducción Esperanza de vida (meses) de hombres y mujeres .....	1-12
Tabla 1-4 PM2.5 Concentraciones de PM2.5 por ciudad.....	1-14
Tabla 1-5 Beneficios unitarios estimados para 2005 (US\$/Persona* $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5).....	1-15
Tabla 1-6 Curvas de costo total por ciudad (US\$-año) .....	1-16
Tabla 2-1 Recomendaciones de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado 2-24	
Tabla 3-1 Parámetro $\beta$ de las funciones C-R utilizados en el análisis.....	3-39
Tabla 3-3 Número de días por sobre distintos niveles de concentraciones de PM <sub>2.5</sub> para la situación actual y para alternativas de norma anual de PM <sub>2.5</sub> .....	3-45
Tabla 3-4 Propuesta de norma diaria de PM <sub>2.5</sub> .....	3-46
Tabla 3-4 Propuesta de niveles para gestión de episodios críticos de la norma diaria de PM <sub>2.5</sub> .....	3-46
Tabla 4-1 Efectos en la salud que han sido asociados con la contaminación atmosférica por material particulado. ....	4-47
Tabla 4-2 Comparación del porcentaje de aumento del riesgo relativo de mortalidad asociado con la exposición a largo plazo de material particulado .....	4-48
Tabla 4-3 Tasa de mortalidad para las cuatro ciudades en estudio (2005) .....	4-50
Tabla 4-4 Riesgo en exceso para las cuatro ciudades en estudio Adultos entre 30 y 64 años. ....	4-51
Tabla 4-5 Riesgo en exceso para las cuatro ciudades en estudio Adultos mayores de 65 años.....	4-51
Tabla 4-6 Riesgo en exceso para las cuatro ciudades en estudio Adultos mayores de 65 años.....	4-52
Tabla 4-7 Reducción de la esperanza de vida según delta de concentración de PM25 .....	4-53
Tabla 5-1 Definición de las alternativas a evaluar.....	5-56
Tabla 6-1 Aporte relativo en las emisiones de PM10 y PM2.5 por sector para las cuatro ciudades .....	6-58
Tabla 6-2 Aporte relativo a las emisiones de precursores del material particulado por sector para las ciudades de estudio .....	6-59
Tabla 6-3 Tasa de crecimiento de las emisiones considerada para las ciudades de estudio .....	6-60
Tabla 6-4 Coeficiente $\beta$ estimado modelo de regresión para costos totales para diferentes años en evaluación .....	6-63
Tabla 6-6 Proyección concentraciones ciudades de interés. Niveles promedio anuales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5).....	6-67
Tabla 6-7. Valoración marginal de reducciones de concentraciones anuales de PM <sub>2.5</sub> (millones de dólares de 2005 por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM <sub>2.5</sub> reducido).....	6-70
Tabla 6-8 Beneficios unitarios estimados para 2005 (US\$/Persona* $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 .....	6-70
<b>Tabla 6-9 Beneficios medios por ciudad (MUSS/ <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> PM2.5).....</b>	<b>6-71</b>
Tabla 6-10 $\beta$ obtenidos por ciudad para PM <sub>10</sub> .....	6-72
Tabla 6-11 Norma diaria PM 10 en su equivalente anual.....	6-74

Tabla 6-12 Norma diaria PM 10 en su equivalente anual.....	6-75
Tabla 6-13 Razón media anual y P98 PM2.5 versus PM10 .....	6-75
Tabla 6-14 Norma anual implícita de PM2.5 en la norma de PM10 activa.....	6-76
Tabla 6-15 Norma activa según escenario proyección concentración tasa.....	6-76
Tabla 10-1 Principales Estudios realizados en USA .....	9-7
Tabla 10-2 Resumen Estudios Latinoamericanos.....	9-8
Tabla 10-3 Otros Estudios relevantes.....	9-10
Tabla 11-1: Estudios cuyos inventarios de emisiones fueron utilizados para cada localidad.....	9-12
Tabla 11-2: Asignación de las emisiones de los distintos contaminantes según el tipo de combustible de las calderas industriales .....	9-13
Tabla 11-3. Inventario de Emisiones de contaminantes de Tocopilla. Escenario 2005 (Ton/Año).....	9-14
Tabla 11-4. Detalle de las emisiones de las megafuentes (Ton/Año).....	9-15
Tabla 11-5. Resumen de emisiones de MP de Santiago para el año 2005 (Ton/Año).....	9-16
Tabla 11-6. Emisión de Fuentes Fijas de Santiago incorporadas al análisis (Ton/Año).....	17
Tabla 11-7. Resumen de emisiones de contaminantes de Gran Concepción (Ton/Año).....	18
Tabla 11-8. Emisiones de MP en Temuco y Padre Las Casas 2004 (Ton/Año).....	18
Tabla 11-9 Parámetro $\alpha$ obtenido concentraciones de PM10 y PM2.5 Gravimétricas .....	21
Tabla 11-10 Estadígrafos concentración PM 10 y PM 2.5 de la ciudad de Santiago .....	22
Tabla 11-11 Parámetros $\alpha$ y $\beta$ concentración PM 10 y PM2.5 de la ciudad de Santiago .....	23
Tabla 11-12 Tasa de variación concentraciones de PM10 y PM2.5 Teom ciudades.....	25
Tabla 12-1. Relaciones consideradas entre los contaminantes primarios y secundarios .....	29
Tabla 12-2. Factores Emisión-Concentración (FEC) para PM2,5 utilizados en el presente estudio ((ton/año)/(ug/m <sup>3</sup> )) .....	30
Tabla 12-3. Factores Emisión-Concentración (FEC) para PMc utilizados en el presente estudio ((ton/año)/(ug/m <sup>3</sup> )) .....	30
Tabla 12-4 Tasa de crecimiento de las emisiones considerada para las ciudades de estudio .....	31
Tabla 13-1 Costos Medidas Seleccionadas.....	38
Tabla 13-2 Eficiencia de Reducción de Contaminantes Lavador de Gases para Fuentes Fijas.....	43
Tabla 13-3 Costo Efectividad Quemador Low NO <sub>x</sub> para Fuentes Fijas .....	44
Tabla 13-4 Costo Efectividad Chemical Additives to Waste para Fuentes Fijas .....	46
Tabla 13-5. Medidas seleccionadas para las Fuentes Fijas. Santiago.....	47
Tabla 13-6. Medidas seleccionadas para las Fuentes Fijas. Concepción.....	49
Tabla 13-7. Supuestos utilizados en el modelo para estimar reducciones y costos de combustión residencial de leña .....	9-5
Tabla 13-8. Factores de emisión utilizados en el modelo para estimar reducciones y costos de combustión residencial de leña .....	9-6
Tabla 13-9. Proporción de leña seca supuesta .....	9-7
Tabla 13-10. Costos de estufas certificadas.....	9-8

Tabla 13-11 Reducción y Costo de Efectividad medio de las medidas .....	9-9
Tabla 13-12. Propuesta de Normativa en el Sector Industrial .....	9-13
Tabla 15-1 Efectos en la salud que han sido relacionados con la contaminación atmosférica .....	9-16
Tabla 16-1 Efectos en la salud cuantificables relacionados con la contaminación atmosférica .....	9-25
Tabla 16-2 Población según ciudad y grupo de edad .....	9-26
Tabla 16-3 Efectos en la salud valorizables relacionados con la contaminación atmosférica .....	9-29
Tabla 16-4 Valores unitarios de WTP transferidos de estudios en Latinoamérica (US\$ per 1000 \$IPC) .....	9-30
Tabla 16-5 Valores de costos médicos basados en estimaciones COI para LATinoamérica (US\$ per caso para PPPI de \$1000).....	9-31
Tabla 16-6 Duración promedio de enfermedades clasificadas en la categoría de admisiones hospitalarias (días por caso) .....	9-32
Tabla 16-7. Valoración marginal de reducciones de concentraciones anuales de PM <sub>2.5</sub> (millones de dólares de 2005 por µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>2.5</sub> reducido).....	9-33

## Lista de figuras

Figura 1 Alternativas de normas de PM2.5 analizadas.....	1-11
Figura 2 Esquema de cálculo de reducciones de concentraciones requeridas .....	1-13
Figura 3 Curvas de costo total por ciudad (US\$-año) .....	1-15
Figura 4 Resultados ciudades saturadas analizadas: Valor presente costos, razón costo – beneficio y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis .....	1-16
Figura 5 Resultados ciudades no saturadas analizadas: Valor presente costos, razón beneficio– costo y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis. ....	1-17
Figura 6 Análisis de sensibilidad tasa de descuento: Valor presente costos y beneficios netos .....	1-18
Figura 7 Análisis de sensibilidad asignación de curvas de costo: Valor presente costos y beneficios netos.....	1-19
Figura 8 Distribución de concentraciones diarias de PM10 y PM2.5 en Santiago, periodo 1989-1996.....	3-37
Figura 9 Probabilidad de que la concentración diaria de PM10 exceda el nivel de 150 ug/m3 en función del promedio anual.....	3-38
Figura 12 Control Peak.....	3-42
Figura 13 Control Peak más proporcional.....	3-42
Figura 14 Distribución anual de concentraciones simuladas por monitor .....	3-44
Figura 15 Comparación meta análisis estudios de series de tiempo diferentes fuentes .....	4-49
Figura 17 Curva de costo medio y costo total para Santiago.....	6-62
Figura 19 Curva de costo total vs reducción de concentraciones de PM2.5 por ciudad - 2010.....	6-64
Figura 21 Tendencia razón P98 versus media anual PM 10 en el tiempo .....	6-73
Figura 22 Resultados ciudades saturadas analizadas: Valor presente costos, razón costo – beneficio y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis .....	7-78
Figura 23 Resultados ciudades no saturadas analizadas: Valor presente costos, razón beneficio– costo y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis. ....	7-79
Figura 24 Análisis de sensibilidad tasa de descuento: Valor presente costos y beneficios netos .....	7-80
Figura 25 Análisis de sensibilidad asignación de curvas de costo: Valor presente costos y beneficios netos....	7-81
Figura 22 Resultados conveniencia norma de Pm2.5 vs norma Pm10: Valor presente costos, razón costo – beneficio y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis.....	7-82
Figura 26 Razón entre la concentración de PM10 y PM 2.5 para la ciudad de Santiago .....	24
Figura 27 Parámetro $\beta$ de PM10 y PM2.5 para la ciudad de Santiago .....	24
Figura 28 Concentración anual de PM 2.5 en la ciudad de Talcahuano.....	26
Figura 29 Fracción de componentes elementales del material particulado fino 2005 .....	28
Figura 31 Distribución de probabilidad concentración de PM10 sea mayor a estándar de USA .....	9-15
Figura 32 Distribución de probabilidad concentración de PM2.5 sea mayor a estándar de USA .....	9-15
Figura 33: Curvas concentración-respuesta para mortalidad resultante de exposiciones de corto y largo plazo	9-19
Figura 34 Esquema Metodológico del análisis.....	9-20



Figura 35 Esquema del método de la función de daño .....	9-22
Figura 36. Tasa de incidencia – Mortalidad Cardiovascular .....	9-27
Figura 37. Tasa de incidencia – Mortalidad Respiratoria .....	9-28

## Resumen Ejecutivo

El 5 de Diciembre del 2006, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) encargó un estudio que recopilará antecedentes con respecto a la normativa internacional para el material particulado con un diámetro aerodinámico menor a  $2,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (PM<sub>2.5</sub>), para dar continuidad al proceso de elaboración de la norma para PM<sub>2.5</sub> iniciada originalmente el año 2001. El objetivo general de este estudio es realizar un análisis de antecedentes de la tendencia internacional de la normativa para la fracción fina de material particulado que permita establecer alternativas de norma, y evaluar la conveniencia social de implementar una norma de PM<sub>2.5</sub> en adición a la norma de PM<sub>10</sub> actualmente vigente.

Una revisión de la normativa internacional muestra que hay varios países que han normado el material particulado fino. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha actualizado recientemente sus Valores Guía para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. A continuación se resume la normativa internacional para material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) y grueso (PM<sub>10</sub>).

Tabla 1-1 Resumen normativa internacional para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>

País	Año dictación	Nivel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						Referencia
		PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>			
		24-h	anual	Año entrada en vigencia	24-h	anual	Año entrada en vigencia	
EE.UU.	1997	150	50	1997	65	15	1997	EPA (1997)
	2006	150	revocada	2006	35	15	2006	EPA (2006)
Canadá	1997	120*	70*	1997				Canadian Council of Ministers of the Environment (2000)
	2000				30	15**	2010	
Newfoundland y Labrador, Canadá	2004	50	no hay	2004	25	no hay	2004	Newfoundland and Labrador Government (2004)
California								California Environmental Protection Agency (2002)
EE.UU.	2002	50	20	2003	35***	12	2003	Ministerio del Ambiente de Ecuador (2003)
Ecuador	2003	150	50		65	15		National Environment Protection Council of Australia (2003)
Australia	2004	50	no hay		25	8		Secretaría de Salud de México (2005)
México	2005	120	50		65	15		World Health Organization (2005)
OMS	2005	50	20	2005	25	10	2005	
OI-1		150	70		75	35		
OI-2		100	50		50	25		
OI-3		75	30		37,5	15		
Unión Europea	2000	50	40	2005				COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2008)
	2008					25	2010-2015	
	2008					20	2020	

\* Para TSP

\*\* Propuesta US EPA

\*\*\* No existe una norma diaria para PM<sub>2.5</sub> en California, sin embargo la EPA promulgó una norma diaria de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el PM<sub>2.5</sub>

Históricamente, las normas de calidad en Chile han sido fijadas con un nivel único, sin una introducción gradual. El plazo de cumplimiento de la norma, en el caso de las localidades que al momento de dictación de la norma no cumplen con ella, ha sido definido en el Plan de Descontaminación respectivo<sup>1</sup>. La única experiencia de una norma que contempla una variación en el tiempo es la norma de PM10, que considera una reducción en su valor diario en el año 2012 si es que para ese año no se ha dictado una norma de PM2.5.

Este enfoque tiene el problema de que no reconoce que el cumplimiento de la norma es, en general, un proceso que toma una cantidad de tiempo considerable, ya que incluye todos los plazos para la declaración de zona saturada, la formulación y dictación del respectivo Plan de Descontaminación, y luego la aplicación y cumplimiento de las medidas contenidas en el Plan.

La revisión de la literatura muestra que la práctica internacional ha ido migrando hacia un esquema de normas crecientemente estrictas en el tiempo. Las Guías de la OMS reconocen esto explícitamente, recomendado valores crecientemente menores para los objetivos de calidad ambiental. La regulación de la Unión Europea actualmente en discusión, fija, además de un valor límite decreciente en el tiempo, disminuciones graduales de los niveles de contaminación, aun para lugares que estén bajo el valor límite exigible legalmente, de manera de reducir la exposición de la población.

El tener los plazos de aplicación definidos en la norma presenta varias ventajas:

- Provee certeza jurídica a la autoridad y las fuentes con respecto a los niveles de la norma en el futuro
- Permite adelantar los análisis y planes para comenzar a aplicarlos apenas se haga activo el nuevo nivel
- Previene la usurpación de la capacidad de carga de una cuenca atmosférica con respecto a la norma actual, dando un instrumento a la autoridad para exigir desde antes de la aplicación formal de la norma compensaciones o limitaciones a las emisiones

Internacionalmente, para PM2.5 se observan niveles de norma de entre 35 y 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anual, aún cuando las recomendaciones de la OMS son llegar a una concentración final de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de promedio anual. En base a dicha información se analizaron varias alternativas de norma para Chile, con diferentes niveles de exigencia y se definieron tres alternativas a evaluar, dentro del horizonte de tiempo 2010 a 2030<sup>2</sup>.

Alternativa 1: La alternativa más estricta considera alcanzar el nivel guía de la OMS en 2030 (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con una meta intermedia de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2010, y de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020.

---

<sup>1</sup> No nos referimos aquí al caso de latencia o de aumento gradual de concentraciones que llevan a la latencia, ya que es similar.

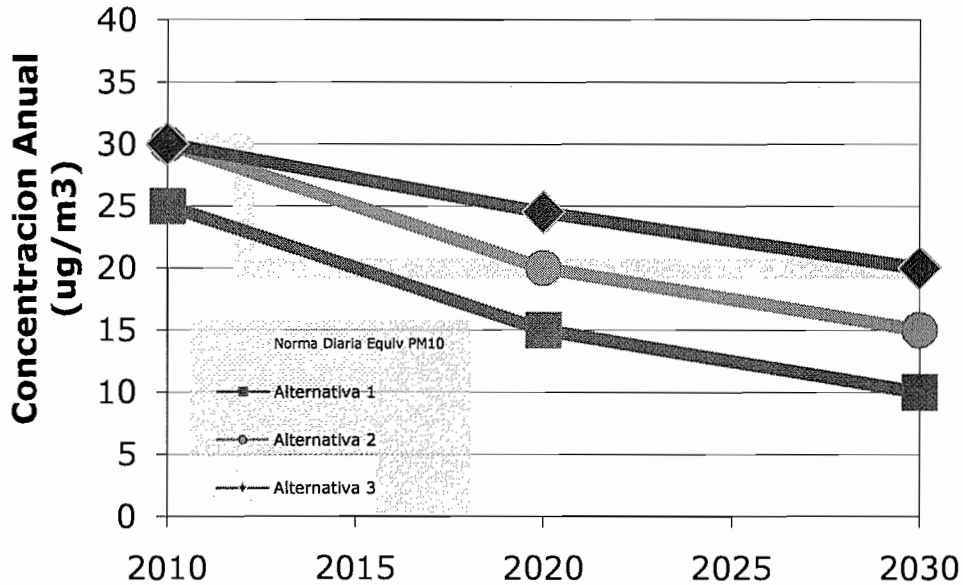
<sup>2</sup> En todo el informe se habla de plazos de aplicación de la norma desde 2010 a 2030. Dado que el análisis y probable promulgación de la norma se han demorado, hoy (2008) resulta más prudente sugerir como plazos de aplicación el periodo 2015-2035. El análisis y las conclusiones no cambian con esta modificación.

Alternativa 2: Meta de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020 y de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2030

Alternativa 3: Meta de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020 y de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2030

Las alternativas de norma para el material particulado fino (PM2.5) analizadas en el estudio se presentan en la Figura 1.

Figura 1 Alternativas de normas de PM2.5 analizadas



Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las alternativas en análisis, se determinó la conveniencia de establecer dicho estándar desde dos perspectivas: riesgos individuales y costos y beneficios sociales.

### Riesgos Individuales

El criterio basado en riesgos individuales se basa en la limitación de los riesgos que la sociedad considera aceptable imponer a sus miembros. En base a estimaciones de tasas de mortalidad por ciudad obtenidas de INE (2005) y los resultados de riesgo relativo reportados por Pope y Dockery (2006) se estimó las muertes evitadas y el aumento en la esperanza de vida (EV) por cada 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2.5 reducidos.

En la Tabla 1-2 se presenta el riesgo individual de cuatro de las ciudades en estudio, para adultos mayores de 65 años. El riesgo adicional está referido a la concentración de PM2.5 recomendada por la OMS que corresponde a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si en Santiago se alcanzara concentraciones de Pm2.5 como esta se evitarían 2800 muertes al año en es este grupo de edad.

**Tabla 1-2 Riesgo Individual causas respiratorias y cardiovascular en Adultos mayores de 65 años para cuatro ciudades en estudio. Causa Cardiopulmonar.**

Grupo Etareo	65+ años	Concepcion	Santiago	Temuco	Tocopilla
		<i>Tasa Mortalidad (casos por 100.000h/año)</i>			
		1,607	1,831	1,879	2,395
Concentracion	% Aumento Mortalidad	<i>Riesgo en Exceso (per 1 millon)</i>			
10	0.0%	0	0	0	0
15	0.6%	97	111	114	145
20	1.2%	194	222	227	290
25	1.8%	292	332	341	435
30	2.4%	389	443	455	580
35	3.0%	486	554	569	724

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005) y Pope and Dockery 2006

En la siguiente tabla se resume la reducción en la esperanza de vida de hombres y mujeres debido a diferentes escenarios de reducción en la concentración de PM<sub>2.5</sub>, de acuerdo a diferentes estudios.

**Tabla 1-3 Reducción Esperanza de vida (meses) de hombres y mujeres**

Estudio	Delra RR	Reducción PM <sub>2.5</sub> (ug/m3)	Reducción Esperanza de vida Hombres (meses)	Reducción Esperanza de vida Mujeres (meses)
ACS- Education adjusted	0,05	5	5,5	6,1
Base	0,033		3,5	4
Harvard 6 Cities	0,08		8,9	9,7
ACS- Education adjusted	0,1	10	11,2	12,2
Base	0,066		7,3	8
Harvard 6 Cities	0,16		17,8	19,2
ACS- Education adjusted	0,15	15	16,7	18
Base	0,099		11,1	12
Harvard 6 Cities	0,24		26,4	28,2

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005) y Pope and Dockery 2006

En la capital, actualmente la población está expuesta a una concentración de PM<sub>2.5</sub> igual a 35 ug/m<sup>3</sup>. Esto implica que, si se considera los valores de reducción de esperanza de vida estimados usando como referencia el estudio “Base”, actualmente un habitante de Santiago pierde cerca de 2 años en esperanza de vida con respecto a un escenario en que la concentración de PM<sub>2.5</sub> fuera de 10 ug/m<sup>3</sup>. Por otro lado, si se considera los valores de reducción estimados en base al estudio Harvard 6 Cities, la disminución en esperanza de vida en Santiago sería de hasta 4 años.

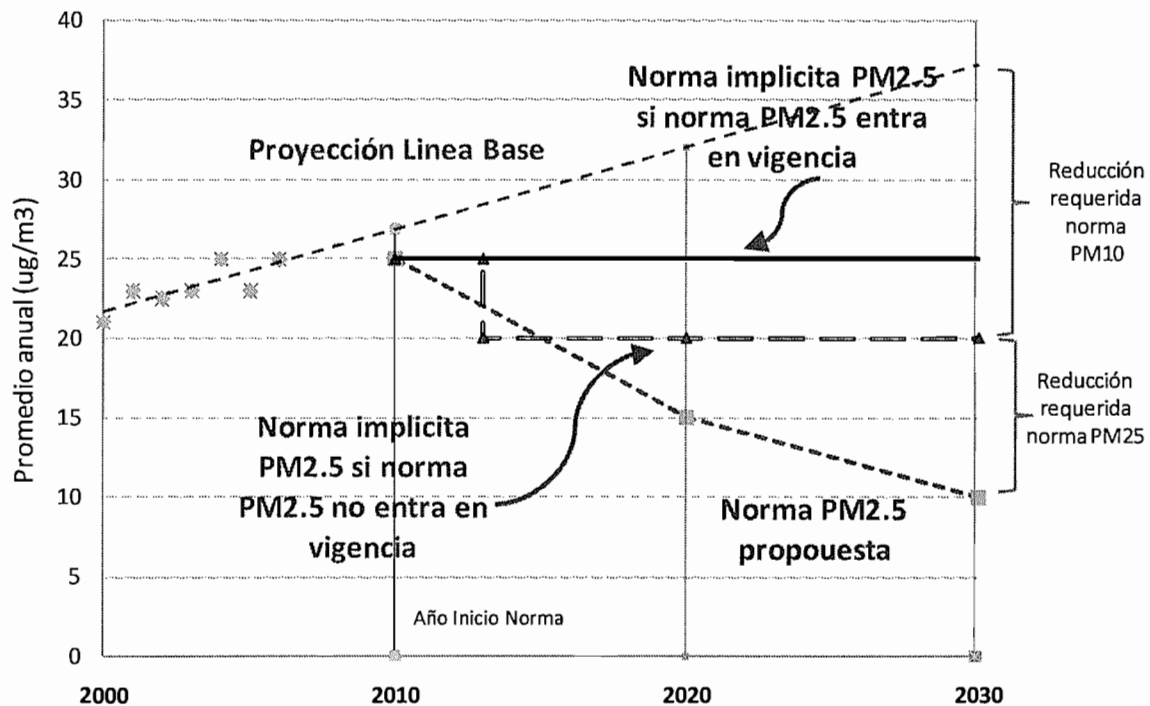
## Analisis Costo - Beneficio

La metodología utilizada para la estimación de los costos y beneficios sociales considera las siguientes etapas:

1. Proyección de la línea base para cada ciudad
2. Reducción de concentraciones requerida para lograr la norma
3. Estimación de beneficios unitarios por reducción de PM2.5
4. Restricción norma diaria activa
5. Estimación de costos sociales por reducción de PM2.5
6. Estimación de beneficios netos de la nueva norma

Se definió un esquema de cálculo de las reducciones de PM2.5 requeridas en el cuál se calcularon por una parte las reducciones de PM2.5 requeridas por la norma implícita de PM2.5 derivada de la actual normativa para el PM10 y las reducciones requeridas por la norma propuesta para el PM2.5, que correspondería a los beneficios que generaría la implementación de la norma para PM2.5. En la siguiente figura se muestra de manera gráfica el esquema utilizado.

**Figura 2 Esquema de cálculo de reducciones de concentraciones requeridas**



Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta las concentraciones de PM2.5 por ciudad:

**Tabla 1-4 PM2.5 Concentraciones de PM2.5 por ciudad**

Ciudad	PM10 (ug/m3)	PM2.5 (ug/m3)	Año base	A PM2.5/A PM10*	p98 PM2.5/p98 PM10**	Fuente
Concepción	55,3	22,7	2007	0,41	0,58	(7)
Santiago	70,4	32,8	2007	0,52	0,6	(1)
Temuco	46,8		2006	0,5	0,6	(5)
Tocopilla	53,3		2006			(6)
Viña del mar	34,5		2006	0,4	0,58	(5)
Valparaíso	34,5		2006	0,4	0,58	(4)
Antofagasta	44,1		2007			(8)
Rancagua	62,3		2006			(5)
Arica	48,6		2001			(4)
Talca	48,8	32,1	2007	0,66	0,92	(9)
Iquique	63,4		2001			(2)
Talcahuano	55,1	22,9	2007	0,42	0,62	(7)
Chillán	45,5		2007			(9)
Copiapo	71,5		2001			(2)
Chañaral	52		2001			(3)
Caldera	28		2001			(3)
Huasco	76		2001			(3)
Coyhaique	85		2007			(9)
Calama	57,3		2006			(8)
María Elena	206		2007			(8)
Mejillones	39,1		2006			(8)
Sierra Gorda	53		2005			(8)
Norte	53,3		2006			
Sur	46,8		2006	0,5	0,6	

(1) Sesma-Macam

(2) Cosude project

(3) CIMM

(4) Study: Antecedentes técnicos para norma primaria de calidad del aire para plomo

(5) SIVICA

(6) Tocopilla- monitors

(7) Concepción- monitors

(8) Study: Concentraciones II región-Conama Nacional

(9) Sample-Harvard

A: Promedio Anual

p98: Percentil 98

**Fuente: Elaboración propia en base a monitoreos de calidad del aire**

Como ya se mencionó, el beneficio social de la norma de Pm2.5 corresponde a las reducciones en concentraciones producidas por la nueva norma con respecto a la norma de PM2.5 implícita de la actual norma de PM10 en Chile<sup>3</sup>. Los beneficios sociales de las reducciones en concentración de PM2.5 requeridas por las alternativas de norma fueron estimadas multiplicando los beneficios unitarios por ug/m3 de PM2.5 reducido recopilados por Cifuentes et al. (2005) por las reducciones requeridas. Se analizaron tres escenarios de valoración: LAC, LAC-USA y USA. El primero considera funciones dosis – respuesta evaluadas en Latino América y el Caribe y el valor de la vida estadística estimado por Cifuentes y Prieto (2004). El escenario LAC-USA, considera funciones dosis – respuesta de exposiciones a largo plazo evaluadas en Estados Unidos y el valor de la vida estadística estimado por Cifuentes y Prieto (2004). En cambio el escenario USA, considera funciones dosis – respuesta de exposiciones a

<sup>3</sup> Debido a que el PM2.5 corresponde a una parte del PM10, de acuerdo a una cierta proporción que depende del tipo de fuente emisora presente en cada ciudad, una norma de PM10 indirectamente norma a una parte del PM2.5, lo que correspondería a una norma implícita para el PM2.5 de la actual norma de PM10.

largo plazo evaluadas en Estados Unidos y la disposición a pagar por evitar un evento de mortalidad estimada en Estados Unidos y transferida a Chile. Todos los escenarios consideran valores locales de costo de enfermedad (COI) para los eventos de morbilidad considerados en que no se dispone de estimaciones de disposiciones a pagar individuales. Los valores marginales utilizados en el estudio, en dólares por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  de promedio anual reducidos se presentan en la siguiente tabla.

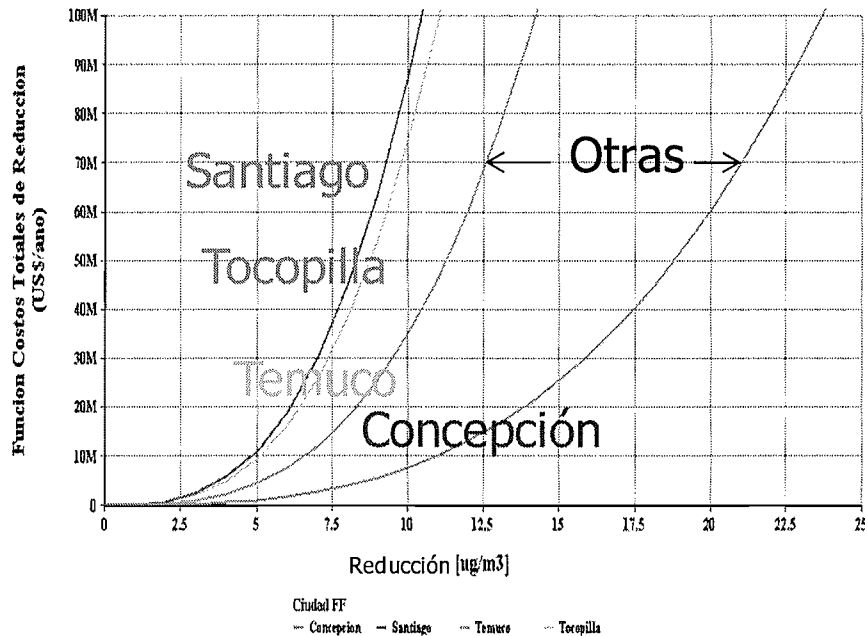
Tabla 1-5 Beneficios unitarios estimados para 2005 (US\$/Persona\*  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2.5}$ )

Año	Beneficio Unitario			
	Escenario	LAC	LAC-USA	USA
2005		1.8	5.4	27
2010		2.1	6.3	31.3
2020		2.8	8.4	42.1
2030		3.8	11.4	56.5

Fuente: Cifuentes et al. (2005)

Para estimar los costos sociales de alcanzar la nueva norma se construyeron curvas de costo total por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  reducido, en base a medidas reales de mitigación propuestas para cada ciudad. Se consideró que los costos disminuirán a un ritmo anual del 1% y que la eficacia de reducción de  $\text{PM}_{2.5}$  aumentará a la misma tasa (Rubin et al. 2004). Se asignó a ciudades sin información de costo una curva entre las estimadas para Temuco y Concepción.

Figura 3 Curvas de costo total por ciudad (US\$/año)



Fuente: Elaboración propia



**Tabla 1-6 Curvas de costo total por ciudad (US\$-año)**

**Costo total por ug/m3 reducido de PM25**

Ciudad	Coficiente (β)	T-Test	N	Desviación Estandar	R2 Ajustada
Santiago	87.261	80,4	40	1.086	0,97
Concepción	7.525	8,2	18	922	0,74
Temuco	35.173	10,4	5	3.397	0,71
Tocopilla	74.549	17,9	9	4.160	0,85

Ecuación: Costo Total= β·(Reducción Concentración)<sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Los costos sociales totales de cumplir la nueva norma por ciudad se calcularon restando los costos de reducción requeridos para cumplir la norma con respecto a la tendencia de las concentraciones observadas por ciudad (BAU) menos los costos asociados al cumplimiento de la norma de Pm2.5 implícita en la norma de PM10 vigente actualmente (ver figura 3).

**Resultados**

Se estimó el beneficio neto y la razón costo – beneficio para cada alternativa de norma propuesta por el consultor. En la Figura 4 se presenta el valor presente de los costos, de los beneficios netos y la razón costo – beneficio obtenidos.

**Figura 4 Resultados ciudades saturadas analizadas: Valor presente costos, razón costo – beneficio y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis**

Ciudad	Norma Pm2.5	VP Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo*			Beneficio Neto (MUS\$)**		
			LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Santiago	Alternativa 1	3,487	0.5	1.6	7.8	(1,676)	2,111	23,675
	Alternativa 2	1,572	0.7	2.1	10.1	(518)	1,685	14,236
	Alternativa 3	451	0.9	2.8	13.5	(45)	803	5,633
Norte	Alternativa 1	1,328	0.2	0.6	3.1	(1,050)	(468)	2,843
	Alternativa 2	272	0.3	0.9	4.6	(189)	(16)	970
	Alternativa 3	0	0.0	0.0	0.0	(0)	(0)	(0)
Centro	Alternativa 1	859	0.3	0.9	4.5	(601)	(62)	3,009
	Alternativa 2	379	0.3	0.8	3.9	(279)	(71)	1,114
	Alternativa 3	108	0.1	0.4	2.0	(94)	(64)	106
Sur	Alternativa 1	1,746	0.4	1.4	6.6	(977)	629	9,778
	Alternativa 2	618	0.4	1.3	6.3	(360)	179	3,251
	Alternativa 3	148	0.2	0.6	2.9	(119)	(60)	278
Total Nacional	Alternativa 1	6,561	0.3	1.3	7.0	(4,305)	2,209	39,305
	Alternativa 2	2,463	0.5	1.7	8.9	(1,347)	1,777	19,571
	Alternativa 3	598	0.6	2.1	11.1	(258)	672	6,017

**\*Razón Beneficio - Costo**

- ↑ Beneficios son mucho mayores que los costos
- ↔ Beneficios y costos son de la misma magnitud
- ↓ Costos son mucho mayores que los beneficios

**\*\*Beneficio Neto**

- ↑ Alto
- ↔ Medio
- ↓ Bajo

Fuente: Elaboración propia

Aunque los costos de reducción en regiones, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados en que se considera muertes a largo plazo (Escenarios de beneficios LAC – USA y USA), el beneficio neto agregado a nivel País es positivo. La implementación

de la norma recomendada por la OMS produce el mayor beneficio social neto (alternativa 1) considerando las muertes a largo plazo.

### Análisis de escenarios

Adicionalmente se modelaron tres escenarios diferentes de control de los niveles de concentración de las ciudades que se encuentran bajo las propuestas de norma de PM2.5 (ciudades no saturadas) siguiendo las recomendaciones de la propuesta de norma de la UE<sup>4</sup>:

*Tasa -* : todas las ciudades no saturadas son obligadas a reducir en un 1% su concentración promedio anual con respecto a su concentración base.

*Constante*: todas las ciudades no saturadas mantienen constantes sus concentraciones.

*Tendencia*: todas las ciudades no saturadas crecen según la tendencia observada.

Las dos primeras alternativas consideran normas para cada ciudad permitiendo que la población de cada zona sea expuesta a una igual o mejor calidad del aire a la que experimenta actualmente. La tercera alternativa permite que las concentraciones continúen aumentando según la tendencia de crecimiento actual (BAU) hasta el nivel normado (sin control). A continuación se presentan los resultados obtenidos para las ciudades no saturadas.

**Figura 5 Resultados ciudades no saturadas analizadas: Valor presente costos, razón beneficio– costo y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis.**

Norma PM2.5	Ciudades no saturados	VP Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo			Beneficio Neto (MUS\$)		
			LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Alternativa 1	Tendencia	7,420	0.4	1.3	6.3	(4,305)	2,209	39,305
	Constante	7,421	0.4	1.3	6.4	(4,263)	2,343	39,958
	Tasa -	7,492	0.4	1.4	6.6	(4,173)	2,768	42,292
Alternativa 2	Tendencia	2,841	0.5	1.6	7.9	(1,347)	1,777	19,571
	Constante	2,846	0.6	1.7	8.4	(1,250)	2,089	21,099
	Tasa -	3,251	0.6	1.8	8.8	(1,343)	2,647	25,369
Alternativa 3	Tendencia	706	0.6	2.0	9.5	(258)	679	6,017
	Constante	714	0.9	2.7	13.0	(96)	1,197	8,561
	Tasa -	1,629	0.7	2.2	10.7	(464)	1,974	15,857

**\*Medidas de control para ciudades no saturadas**

Tendencia	Sin control
Constante	Prohibición de incrementar su concentración de PM2.5 actual
Tasa -	Obligación de reducir su concentración actual de PM2.5 en un 1% por año

**Fuente: Elaboración Propia**

El control de ciudades no saturadas no parecen ser tan relevante en las alternativas 1 y 2, aunque, de todas formas, se observan aumentos en el beneficio neta al controlar a ciudades no saturadas de 25% y 48% respectivamente. Para la alternativa 3 el control de ciudades no

<sup>4</sup> Se define como ciudad no saturada, a las ciudades que presentan concentraciones promedio anuales menores a los límites normados.

saturadas implicaría un beneficio neto hasta dos veces mayor, principalmente debido a que existirían mayor número de localidades en que la norma estaría activa. De todas formas los beneficios. Se requiere mayor evidencia que permita detectar la existencia de posibles costos adicionales del control de este tipo de ciudades para poder recomendar una alternativa como esta.

### Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad con respecto a la tasa de descuento utilizada y a la asignación de curvas de costos asignadas a las ciudades bajo análisis, para estudiar el efecto de la variación de estos parámetros sobre los resultados obtenidos.

En primer lugar se reevaluó el análisis con una tasa de 6% y 10%. A continuación se presenta el valor presente de los costos y beneficios netos de las diferentes alternativas para cada uno de los escenarios de beneficios analizados.

**Figura 6 Análisis de sensibilidad tasa de descuento: Valor presente costos y beneficios netos**

Norma Pm2.5	Tasa de descuento	VP Costos (MUS\$)	Beneficio Neto (MUS\$)		
			LAC	LAC-USA	USA
Alternativa 1	0.06	10,822.5	(6,218)	3,411	58,246
	0.08	7,419.9	(4,305)	2,209	39,305
	0.1	5,194.2	(3,040)	1,466	27,124
Alternativa 2	0.06	4,256.4	(1,981.0)	2,777.2	29,874.2
	0.08	2,841.3	(1,347.1)	1,777.5	19,571.5
	0.1	1,933.0	(932.9)	1,158.6	13,069.2
Alternativa 3	0.06	1,098.1	(396.6)	1,070.4	9,424.9
	0.08	706.4	(258.2)	679.2	6,017.3
	0.1	462.1	(170.8)	438.4	3,907.7

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el resultado es muy sensible a los cambios en la tasa de descuento. Si se varía la tasa a un 6%, el beneficio neto obtenido para la alternativa 1, bajo el escenario más conservador (LAC) aumenta en un 40% aproximadamente. Considerando un escenario de beneficios (LAC – USA), que incluye muertes a largo plazo, los beneficios para esta alternativa aumentan en aproximadamente un 50%.

Por otra parte, se sensibilizó el criterio de asignación de curvas de costo a ciudades sin información. Como se puede observar de la figura siguiente, si los costos de reducción de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> fueran equivalentes a los de Santiago se tendría beneficios netos positivos sólo para el escenario menos conservador de beneficios unitarios de reducción (USA).

**Figura 7 Análisis de sensibilidad asignación de curvas de costo: Valor presente costos y beneficios netos**

Alternativas de norma	Escenario de asignación de curvas de costo		LAC		LAC-USA		USA
<b>Alternativa 1</b>	Más probable	↓	(4,305)	↑	2,209	↑	39,305
	Otras Concepcion	↓	(2,232)	↑	4,282	↑	41,378
	Otras Temuco	↓	(6,568)	↓	(54)	↑	37,042
	Otras Santiago	↓	(14,905)	↓	(8,391)	↑	28,705
<b>Alternativa 2</b>	Mas Probable	↓	(1,347)	↑	1,777	↑	19,571
	Otras Concepcion	↓	(626)	↑	2,499	↑	20,293
	Otras Temuco	↓	(2,117)	↑	1,008	↑	18,802
	Otras Santiago	↓	(4,983)	↓	(1,858)	↑	15,936
<b>Alternativa 3</b>	Mas Probable	↓	(258)	↑	679	↑	6,017
	Otras Concepcion	↓	(94)	↑	843	↑	6,181
	Otras Temuco	↓	(426)	↑	511	↑	5,849
	Otras Santiago	↓	(1,064)	↓	(127)	↑	5,212

**Escenarios de asignación de curvas de costo a otras ciudades no analizadas**

- Más probable** Las curvas de costo de otras ciudades están entre las curvas de Temuco y Concepción
- Otras Concepcion** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Concepción
- Otras Temuco** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Temuco
- Otras Santiago** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Santiago

**Fuente: Elaboración propia**

**Conclusiones**

La evidencia epidemiológica muestra, con un gran grado de certeza, que el impacto del PM2.5 es más alto que el de la fracción gruesa, lo que apoya la tendencia internacional de normar este contaminante. Con respecto al análisis de la normativa internacional se puede concluir que se ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas y al control de particuladas cada vez más finas. Por otra parte, se observa que niveles permitidos para PM2.5, vigentes en los países que controlan esta fracción, se encuentran entre 35 y 12 ug/m3 anual (con la excepción de Australia que exige concentraciones de 8 ug/m3), aún cuando las recomendaciones de la OMS son 10 ug/m3 de promedio anual.

Con respecto a riesgos individuales, se concluye que el impacto de la exposición a PM2.5 de largo plazo es alto (dos veces el riesgo de muerte en accidentes de tránsito) y afecta a toda la población (niños, adultos y adultos mayores), justificándose la implementación de los niveles de norma más estrictos observados internacionalmente. Por consiguiente, se puede considerar que, sería recomendable definir como nivel de exposición objetivo el recomendado por la OMS correspondiente a una concentración media anual de 10 µg/m3 que, según la evidencia científica (Dockery et al. (1993) y (Pope et al (2006)), estaría por debajo de la media para los efectos más probables. Por otra parte, debido a que no existe un umbral bajo el cual no se observen efectos a la salud en las personas (PAHO, 2005), se debe perseguir alcanzar el niveles de exposición cada vez menores; por lo que, alcanzados los niveles de concentración recomendados actualmente por la OMS (10 ug/m3 ) se debería estudiar la posibilidad de implementar límites aún más estrictos. Cabe destacar que aunque las alternativas 2 y 3

evaluadas, no consideran alcanzar aún el 2030 el objetivo de exposición recomendado por la OMS, de ser elegidas deberían considerar este límite como objetivo futuro.

Con respecto a costos y beneficios, la implementación de la norma más exigente de las alternativas evaluadas, produciría el mayor beneficio social neto. Por otra parte, aunque los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados que incluyen el efecto de muerte a largo plazo (Escenario LAC –USA y USA), el beneficio neto agregado a nivel País es positivo.

Del análisis se concluye que parece adecuado controlar específicamente la fracción fina, o por el contrario, no existe ninguna justificación para no hacerlo. Por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de normalización de  $PM_{2.5}$ . Adicionalmente, los resultados obtenidos, tanto en cuanto a riesgo como a costo-beneficio, apoyan la aplicación del valor de norma recomendado por la OMS (alternativa más estricta de las alternativas evaluadas (alternativa 1).

Con respecto a la conveniencia social de controlar  $PM_{2.5}$  versus  $PM_{10}$  se concluye que falta información de background y de composición del material particulado que permita relacionar emisiones y concentraciones. Esta información sería indispensable para realizar un análisis más detallado de las reducciones exigidas por la norma de  $PM_{10}$  y las reducciones de  $PM_{2.5}$  implícitas asociadas a este estándar en las distintas ciudades en estudio.

## 1. Introducción

El 5 de Diciembre del 2006 el Consejo Ampliado de CONAMA decidió priorizar el establecimiento de una norma para el material particulado con un diámetro aerodinámico menor a 2,5  $\mu\text{m}$  (micrómetros), llamado comúnmente material particulado fino, o PM2.5. Este estudio presenta la revisión de antecedentes disponibles a nivel mundial para analizar la conveniencia de establecer dicho estándar en la situación actual y futura de Chile.

Las normas primarias de calidad ambiental son un instrumento de gestión ambiental ampliamente usado en el mundo entero, y tienen como objetivo general, proteger la salud de la población<sup>5</sup>. Dado que este objetivo se encuentra en la definición de las normas de todo el mundo, cabría preguntarse por qué se debe estudiar este problema para el caso local de nuestro país. Según nuestro parecer, hay varios hechos que justifican revisar con detención los antecedentes:

1. Podría ocurrir que la población de nuestro país tuviera una sensibilidad diferente al PM2.5 respecto de la de otros países, debido a características genéticas, socio-económicas, culturales y demográficas
2. La composición del material particulado fino en nuestro país fuese podría ser diferente a la de aquellos lugares en que este se ha estudiado con mayor profundidad.
3. Debido a las características de las fuentes emisoras y de las concentraciones naturales de contaminantes particulados, podría resultar que el establecimiento de un estándar para PM2.5, adicional al ya existente para PM10, no tuviese ningún efecto práctico.

### 1.1 Objetivos del estudio

El objetivo general del estudio es evaluar la conveniencia social de adoptar una norma de calidad primaria para el material particulado fino (PM2.5) adicional a la actual norma de PM10 que rige en el país, analizando el nivel y el plazo de cumplimiento de esta norma.

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

1. Analizar la información existente de los niveles de PM2.5 en las ciudades del país. Adicionalmente, analizar la información acerca de los niveles de PM10 y la relación típica de ambas fracciones, estableciendo la relación entre la fracción fina, PM2.5, con la fracción gruesa.
2. Analizar los estudios de efectos en salud que se han realizado en Chile y en Latinoamérica, para estimar las mejoras en salud adicionales de la norma de PM2.5 con respecto a los que ya provee la norma vigente.
3. Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras de material particulado fino en el país, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas

---

<sup>5</sup> El lenguaje con que la legislación de cada país establece este objetivo difiere, pero en general, el objetivo es el mismo.

tecnologías, para las distintas situaciones locales de contaminación a lo largo del territorio nacional.

4. Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, Australia, México entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Unión Europea.
5. Evaluar los costos y beneficios que tendría la introducción de una norma de PM<sub>2.5</sub> en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.
6. Analizar la complejidad de gestión de una norma para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> simultánea versus la operación de una norma sólo para PM<sub>10</sub>, dependiendo de la ubicación geográfica.

## **1.2 Organización del reporte**

El reporte está organizado en tres grandes capítulos: El primer capítulo muestra una revisión bibliográfica de la experiencia internacional con respecto a la implementación de una norma para material particulado fino y el diseño recomendado para la implementación de la norma en el tiempo. En el segundo capítulo se desarrolla un análisis de la conveniencia social de la implementación de la norma desde dos perspectivas: riesgos individuales y costos y beneficios sociales para cuatro zonas metropolitanas de Chile: Gran Santiago, Gran Concepción, Temuco y Tocopilla y su extrapolación al resto del país. El capítulo final de este reporte resume las conclusiones del estudio y las recomendaciones del consultor.

## 2. Revisión del estado del arte de la normativa a nivel mundial

La investigación y regulación del material particulado han tenido un crecimiento explosivo a nivel mundial durante los últimos 15 años. Desde que la USEPA decidió a comienzos de los años 90 estudiar una norma para PM<sub>2.5</sub>, otros estados y organización la han emulado, tanto en el primer como en el tercer mundo. Una revisión de la literatura muestra que, después de los Estados Unidos y California, Australia, Canadá, México y Ecuador han dictado estándares para PM<sub>2.5</sub>. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó sus guías para este contaminante. A continuación se revisa la normativa de los países y organizaciones que han normado el material particulado fino.

### 2.1 Regulaciones históricas

En la siguiente sección se describe la experiencia internacional recopilada con respecto a regulación de material particulado fino.

#### 2.1.1 Valores Guía de la organización mundial de la salud

En respuesta a la vasta evidencia científica internacional con respecto a la incidencia de la concentración de material particulado fino en el aumento de la morbilidad y mortalidad de la población, el año 2000 la OMS publica<sup>6</sup> las primeras recomendaciones para la implementación de normativas locales para las concentraciones de este contaminante.

Debido a que con la información disponible en el 2000 no era posible establecer un nivel seguro para las concentraciones de material particulado fino, la OMS no recomendó valores guías. En el reporte se recomendaba los valores de riesgo en tablas, y que cada país decidiera su valor.

Las guías de 2000 prácticamente no se usaron debido a que los tomadores de decisiones no pudieron usar correctamente las tablas. Usarlas requiere establecer un nivel de riesgo aceptable para la población, lo que es un tema bastante delicado.

En 2005 la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó sus valores guía respecto al material particulado (World Health Organization (2005)). En esta revisión la OMS cambió su política anterior, de recomendar un riesgo unitario y dejar que cada país decidiera basado en sus preferencias un valor límite, por recomendaciones explícitas de valores guía. La norma anual se basa exclusivamente en los estudios de cohorte realizados en EE.UU, y que resultan en aumentos de riesgo de mortalidad de 6% por cada 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub>, para concentraciones anuales. Para la norma diaria, se consideró la evidencia existente en múltiples estudios de series temporales realizados en muchos países del mundo, y que resultan en un aumento del riesgo de muerte de 1% por cada 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub>, para concentraciones diarias. Los valores guía de PM<sub>10</sub> se derivaron a partir de los valores guía de PM<sub>2.5</sub>, suponiendo una razón PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> de 0.5, la que se podría cambiar si se tiene evidencia de valores diferentes. La siguiente tabla resume las recomendaciones de la OMS.

---

<sup>6</sup> OMS (2000)



**Tabla 2-1 Recomendaciones de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado**

Guías y Objetivos	(µg/m <sup>3</sup> )		Fundamento del nivel elegido
	PM10	PM2.5	
<b>Concentraciones medias anuales*</b>			
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	70	35	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	50	25	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2-11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	30	15	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP2,5.
<b>Concentraciones de 24 horas**</b>			
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	150	75	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta-análisis (incremento de alrededor del 5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	100	50	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta-análisis (incremento de alrededor del 2,5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-3 (OI-3)***	75	37,5	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta-análisis (incremento de alrededor del 1,2% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Guía de calidad del aire (GCA)	50	25	Basado en la relación entre los niveles de MP de 24 horas y anuales.

\* Se prefiere el uso del valor guía del MP2.5 ya que con niveles bajos despiertan menos preocupación las desviaciones episódicas.

\*\* Percentil 99 (3 días/año).

\*\*\* Con fines administrativos. Basado en los valores guía promedio anuales; el número exacto se ha de determinar sobre la base de la distribución de la frecuencia local de las medias diarias. La distribución de la frecuencia de los valores diarios del MP2.5 y el MP10 normalmente se aproxima a una función logarítmica de distribución normal.

**Fuente: Cuadro 1 (Pág. 15) y cuadro 2 (Pág. 16) de "Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005" World Health Organization (2005).**

Las explicaciones de los valores de la Guía están dadas en el mismo documento World Health Organization (2005):

*“Como valor guía para el MP2.5 en exposiciones prolongadas se eligió una concentración anual media de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el estudio de la Sociedad Americana del Cáncer (ACS) (Pope et al. (2002) este valor representa el extremo inferior de la gama en la que se observaron efectos significativos en la supervivencia. La adopción de una guía en este nivel concede un valor importante a los estudios de exposición prolongada que utilizan los datos de la ACS y los de Harvard de seis ciudades Dockery et al. (1993), Pope et al. (1995; Pope et al. (2002), Krewski et al. (2000), Jerrett M et al. (2005). En todos estos estudios se notificaron asociaciones estrechas entre la exposición prolongada al MP2.5 y la mortalidad. (...)”*

*“Según los resultados del estudio de Dockery et al. (1993), los riesgos son semejantes en las ciudades con las concentraciones prolongadas más bajas de MP2.5 (es decir, de 11 a 12,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Es manifiesto un mayor riesgo en la ciudad con la segunda concentración media prolongada más baja de MP2.5 (es decir, de 14,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), lo que indica que cabe esperar efectos en la salud cuando las concentraciones medias anuales son del orden de 11 a 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por consiguiente, se puede considerar que, según la bibliografía científica disponible, una concentración media anual de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estaría por debajo de la media para los efectos más probables.(...)”*

*Además del valor guía, se definen tres objetivos intermedios (Morel et al. (1999)) para el MP2,5 (véase la tabla anterior). Se ha demostrado que éstos se pueden alcanzar con medidas sucesivas y sostenidas de reducción. Los países pueden encontrar estos valores intermedios particularmente útiles para calcular los progresos con el paso del tiempo en el difícil proceso de reducir constantemente la exposición de la población al MP.*

*Como nivel del OI-1 se eligió una concentración media anual de MP2,5 de 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este nivel corresponde a las concentraciones medias más elevadas notificadas en estudios sobre los efectos prolongados en la salud y puede reflejar también concentraciones históricas más altas, pero desconocidas, que pueden haber contribuido a los efectos observados en la salud. Se ha demostrado que en el mundo desarrollado este nivel está asociado con una mortalidad elevada.*

*El nivel de protección del OI-2 se establece en 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y se basa en los estudios de exposición prolongada y mortalidad. Este valor es superior a la concentración media con la cual se han observado efectos en tales estudios, y probablemente esté asociado con efectos significativos en la salud derivados de exposiciones tanto prolongadas como diarias a MP2,5. El logro de este valor del OI-2 reduciría los riesgos de la exposición prolongada para la salud en alrededor de un 6% (IC del 95%, 2–11%) en relación con el valor del OI-1. El nivel recomendado del OI-3 es de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , concediendo un valor aún mayor a la probabilidad de efectos significativos asociados con la exposición prolongada. Este valor está próximo a las concentraciones medias que se notifican en los estudios de exposición prolongada y determina una reducción adicional en el riesgo de mortalidad del 6% con respecto al valor del OI-2.*

000211

*También se recomiendan las GCA y los objetivos intermedios correspondientes para el MP10. Esto se debe a que un valor guía para el MP2,5 por sí solo no ofrecería protección frente a los efectos perjudiciales del MP grueso (la fracción entre 10 y 2,5  $\mu$ ). Sin embargo, se estima que las pruebas cuantitativas sobre el MP grueso son insuficientes para preparar guías separadas. En cambio, hay abundante bibliografía sobre los efectos de la exposición breve al MP10, que se ha utilizado como base para la formulación de las GCA de la OMS y los objetivos intermedios para las concentraciones de 24 horas de MP. (...)*

*En estudios múltiples realizados en Europa (29 ciudades) y en los Estados Unidos (20 ciudades) se notificaron efectos de mortalidad a corto plazo con MP10 del 0,62% y el 0,46% por 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (media de 24 horas), respectivamente Samet et al. (2000; Katsouyanni K et al. (2001). En un meta-análisis de los datos de 29 ciudades situadas fuera de Europa occidental y de América del Norte se observó un efecto de mortalidad del 0,5% por 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Cohen et al. (2004)), en realidad muy parecido al obtenido para las ciudades asiáticas (0,49% por 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) HEI International Scientific Oversight Committee (2004). Estos resultados parecen indicar que los riesgos para la salud asociados con exposiciones breves al MP10 probablemente son semejantes en las ciudades de los países desarrollados y en desarrollo, con un aumento de la mortalidad de alrededor del 0,5% por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración diaria.*

*Por consiguiente, cabe suponer que una concentración de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dará lugar a un incremento aproximado de la mortalidad diaria del 5%, efecto que sería motivo de gran preocupación y para el cual se recomendarían medidas correctoras inmediatas. El nivel del OI-2 de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estaría asociado con un incremento aproximado de la mortalidad diaria del 2,5% y el nivel del OI-3 con un aumento del 1,2% (cuadro 2). La GCA para el promedio de 24 horas del MP10 es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y refleja la relación entre las distribuciones de las medias de 24 horas (y su percentil 99) y el promedio de las concentraciones anuales.”*

### **2.1.2 Estados Unidos**

La US EPA dictó por primera vez una norma para el PM2.5 en 1996. La dictación de esta norma suscitó una serie de controversias en Estados Unidos, tanto que la autoridad fue demandada por la Asociación de Camioneros de América<sup>7</sup> poco tiempo después de promulgado el estándar. La demanda fue resuelta finalmente en 2001 por la Corte Suprema de EE.UU. a favor de la EPA, reafirmado la autoridad de la agencia para dictar los estándares.

El proceso de actualización de la normativa de USA considera la publicación de dos documentos principales: el “Documento de Criterios” EPA (2004; EPA (2004) fue publicado en Octubre de 2004 y contiene una exhaustiva revisión de todos los estudios científicos de los años 1996 a 2003 aproximadamente (los estudios anteriores se revisaron en el documento de la revisión anterior del estándar) y el “Equipo Paper” EPA (2005), publicado en Junio de 2005, que resume los principales hechos esenciales para la dictación de la norma y presenta la

<sup>7</sup> Am. Trucking Ass'ns, Inc. v. EPA, 175 F.3d 1027 (D.C. Cir. 1999).

posición del personal técnico de la EPA con respecto a los estándares. Además del Documento de Criterios y del Equipo Paper, la EPA realizó un análisis de riesgo de material particulado en áreas seleccionadas de USA EPA (2005). Aquí se puede encontrar información cuantitativa de los riesgos. La decisión final es tomada por el administrador de la EPA, considerando los antecedentes presentados en dicha publicación.

La anterior revisión publicada el año 1996 entregó las bases científicas para agregar a la norma de PM10 del año 1987 (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio de 24 horas; 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio anual) la norma PM2.5 (65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio de 24 horas; 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio anual). En la revisión de 2005, se revocó la norma anual para PM10 debido a la falta de evidencia que asocie problemas en salud por exposición de largo plazo a PM grueso, y además se hizo más estricta la norma para PM2.5, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2-1 Estándares ambientales de calidad de aire en USA para material particulado.**

Contaminante	Estándar $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estándar primario	Periodo	Estándar secundario
PM10	Revocado (1)		Anual (1) (promedio aritmético)	
	150		24-h (2)	
PM2.5	15		Anual (3) (promedio aritmético)	Igual al primario
	35		24-h (4)	

**NOTAS:**

(1) Debido a la falta de evidencia ligando problemas en salud por exposición de largo plazo a PM grueso, la EPA revocó el estándar anual para PM10 en 2006.

(2) No se debe exceder más de una vez al año en promedio durante 3 años.

(3) Para lograr este estándar, el promedio de 3 años del promedio anual ponderado de PM2.5 de monitores simples o múltiples orientados a comunidades, no debe exceder los 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

(4) Para lograr este estándar, el promedio de 3 años del percentil 98 de las concentraciones de 24-h en cada monitor orientado a poblaciones dentro de un área, no debe exceder los 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Fuente: <http://www.epa.gov/oar/particlepollution/standards.html>.

Es interesante notar la tendencia que ha seguido la EPA en la regulación de partículas cada vez más finas. El primer estándar, dictado en 1971, regulaba la concentración de partículas totales suspendidas (PTS o TSP). En 1987 el estándar se revisó y se regularon las partículas de diámetro aerodinámico menor a 10  $\mu\text{m}$  (PM10). Finalmente en 1996 se regularon las partículas de diámetro menor a 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5).

### 2.1.3 California, USA

El Estado de California actualizó su norma de material particulado el año 2002, basándose en las revisiones realizadas por la US EPA. El reporte del equipo de la Agencia de Protección Ambiental del estado de California de USA California Environmental Protection Agency (2002), llegó a la conclusión de que se debe agregar una norma para PM2.5 y se debe mejorar la norma de PM10 de acuerdo a lo siguiente:

- El promedio anual para PM10 disminuye de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- El promedio diario para PM10 se mantiene en 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- El promedio anual para PM2.5 establece un nuevo estándar de 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- El promedio diario para PM2.5 establece un nuevo estándar de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Con este nuevo estándar, California se sitúa en un nivel aun más estricto que la regulación federal para EE.UU, e incluso aun más estricta que el estándar revisado por la USEPA con posterioridad a la dictación de este estándar.

La revisión de California se basa principalmente en los estudios de exposición a largo plazo a material particulado. Como parte de un estudio realizado en 6 ciudades en USA Dockery et al. (1993) llamado "Six Cities Study" se realizó un estudio de cohorte prospectivo a 8111 adultos de entre 14 y 16 años en el noreste y oeste de USA comenzando a mediados de los 70s. Los autores encontraron que altos niveles de PM2.5 y SO4 estaban asociados con un 26% de aumento en todas las causas de mortalidad al comparar las ciudades más contaminadas con las menos contaminadas y que un aumento de PM2.5 estaba asociado a aumento de mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

En un estudio más extenso llamado el "ACS Study" de la American Cancer Society (Pope et al. (1995)) se hizo un seguimiento a mas de 500 mil sujetos adultos en 154 ciudades en USA, entre los años 1982 y 1989. Nuevamente los niveles altos de PM2.5 fueron asociados con un aumento en todas las causas de mortalidad (6%) y en enfermedad cardiovascular en las 50 ciudades en que había mediciones de PM2.5.

Ambos estudios generaron controversia entre todos los actores interesados en la normativa de material particulado por lo que se realizó un nuevo análisis de los datos usados en el estudio ACS organizado por el HEI (Health Effects Institute), este análisis lo realizó el equipo de la Universidad de Ottawa (Krewski et al. (2000)). Esta auditoría demostró que los datos en el análisis original fueron de alta calidad, así como lo fueron los estimadores de riesgo.

### 2.1.4 México

La Secretaría de Salud de México modificó la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 de Salud ambiental el año 2005 Secretaría de Salud de México (2005), estableciendo nuevos criterios para evaluar la calidad del aire con respecto a material particulado. Para PM10 estableció un límite de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio anual, mientras que para PM2.5 estableció un límite de 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio de 24 horas y de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio anual (se usa el valor del percentil 98).

La norma mexicana es similar a la norma de EE.UU., aunque con un nivel menor para el nivel diario de PM10 (120 vs 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Consideró la información de estudios disponibles en Latinoamérica, especialmente en el mismo México. Referencias relevantes (diferentes de California EPA) para la dictación de la norma mexicana se muestran en la siguiente tabla. Se excluyeron de ella los documentos citados por la US EPA y California EPA, sólo se mencionan los estudios epidemiológicos (por lo tanto quedan excluidos los estudios in vitro, toxicológicos y de técnicas de laboratorio).

**Tabla 2-2 Resumen de riesgos relativos de mortalidad total para material particulado fino de estudios de series de tiempo usados en la dictación de la norma mexicana.**

Lugar	Efecto	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	RR (95% CI)	Fuente
México	Mortalidad	aumento de 10	1.48% (0.98- 2.68%) / 4.07% (2.49-5.66%) para PM10-2.5 mg/m <sup>3</sup>	Castillejos et al. (2000)
México	Mortalidad	no entrega	no entrega	Tellez-Rojo et al. (2000)*
México	Reducción de flujo respiratorio	exposición a 17	7.1%	Gold et al. (1999)
Santiago	n° de visitas al hospital 2-3 días después	aumento de 45	2.7%-6.7%	Illabaca et al. (1999)
México	Mortalidad	aumento de 10	6.9%	Loomis et al. (1999)

\* Estudio sobre PM10.

Fuente: elaboración propia en base Secretaría de Salud de México (2005)

### 2.1.5 Ecuador

El 31 de marzo de 2003 en la Edición Especial No. 2 del Registro Oficial por Decreto Presidencial No. 3516 se publica el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del ambiente que consta de nueve libros, cuyo libro VI trata de la Calidad Ambiental. El anexo 4 es sobre calidad del aire ambiente. La norma establece lo siguiente Ministerio del Ambiente de Ecuador (2003):

- Material particulado menor a 10 micrones (PM10).- El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.
- Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2.5).- Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM2.5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder sesenta y cinco microgramos por metro cúbico ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año.

No se encuentra publicado en el sitio web oficial del Ministerio del Ambiente de Ecuador el documento con las referencias que soportan esta normativa. Se aprecia que el estándar es similar al estándar de EE.UU. publicado en 1996.

000215

## 2.1.6 Australia

El Consejo Nacional de Protección Ambiental de Australia (National Environment Protection Council - NEPC) dictó los estándares uniformados de calidad de aire ambiental en el año 1998, los que fueron revisados a partir del 2003 y cambiados finalmente el año 2005.

Ese año se estableció, además de la norma diaria de PM10 de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (que sólo puede sobrepasarse 5 días al año como máximo), una norma para PM2.5 de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio de 24-h, y de 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio anual National Environment Protection Council of Australia (2003).

## 2.1.7 Canadá - Normativa de Newfoundland y Labrador

Canadá dictó su normativa de material particulado el año 2000 llamada “Canada-wide Standards for Particulate Matter (PM) and Ozone” (CWS) Canadian Council of Ministers of the Environment (2000). La normativa para PM2.5 es de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el promedio de 24-h para el año 2010, basado en el percentil 98 medido anualmente, promediado 3 años consecutivos. La norma de material particulado es para Partículas Totales en Suspensión (TSP) y recomiendan los valores anuales de la US EPA. Además de los estándares para todo el país, dos estados de Canadá han establecido estándares para PM2.5: Newfoundland y Labrador Newfoundland and Labrador Government (2004). La evidencia que soporta esta normativa canadiense se encuentra resumida Environment Canada (2000) y es la siguiente:

**Tabla 2-3 Resumen de riesgos relativos (mortalidad total) para material particulado fino de estudios de series de tiempo usados en la dictación de la norma canadiense.**

Lugar y fuente	Nivel de PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media, rango)	RR para un aumento de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (95% CI)
St. Louis, Missouri, USA Dockery et al. (1992)	17.7; max. 75	1.19 (p = 0.075) (95% CI no entregado)
Kingston-Harriman, Tennessee, USA Dockery et al. (1992)	21; max. 58	1.17 (p = 0.28) (95% CI no entregado)
Philadelphia, Pennsylvania, USA Dockery (1996)	no entregado	1.20 (1.04-1.35)
Six Cities Study (USA) Schwartz (1996)	14.7; 4.3-431 (IQR 14.0)	1.15 (1.11-1.19)
- St. Louis, Missouri	18.7 $\pm$ 10.5	1.11 (1.04-1.17)
- Kingston-Harriman, Tennessee	20.8 $\pm$ 9.6	1.14 (1.02-1.26)
- Boston, Massachussets	15.7 $\pm$ 9.2	1.22 (1.15-1.29)
- Steubenville, Ohio	29.6 $\pm$ 21.9	1.10 (0.99-1.21)
- Topeka, Kansas	12.2 $\pm$ 7.4	1.08 (0.80-1.36)
- Portage, Wisconsin	11.2 $\pm$ 7.8	1.12 (0.97-1.28)

Fuente: adaptado de tabla 8 (pag. 29) del documento “Canada-Wide Standards for Particulate Matter (PM) and Ozone” Canadian Council of Ministers of the Environment (2000).

## 2.1.8 Unión Europea

El proceso de implementación de una normativa para material particulado fino en la Unión Europea se resume en dos reportes o guías: la primera en el año 1999 y su actualización el año 2007.

### 2.1.8.1 Guías de 1999

La Unión Europea dictó la DIRECTIVA 1999/30/CE del Consejo el año 1999 Unión Europea (1999) relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente. En ésta se encuentra normado el PM10, sin embargo, la norma establece que se deben comenzar a medir las PM2.5 para establecer límites de concentración.

Los límites para PM10 se establecieron en 2 fases:

#### FASE 1

1. Valor límite diario para la protección de la salud humana es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año, con un 50% a la entrada en vigor de la presente Directiva, con una reducción lineal para el 1 de enero de 2001 y a continuación cada 12 meses hasta alcanzar el 0% para el 1 de enero de 2005.
2. Valor límite anual para la protección de la salud humana es de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10, 20% a la entrada en vigor de la presente Directiva, una reducción lineal para el 1 de enero de 2001 y a continuación cada 12 meses hasta alcanzar el 0% para el 1 de enero de 2005.

#### FASE 2

1. Valor límite diario para la protección de la salud humana es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10 que no podrán superarse en más de 7 ocasiones por año. Se derivará de los datos y será equivalente al valor límite de la fase 1 (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010).
2. Valor límite anual para la protección de la salud humana<sup>8</sup> es de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10, 50% el 1 de enero de 2005 y a continuación cada 12 meses en un porcentaje anual idéntico hasta alcanzar el 0% para el 1 de enero de 2010.

### 2.1.8.2 Guías de 2007

La Comisión de la Comunidad Europea propuso en 2005<sup>9</sup> normar el PM2.5 de dos maneras: a través de un límite y un objetivo de reducción de exposición de la población COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2005).

La propuesta de la comisión considera un valor límite de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de promedio tri-anual a cumplirse el año 2010, con una reducción porcentual constante desde el valor existente al momento de declararse la norma hasta el valor límite para 2010. Luego, para el año 2020, la

---

<sup>8</sup> 1 año civil

<sup>9</sup> Al momento de finalizar este estudio la Unión Europea se encuentra aún en proceso de revisión de sus directivas.



propuesta considera un objetivo de reducción de exposición del 20% con respecto al nivel de 2010, a menos que este fuese menor que  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es decir, para el 2020 el valor límite implícito es de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el peor de los casos, y un 20% menor al valor observado en 2010 (todos los valores en promedio tri-anual).

La propuesta original fue presentada al Parlamento Europeo, el Comité Regional, y el Comité Económico y Social, los que hicieron las observaciones correspondientes. Frente a esas observaciones, la Comisión Europea ha propuesto una modificación a la propuesta anterior COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007). En lugar del límite vinculante legalmente de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 2010, propuso un límite igual pero no vinculante para ese año, moviendo el límite vinculante para 2015. El objetivo de reducción de exposición del 20% para todos aquellos lugares con concentraciones mayores a  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ha sido reemplazado por una reducción escalada para aquellos lugares entre 7 y  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Como se desprende de estos cambios, la discusión se encuentra aún en pleno desarrollo.

La combinación de valor límite y objetivo de reducción de emisiones es muy interesante, ya que reconoce que no existiendo un nivel seguro de concentraciones (o al menos, el nivel es muy bajo, en este caso, aceptado implícitamente en  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se debe apuntar a una reducción constante de los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$ , pero con un esfuerzo máximo de 20% en 10 años.

## **2.2 Resumen de la normativa internacional**

Desde que la USEPA dictó la primera norma para  $\text{PM}_{2.5}$  en el mundo en 1996, la han seguido una serie de Estados. En el año 2000 se suman algunos estados de Canadá (Newfoundland y Labrador), luego el estado de California en USA en 2002, y en el año 2003 Australia y Ecuador. La Organización Mundial de la Salud (OMS) dicta un estándar el año 2005, junto con esto México actualiza su norma de 1993 agregando un estándar de  $\text{PM}_{2.5}$  en 2005. La última modificación normativa a  $\text{PM}_{2.5}$  la realizó nuevamente USA el año 2006.

A continuación se resume la normativa internacional para el  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  en la siguiente tabla.

**Tabla 2-4 Resumen normativa internacional para PM10 y PM2.5**

País	Año dictación	Nivel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						Referencia
		PM10			PM2.5			
		24-h	anual	Año entrada en vigencia	24-h	anual	Año entrada en vigencia	
	1997	150	50	1997	65	15	1997	EPA (1997)
EE.UU.	2006	150	revocada	2006	35	15	2006	EPA (2006)
	1997	120*	70*	1997				
Canadá	2000				30	15**	2010	Canadian Council of Ministers of the Environment (2000)
Newfoundland y Labrador, Canadá	2004	50	no hay	2004	25	no hay	2004	Newfoundland and Labrador Government (2004)
California								California Environmental Protection Agency (2002)
EE.UU.	2002	50	20	2003	35***	12	2003	California Environmental Protection Agency (2002)
Ecuador	2003	150	50		65	15		Ministerio del Ambiente de Ecuador (2003)
								National Environment Protection Council of Australia (2003)
Australia	2004	50	no hay		25	8		Secretaría de Salud de México (2005)
México	2005	120	50		65	15		World Health Organization (2005)
OMS	2005	50	20	2005	25	10	2005	World Health Organization (2005)
OI-1		150	70		75	35		
OI-2		100	50		50	25		
OI-3		75	30		37,5	15		
Unión Europea	2000	50	40	2005				COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2008)
	2008					25	2010-2015	
	2008					20	2020	

\* Para TSP \*\* Propuesta US EPA

\*\*\* No existe una norma diaria para PM2.5 en California, sin embargo la EPA promulgó una norma diaria de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el PM2.5

Fuente: Elaboración propia

La observación de esta tabla nos permite concluir dos grandes tendencias en la evolución de la normativa del material particulado.

- Con respecto al diámetro aerodinámico del material particulado, la tendencia ha sido a normar partículas cada vez más pequeñas. Las medidas originales de “humo inglés” (British Smoke) o partículas totales en suspensión (PTS o TSP) con que se dictaron las primeras normas fueron reemplazadas luego por PM10 y recientemente, éstas están siendo complementadas por PM<sub>2.5</sub>. En el caso de la USEPA, la norma de PM<sub>10</sub> reemplazó a la de TSP después de 15 años (1972 vs 1987), y ésta fue complementada por la de PM<sub>2.5</sub> luego de 10 años (1997) y recién está siendo reemplazada parcialmente por la de PM<sub>2.5</sub> el año 2006. De esta manera Estados Unidos es el único país, de acuerdo a la información recabada, que ha revocado la normativa anual para PM<sub>10</sub>.
- Los niveles normados han ido bajando progresivamente. La siguiente tabla resume la tendencia observada para el caso de EEUU.

**Tabla 2-5 Resumen normativa de Estados Unidos para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.**

<b>Año</b>	<b>Fracción de MP</b>	<b>Norma Diaria USA (ug/m3)</b>	<b>PM2.5 equivalente<sup>10</sup></b>
1972	TSP	260	93
1987	PM10	150	90
1996	PM25	65	65
2006	PM25	35	35

Fuente: Elaboración propia

<sup>10</sup> Asumiendo una razón TSP-PM<sub>10</sub> de 0.6 y una razón PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub> de 0.6 (EPA, 1985).

### 3. Conveniencia social de la implementación de un estándar de PM25 en Chile

La pregunta que quiere responder este análisis es la siguiente: ¿Es conveniente socialmente implementar una norma de PM2.5 adicional a la norma de PM10?. No se ha considerado aquí la derogación de la norma de PM10, pero si el hecho de que la norma diaria actual de PM10 considera una reducción del nivel desde los 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  actuales a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a partir del año 2012 (todos los valores referidos al percentil 98) si no entra en vigencia una norma para material particulado fino.

En general, podemos decir que existen dos tipos de antecedentes necesarios para establecer los valores de una norma que corresponden a dos criterios diferentes de evaluar la conveniencia social de la definición y aplicación de una norma:

- Riesgos
- Costos y Beneficios

El criterio basado en riesgos se basa en la limitación de los riesgos que la sociedad considera aceptable imponer en sus miembros (debemos recordar que muy pocas veces existe la posibilidad de lograr un riesgo neto cero). Este nivel de riesgo es independiente del número de personas expuestas, ya que se define en forma individual.

Por el contrario, el criterio basado en costos y beneficios sociales es dependiente del número de personas expuestas al riesgo, en este caso, a riesgos de mortalidad o morbilidad producto de la contaminación atmosférica. La misma reducción en el nivel de contaminantes atmosféricos producirá un beneficio mayor mientras mayor es el número de personas expuestas. De este modo, descontaminar una ciudad grande tiene más beneficios sociales que descontaminar un pequeño pueblo, por el solo hecho de que el número de personas afectadas es mucho mayor, aun cuando la reducción de riesgo individual sea la misma en ambos casos.

Estos dos criterios aparecen mencionados en la legislación. En la Ley de Bases Generales sobre el medio Ambiente (Ley 19.300), se define la norma primaria de calidad ambiental en el Artículo 2° de la siguiente manera:

*Norma Primaria de Calidad Ambiental:* aquélla que establece 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 la salud de la población.

Sin embargo, el artículo 32 introduce el análisis técnico económico:

*Un reglamento establecerá el procedimiento a seguir para la dictación de normas de calidad ambiental, que considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad. Establecerá además los plazos y formalidades que se requieran para dar cumplimiento a lo dispuesto en este artículo y los criterios para revisar las normas vigentes.*

A su vez, el reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, en su Título II, Párrafo 4, exige la realización del AGIES, una vez formulado el anteproyecto de norma:

*Elaborado al anteproyecto de norma, el Director encargará un análisis general del impacto económico y social de la o las normas contenidas en dicho anteproyecto. Este análisis deberá ser evacuado en un plazo de 50 días. En especial, dicho estudio deberá evaluar los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas; los costos y beneficios a él o los emisores que deberán cumplir la norma; y los costos y beneficios para el estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma. Dentro del Plazo de 150 días, la Directora, por resolución fundada, podrá prorrogar o disminuir los plazos establecidos para la preparación de los informes o del anteproyecto de norma. En todo caso, la prórroga no podrá hacerse por más de una vez.*

Considerando estos antecedentes, es que se ha decidido realizar un análisis de los riesgos individuales y de los costos y beneficios de la aplicación de la norma, ya que no hay claridad del criterio a usar para fijar el nivel de concentraciones límite.

Estos dos análisis comprenden entonces las dos dimensiones: individual y social y son complementarios al momento de decidir con respecto a la conveniencia de una u otra alternativa.

El análisis se realiza para cuatro zonas metropolitanas de Chile, que representan diferentes condiciones geográficas, demográficas, económicas y meteorológicas: Gran Santiago, Gran Concepción, Temuco y Tocopilla.

### **3.1 Análisis norma diaria versus norma anual**

La frecuencia anual de las concentraciones promedio diaria de material particulado sigue una distribución que depende principalmente de dos factores:

1. Las características meteorológicas del lugar
2. El patrón de emisiones de los precursores de MP.

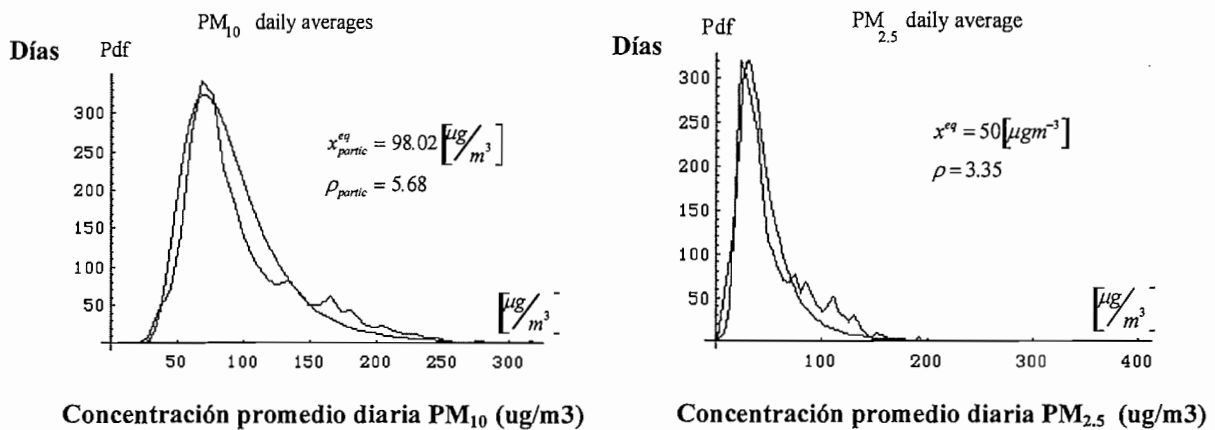
En lugares con variaciones estacionales fuertes (como Santiago por ejemplo), las concentraciones de MP durante el invierno son mucho mayores que durante el verano. En lugares con menos estacionalidad (como Antofagasta o Tocopilla) esta variación es menor.

El patrón de emisiones también influye directamente en las concentraciones ambientales. En Temuco, donde gran parte del material particulado proviene de la leña usada para calefacción, las concentraciones aumentan en invierno. En Tocopilla, donde la mayor parte proviene de las emisiones de las generadoras eléctricas, no existe un patrón definido. En Santiago, donde se toman medidas adicionales durante los episodios de altas concentraciones, se altera a propósito este patrón.

Estos dos efectos se observan simultáneamente, por lo que es difícil separarlos, salvo que se tenga información independiente, como por ejemplo, el patrón de emisiones mensuales, o la variación de la capa de inversión térmica durante el año. Aun así es difícil separar el efecto de ambos, debido a las características físicas, que hacen que el proceso de dispersión sea inherentemente aleatorio, lo que resulta, aun en ausencia de los otros dos factores, en una distribución que se ha aproximado a una distribución de frecuencia lognormal (ver por ejemplo Ott (1990)).

A pesar de estas dificultades es importante establecer una relación entre los estadígrafos de las concentraciones para analizar el impacto mutuo de la norma diaria y la norma anual. Un trabajo anterior publicado en 1999 en que participó uno de los consultores, modeló la distribución de las concentraciones diarias de PM10 y PM25 en Santiago, obteniendo los parámetros que la describían, los que se muestran a continuación. (ver Anexo 14).

Figura 8 Distribución de concentraciones diarias de PM10 y PM2.5 en Santiago, periodo 1989-1996



Fuente: Morel et al. (1999)

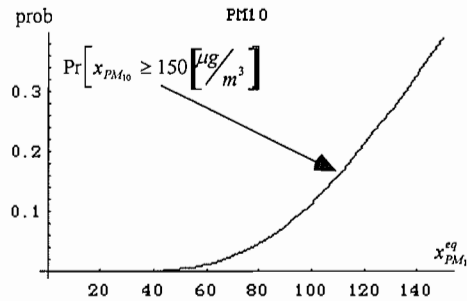
Donde:

$X_i^{eq}$  = corresponde al promedio anual de las concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$P_{part}$  = corresponde a la densidad de la partícula

Además de obtener los parámetros, se modeló la probabilidad de exceder un cierto nivel diario, en función del promedio anual de concentraciones, obteniéndose curvas como la de la siguiente figura.

Figura 9 Probabilidad de que la concentración diaria de PM10 exceda el nivel de 150 ug/m3 en función del promedio anual



Fuente: Morel et al. (1999) Figure 7<sup>a</sup>.

Esta figura muestra precisamente la relación que se desea obtener. Dado un cierto promedio anual, determinado por la norma anual, se requiere conocer la probabilidad con la cual se excede el nivel de la norma diaria. Por ejemplo, la figura muestra que para un promedio anual de 50 ug/m3 ( $X_{eq}$ ) la probabilidad de exceder el actual nivel de la norma diaria de 150 ug/m3 es de aproximadamente 0.02. Es decir, la norma se excedería un 2% de los días, lo que es igual a lo especificado de 2% (equivalente al percentil 98).

La pregunta que se debe contestar es cuál de las medidas, diario o anual, conviene controlar más fuertemente. Ambas medidas están relacionadas, el promedio anual obviamente cambia cuando se reducen la concentración en algunos días, pero puede que el tipo de norma produzca un impacto diferente en la distribución de concentraciones y esto tenga un impacto en los efectos en salud.

### 3.1.1 Funciones dosis – respuesta o concentración-respuesta (CR)

En primer lugar, para poder determinar cuál de las medidas, diario o anual, conviene controlar más fuertemente, es necesario establecer las relaciones concentración – respuesta (CR) (ver Anexo 16.1.2) que controlan los efectos de largo y corto plazo.

Las funciones Concentración-Respuesta (C-R) relacionan la incidencia de determinados efectos en salud con los niveles de concentración ambiental de los contaminantes en estudio y su forma puede ser lineal o log-lineal (logarítmica). La función log-lineal es la función internacionalmente recomendada ya que recoge de mejor forma cual es el impacto de la contaminación (a niveles altos el efecto parece llegar a un nivel de saturación). Para efectos diarios, en ciudades con alto nivel de contaminación, la función log-lineal se ajusta mejor a los datos (ver Cifuentes 2000). El mismo resultado se ha visto para los efectos de exposición de largo plazo. El cambio en el efecto que una población determinada experimenta, producto de cambios del nivel de concentración de un contaminante queda dada como:

### Concentración - Respuesta Lineal

$$\Delta E_{ij}^k = 1 + \beta_{ij}^k * (\Delta C^k)$$

Ec 3-1

Donde

$\beta_{ij}^k$  es el riesgo unitario de que el endpoint i afecte una subpoblación j producto de un contaminante k.

$\Delta C^k$  es el cambio de concentración en el contaminante k con respecto a la concentración de referencia, que corresponde a la concentración recomendada por la OMS.

### Concentración - Respuesta Log – lineal

$$\Delta E_{ij}^k = 1 + \beta_{ij}^k * Ln\left(\frac{C^k}{C_{Ref}^k}\right)$$

Ec 3-2

Donde

$\beta_{ij}^k$  es el riesgo unitario de que el endpoint<sup>11</sup> i afecte una subpoblación j producto de un contaminante k.

$C^k$  es la concentración del contaminante k con respecto a la situación base.

$C_{Ref}^k$  es la concentración de referencia del contaminante k.

Los parámetros  $\beta$  de las curvas C-R utilizados en el análisis son los siguientes:

Tabla 3-1 Parámetro  $\beta$  de las funciones C-R utilizados en el análisis

	Corto Plazo		Largo Plazo	
	Lineal	Log - lineal	Lineal	Log - lineal
$\beta$	0.0012	0.0580	0.0058	0.1161

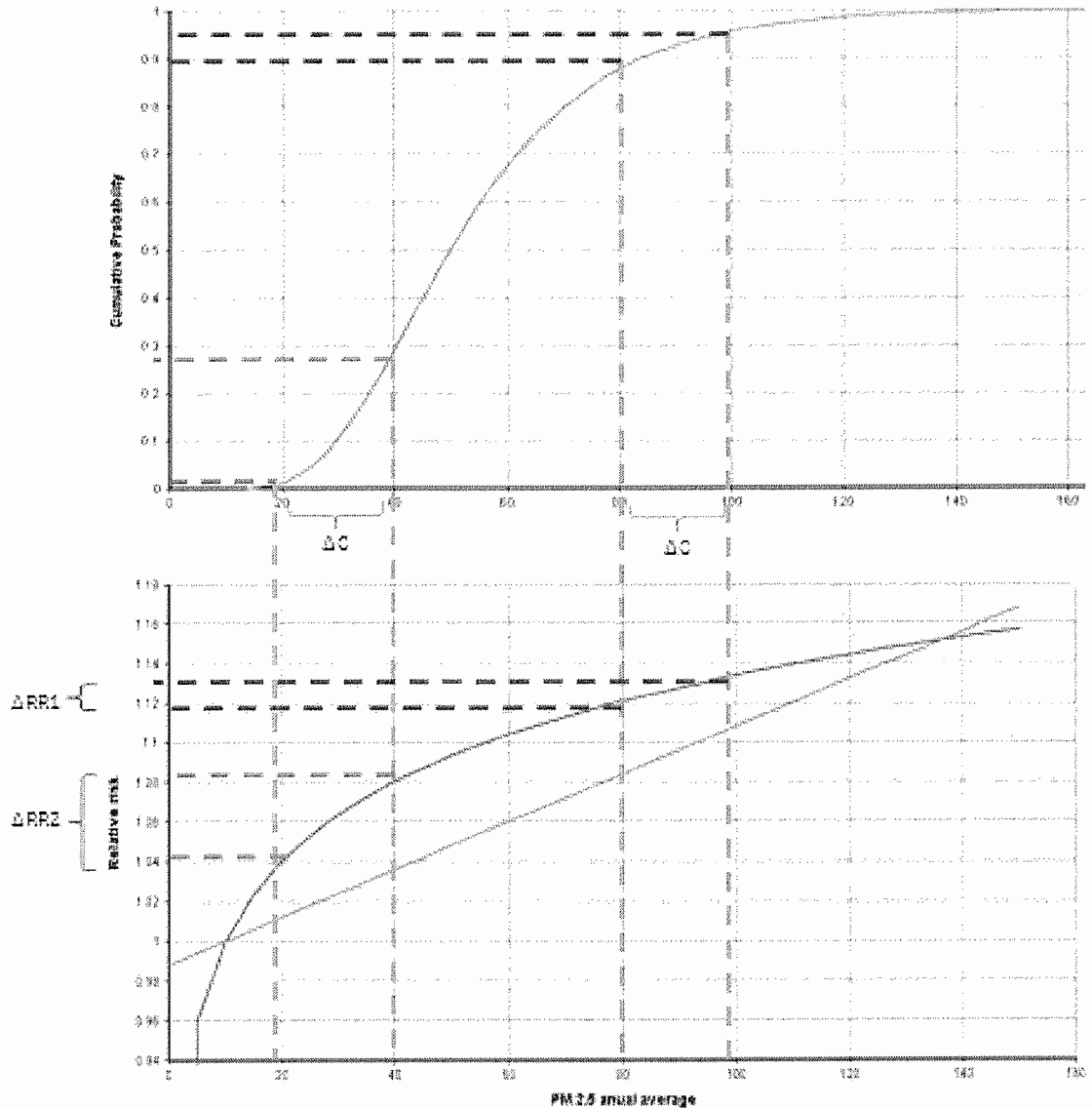
Fuente: Elaboración propia

<sup>11</sup> En la literatura los efectos a la salud estudiados son llamados “endpoints”. Los endpoints relacionados con la contaminación atmosférica pueden ser clasificados en cuatro categorías: muerte prematura; acciones médicas, como hospitalizaciones; enfermedades propiamente tales y restricción de actividad (incluyendo días perdidos de trabajo). Pueden ser también clasificados según la naturaleza de sus efectos, en crónicos y agudos; y según sus causas de acuerdo a “The International Classification of Diseases 9th Revision ICD9 The international classification of diseases 9th revision”.



En la siguiente figura se grafica como para una reducción igual en concentraciones ( $\Delta C$ ) el riesgo disminuye de manera diferente dependiendo de la posición de la curva. En la función CR lineal, el cambio en el riesgo relativo es siempre constante e igual a la pendiente de la curva, para iguales variaciones de concentraciones. En cambio para la función del tipo log-lineal, el cambio en el riesgo relativo depende del nivel de concentración inicial. A concentraciones mayores, el riesgo relativo ( $\Delta RR1$ ) disminuye menos que para niveles de concentración menores ( $\Delta RR2$ ).

Figura 10 Delta riesgo relativo- función CR log-lineal



Fuente: Elaboración propia

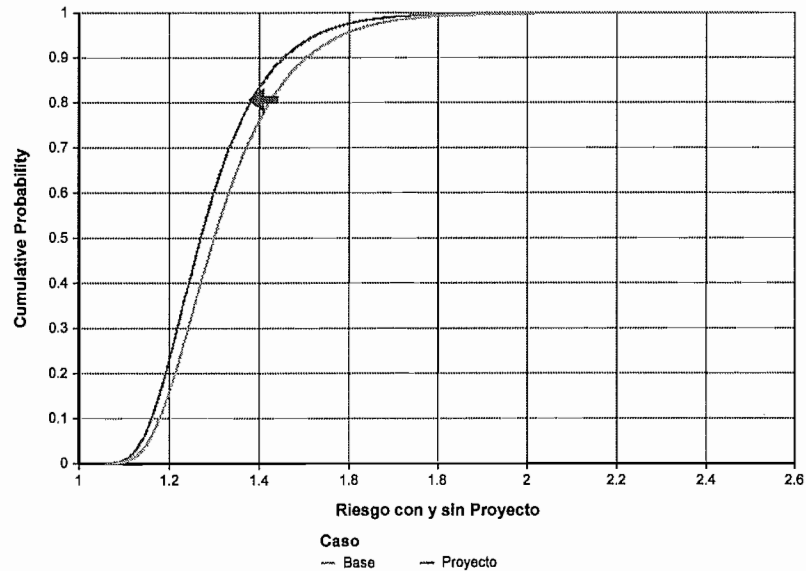
### 3.1.2 Tipos de Control

En el análisis se modelaron diferentes tipos de control de concentraciones definiéndose, de esta manera, distintas curvas de concentraciones (funciones log- lineal) para las alternativas de norma evaluadas (situación con proyecto). A continuación se describen los tipos de control modelados.

#### 3.1.2.1 Proporcional

En este caso toda la curva de concentración de la situación base se corrige de manera proporcional, aplicando un factor de reducción igual a 0,9 a todas las concentraciones diarias de cada año. Así, la curva para el caso con proyecto se desplaza de la curva base, teniendo para una misma concentración un riesgo menor, como se puede apreciar en la siguiente figura. Este tipo de control se definió para cumplir con la norma anual y diaria de PM<sub>2,5</sub>.

Figura 11 Control proporcional



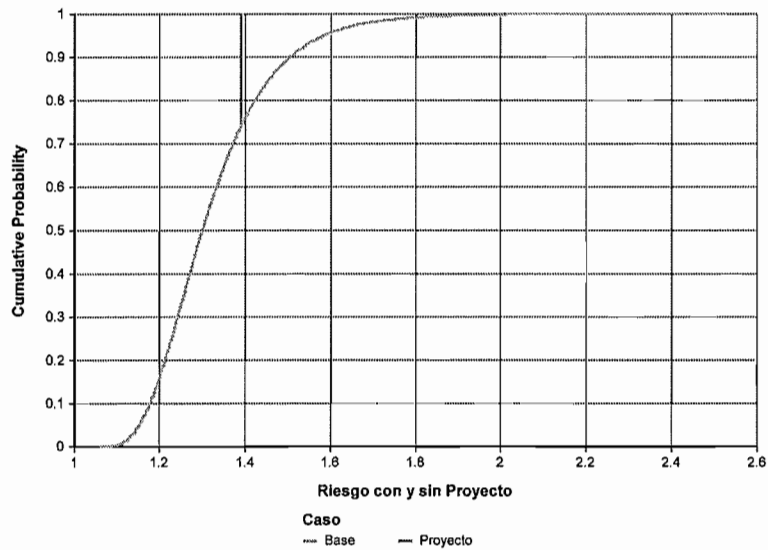
Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.2.2 Peak

Si la concentración es superior a un nivel de concentración máximo definido (peak), que correspondería a la norma diaria para este contaminante, la concentración debe mantenerse en ese nivel establecido. De esta manera se corta la función de concentración en la concentración peak como se muestra en la .

000227

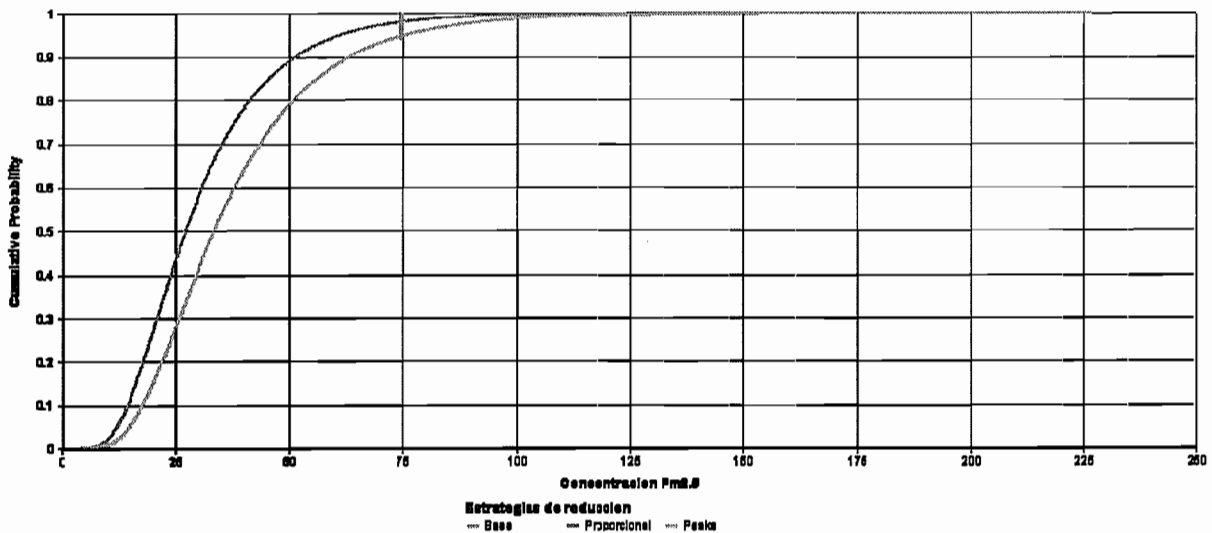
Figura 12 Control Peak



Fuente: Elaboración propia

Si aún cumpliendo la norma anual de  $PM_{2.5}$  (reducción proporcional) no se cumple la norma diaria (peaks, línea verde) se produce la gestión de episodios. De esta manera, las medidas que apuntan al cumplimiento de la norma diaria desplazan la distribución de concentraciones respetando la forma de la curva base (línea azul). Las medidas de gestión de episodios evitan que las concentraciones sobrepasen la norma diaria (línea verde), como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 13 Control Peak más proporcional



A continuación se presenta el riesgo relativo estimado para cada tipo de control analizado en el estudio.

**Tabla 3-2 Delta Riesgo Relativo estimado**

Curva Control	<b>Δ Riesgo Relativo</b>	
	Lineal	Log-Lineal
Peak	-0.0048	-0.0027
Proporcional	-0.0065	-0.0061

Fuente: Elaboración propia

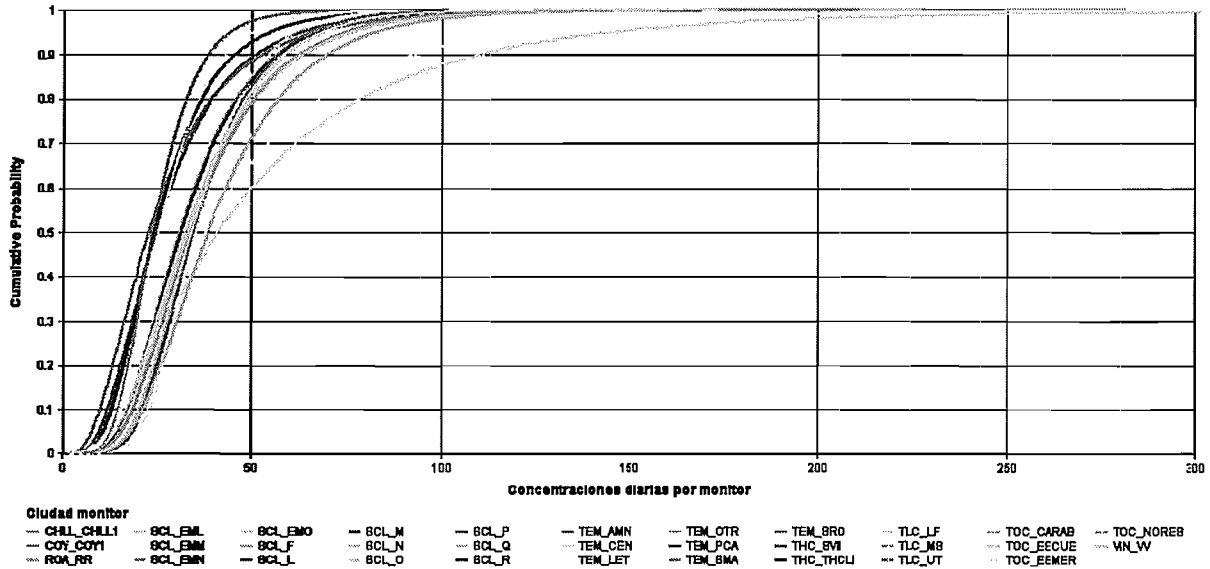
Como se observa en la tabla 3-2 la alternativa de control que reduce menos el riesgo anual promedio corresponde a la que controla los peaks de contaminación en el año (norma diaria). Esto indicaría que, en términos de riesgo, sería más favorable una alternativa de norma que permita reducir la media de contaminación en el año de manera uniforme (norma anual). En base a esto es posible concluir que la norma anual propuesta para PM<sub>2.5</sub> debe ser más estricta que la norma diaria en su equivalente anual.

### 3.1.3 Norma diaria para PM<sub>2.5</sub>

El análisis para recomendar una norma diaria para PM<sub>2.5</sub>, se realizó comparando la situación actual, sin norma anual para PM<sub>2.5</sub>, con situaciones en que se adopta una norma anual. En ambos casos se simularon diferentes alternativas de norma diaria para el PM<sub>2.5</sub>. Los valores de norma analizados corresponden a los propuestos por la OMS para los límites de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> anuales y diarios: 25, 15 y 10 ug/m<sup>3</sup> para la norma anual y 75, 50 y 37,5 ug/m<sup>3</sup> para la norma diaria.

Para cada uno de los monitores en que se disponía de información para la fracción fina de material particulado (media anual y percentil 98), se simuló la distribución anual de concentraciones como una lognormal (Morel et al. 1999), en los dos escenarios considerados (situación actual, sin norma anual para PM<sub>2.5</sub> y situación con proyecto, con una norma anual para PM<sub>2.5</sub> es implementada). En ambos casos (con y sin norma anual), se estudió cuántos días por sobre un nivel de concentración de PM<sub>2.5</sub> definida (norma diaria) existirían.

**Figura 14 Distribución anual de concentraciones simuladas por monitor**



Fuente: Elaboración propia en base a mediciones de Pm2.5 disponibles

En la simulación se consideró que la norma anual se alcanza a través de medidas estructurales y por ende siguiendo el criterio de reducción de concentraciones proporcional explicado en la sección anterior.

A continuación se resumen la cantidad de días en que cada una de las ciudades se encontraría por sobre distintos niveles de concentración de PM<sub>2.5</sub> (propuestas de norma diaria), tomando en cuenta diferentes alternativas de normas anuales para este contaminante. En la tabla siguiente, todos los valores que aparecen en el lado izquierdo de la barra en color, indicada en la Tabla 3-3, corresponde al valor de la norma anual y el valor del lado derecho corresponde al valor de la norma diaria.

**Tabla 3-3 Número de días por sobre distintos niveles de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> para la situación actual y para alternativas de norma anual de PM<sub>2.5</sub>**

Sigla Monitor	Ciudad	Monitor	Situación actual		Norma anual - diaria PM <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )			
			Sin norma - 90	Sin norma - 75	25 - 75	15 - 50	10 - 37.5	10 - 25
COY_COY1	Coyhaique		0	0	0	0	0	2
SCL_EML	Santiago	EML-COS8	4	11	1	0	0	3
SCL_EMM	Santiago	EMM-COS8	0	2	1	0	0	3
SCL_EMN	Santiago	EMN-COS8	7	17	2	1	0	6
SCL_EMO	Santiago	EMO-COS8	8	18	3	2	1	7
SCL_F	Santiago	La Paz	12	27	2	1	0	5
SCL_L	Santiago	La Dehesa	2	8	0	0	0	2
SCL_M	Santiago	Las Condes	4	11	2	1	0	5
SCL_N	Santiago	Parque O'Higgins	4	11	2	1	0	5
SCL_O	Santiago	Pudahuel	8	19	3	1	1	7
TEM_CEN	Temuco	Centro	1	5	0	0	0	1
TEM_LET	Temuco	Las Encinas	38	59	10	7	5	18
TEM_OTR	Temuco		4	11	1	0	0	3
THC_SVII	Talcahuano	San Vicente II	4	9	5	3	2	11
THC_THCLI	Talcahuano	Libertad	1	4	2	1	1	6
TLC_LF	Talca	La Florida	56	79	13	9	6	21
TLC_UT	Talca	Universidad de Talca	6	12	8	6	4	15

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en la situación actual (sin norma anual para PM<sub>2.5</sub>) Santiago presentaría en el monitor La Paz, 12 días con concentraciones mayores a 90 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> y 27 días con concentraciones mayores a 75 ug/m<sup>3</sup>. Si una norma anual para el PM<sub>2.5</sub> igual a 25 ug/m<sup>3</sup> fuera implementada, los días con concentraciones mayores a 75 ug/m<sup>3</sup> disminuirían en alrededor de un 92%, presentándose sólo dos días sobre una posible norma diaria con este límite. Si la norma anual y diaria fuera aún más estricta, a 15 ug/m<sup>3</sup> y 50 ug/m<sup>3</sup> respectivamente, sólo se superaría la concentración límite diaria en un día.

Para el caso de Temuco, en el monitor Las Encinas, actualmente existirían 59 días sobre una concentración diaria de PM<sub>2.5</sub> igual a 75 ug/m<sup>3</sup> (sin norma anual para PM<sub>2.5</sub>). Si una norma anual de 25 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> se implementara, estos días disminuirían en un 83% , presentándose sólo 10 días de episodios sobre estos niveles. Si se implementara una norma anual y diaria de 15 ug/m<sup>3</sup> y 50 ug/m<sup>3</sup> respectivamente solo existirían tres días con mayores concentraciones al año, y si la norma anual y diaria fuera de 10 ug/m<sup>3</sup> y 37.5 ug/m<sup>3</sup> respectivamente solo se contabilizaría un episodio crítico al año.

Las guías de calidad del aire (GCA) de la Organización Mundial de la Salud, recomiendan un nivel máximo diario de 25 ug/m<sup>3</sup>, por lo que el límite de exposición diaria objetivo en Chile debiera apuntar en esta dirección. Por otro lado si se considera que la norma diaria actual en Sen el país para PM<sub>10</sub> es de 150 ug/m<sup>3</sup> y se asume una razón entre las concentraciones anuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> de 0.5 (OMS (2005)), la norma diaria equivalente de PM<sub>2.5</sub> sería entonces de 75 ug/m<sup>3</sup>, que representa un incremento de alrededor del 5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA. En base a este criterio parece razonable fijar este limite como norma diaria en primera instancia (Fase 1). Luego, si se quisiera reducir a la mitad el riesgo en exceso (incremento de alrededor del 2,5% de la mortalidad a corto plazo sobre el

valor de las GCA) el límite diario debería ser de 50 ug/m<sup>3</sup> (Fase2). Finalmente si se considera reducir el riesgo en exceso nuevamente a la mitad se debiera limitar las concentraciones diarias a 37.5 ug/m<sup>3</sup>.

En base al análisis realizado (en cuanto al número de días de gestión de episodios que implicaría cada nivel) y a las recomendaciones de la OMS se proponen, en Tabla 3-4, los siguientes niveles para la implementación de una diaria de calidad del aire para PM<sub>2.5</sub>, dependientes de la norma anual imperante.

No se considera en la propuesta definir un límite diaria de 25 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> (alcanzada una concentración anual de 10 ug/m<sup>3</sup>), ya que podría significar un aumento importante en el número de días de gestión de episodios (Tabla 3-3). Para evaluar el beneficio social de implementar una norma diaria como esta (25 ug/m<sup>3</sup>) se requiere un estudio completo de los costos y beneficios de gestión de episodios críticos que queda fuera del alcance de este estudio. Se recomienda encarecidamente realizar un análisis de este tipo para cada uno de los niveles propuestos.

**Tabla 3-4 Propuesta de norma diaria de PM<sub>2.5</sub>**

Norma anual (ug/m <sup>3</sup> de PM <sub>2.5</sub> )	Norma diaria (ug/m <sup>3</sup> de PM <sub>2.5</sub> )
25	75
15	50
10	37.5

Fuente: Elaboración propia en base a OMS (2005)

Basándose en los niveles definidos para gestión de episodios de PM<sub>10</sub> se definió los siguientes niveles de concentraciones para la gestión de episodios críticos de la nueva norma de PM<sub>2.5</sub>. Nuevamente se asume una razón entre las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> de 0.5 (OMS(2005)). Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 3-5 Propuesta de niveles para gestión de episodios críticos de la norma diaria de PM<sub>2.5</sub>**

Episodio	Nivel	Norma diaria PM <sub>10</sub> en ug/m <sup>3</sup>	Norma diaria PM <sub>2.5</sub> en ug/m <sup>3</sup>		
			75	50	37.5
	0	0	0	0	0
	0	150	75	50	37.5
Alerta	1	195	98	65	49
Preemergencia	2	240	120	80	60
Preemergencia	2	285	143	95	71
Emergencia	3	330	165	110	83

Fuente: Elaboración propia en base a Conama (2008) ([www.conama.cl](http://www.conama.cl))

## 4. Análisis de Riesgo Individual

A continuación se realiza un análisis sobre los riesgos de carácter individual a los que se expone a la población dependiendo de las concentraciones máximas permitidas de PM<sub>2.5</sub>. Este análisis busca determinar el nivel de PM compatible con el nivel de riesgo que la sociedad considera aceptable imponer en sus miembros (debemos recordar que muy pocas veces existe la posibilidad de lograr un riesgo neto cero). Este nivel de riesgo es independiente del número de personas expuestas, ya que se define en forma individual.

### 4.1 Datos y Métodos

En primer lugar es necesario definir como premisa de que la contaminación atmosférica produce efectos nocivos en la salud de la población. La siguiente tabla muestra los efectos en la salud que han sido asociados con la contaminación atmosférica por material particulado.

**Tabla 4-1 Efectos en la salud que han sido asociados con la contaminación atmosférica por material particulado.**

Efectos asociados con evidencia científica suficiente	Efectos asociados sin evidencia científica suficiente
Mortalidad (adultos mayores)	Inducción de asma
Mortalidad (infantil)	Efectos de desarrollo fetales / neonatales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratorias
Bronquitis – crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas no bronquitis
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias respiratorias	Cáncer pulmonar
Admisiones hospitalarias cardiovasculares	Efectos conductuales (Ej., dificultades de aprendizaje)
Visitas a sala de urgencia	Desórdenes neurológicos
Enfermedades respiratorias inferiores	Exacerbación de alergias
Enfermedades respiratorias superiores	Alteración de mecanismos de defensa
Síntomas respiratorios	Daño a células respiratorias
Días de ausentismo laboral y escolar	Menor tiempo de desarrollo de angina
Días con actividad restringida	Cambios morfológicos en el pulmón
Irritación de ojos	Arritmia cardiovascular

Fuente: EPA (1999a)

Frente a diferentes niveles de norma, la incidencia de estos efectos en la población expuesta será distinta. Este cambio en la incidencia se traduce en diferentes niveles de riesgo, entendido este como la probabilidad de experimentar alguno de los efectos indicados en la tabla. Esta sección estimará estos diferentes niveles de riesgo. Como el efecto más serio es el aumento de la mortalidad, nos centraremos en él. A nivel individual esto se traduce en un cambio del riesgo de muerte y en una reducción de esperanza de vida. A continuación cuantificamos estos efectos.

### 4.2 Cambios en el riesgo de muerte prematura

El impacto más grave de la contaminación atmosférica en la salud de la población es el aumento de la mortalidad prematura asociado a la exposición crónica al material particulado fino. Este efecto ha sido estudiado a través de varios estudios de cohorte, en los que se ha seguido una cohorte específica por un periodo de tiempo largo (casi 20 años en algunos casos). La reciente revisión de Pope y Dockery (2006) muestra un resumen muy actualizado de los estudios de largo plazo. A continuación se reproduce la figura 2 de dicho artículo



**Tabla 4-2 Comparación del porcentaje de aumento del riesgo relativo de mortalidad asociado con la exposición a largo plazo de material particulado**

Study	Primary Sources	Exposure Increment	Percent Increases in Relative Risk of Mortality (95% CI)		
			All Cause	Cardiopulmonary	Lung Cancer
Harvard Six Cities, original	Dockery et al. 1993 <sup>25</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	13 (4.2, 23)	18 (6.0, 32)	18 (-11, 57)
Harvard Six Cities, HEI reanalysis	Krewski et al. 2000 <sup>177</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	14 (5.4, 23)	19 (6.5, 33)	21 (-8.4, 60)
Harvard Six Cities, extended analysis	Laden et al. 2006 <sup>184</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	16 (7, 26)	28 (13, 44) <sup>a</sup>	27 (-4, 69)
ACS, original	Pope et al. 1995 <sup>27</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	6.6 (3.5, 9.8)	12 (6.7, 17)	1.2 (-8.7, 12)
ACS, HEI reanalysis	Krewski et al. 2000 <sup>177</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	7.0 (3.9, 10)	12 (7.4, 17)	0.8 (-8.7, 11)
ACS, extended analysis	Pope et al. 2002 <sup>179</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	6.2 (1.6, 11)	9.3 (3.3, 16)	13.5 (4.4, 23)
	Pope et al. 2004 <sup>180</sup>			12 (8, 15) <sup>a</sup>	
ACS adjusted using various education weighting schemes	Dockery et al. 1993 <sup>25</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	8-11	12-14	3-24
	Pope et al. 2002 <sup>179</sup>				
	Krewski et al. 2000 <sup>177</sup>				
ACS Intra-metro Los Angeles	Jerrett et al. 2005 <sup>181</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	17 (5, 30)	12 (-3, 30)	44 (-2, 211)
Postneonatal infant mortality, U.S.	Woodruff et al. 1997 <sup>185</sup>	20 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	8.0 (4, 14)	-	-
Postneonatal infant mortality, CA	Woodruff et al. 2006 <sup>186</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	7.0 (-7, 24)	113 (12, 305) <sup>c</sup>	-
AHSMOG <sup>b</sup>	Abbey et al. 1999 <sup>187</sup>	20 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	2.1 (-4.5, 9.2)	0.6 (-7.8, 10)	81 (14, 186)
AHSMOG, males only	McDonnell et al. 2000 <sup>188</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	8.5 (-2.3, 21)	23 (-3, 55)	39 (-21, 150)
AHSMOG, females only	Chen et al. 2005 <sup>189</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	-	42 (6, 90) <sup>a</sup>	-
Women's Health Initiative	Miller et al. 2004 <sup>190</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	-	32 (1, 73) <sup>a</sup>	-
VA, preliminary	Lipfert et al. 2000, 2003 <sup>190,192</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	0.3 (NS) <sup>d</sup>	-	-
VA, extended	Lipfert et al. 2006 <sup>193</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	15 (5, 26) <sup>e</sup>	-	-
11 CA counties, elderly	Enstrom 2005 <sup>194</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	1 (-0.6, 2.6)	-	-
Netherlands	Hoek et al. 2002 <sup>195</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> BS	17 (-24, 78)	34 (-32, 164)	-
Netherlands	Hoek et al. 2002 <sup>195</sup>	Near major road	41 (-6, 112)	95 (9, 251)	-
Hamilton, Ontario, Canada	Finkelstein et al. 2004 <sup>167</sup>	Near major road	18 (2, 38)	-	-
French PAARC	Filleul et al. 2005 <sup>196</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> BS	7 (3, 10) <sup>f</sup>	5 (-2, 12) <sup>g</sup>	3 (-8, 15) <sup>g</sup>
Cystic fibrosis	Goss et al. 2004 <sup>200</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2.5</sub>	32 (-9, 93)	-	-

<sup>a</sup>Cardiovascular only; <sup>b</sup>Pooled estimates for males and females; pollution associations were observed primarily in males and not females; <sup>c</sup>Respiratory only; <sup>d</sup>Reported to be nonsignificant by author; overall, effect estimates to various measure of particulate air pollution were highly unstable and not robust to selection of model and time windows; <sup>e</sup>Estimates from the single pollutant model and for 1989-1996 follow-up; effect estimates are much smaller and statistically insignificant in an analysis restricted to counties with nitrogen dioxide data and for the 1997-2001 follow-up; furthermore, county-level traffic density is a strong predictor of survival and stronger than PM<sub>2.5</sub> when included with PM<sub>2.5</sub> in joint regressions; <sup>f</sup>Estimates when six monitors that were heavily influenced by local traffic sources were excluded; when data from all 24 monitors in all areas were used, no statistically significant associations between mortality and pollution were observed.

**Fuente: Pope y Dockery (2006)**

Como se ve en la tabla, el aumento de riesgo para aumentos de 10ug/m3 de PM<sub>2.5</sub> es considerable. El estudio de Harvard de las Seis Ciudades muestra un aumento de entre 13 y 16% para la mortalidad general, con los mayores riesgos obtenidos en los análisis más recientes (prueba de la mejora en la modelación y análisis estadístico de los datos). Los riesgos para causas específicas (cardiopulmonares y cáncer al pulmón) son mayores. El estudio de cohorte de la Asociación Americana del Cáncer, ACS, estudio que comprende por lejos el mayor número de sujetos, muestra riesgos de entre 6.2% a 8%, también con mayores riesgos para la causa cardiopulmonar, aunque menores para cáncer al pulmón. Los demás estudios, aplicados a cohortes más específicas, muestran riesgos de magnitud similar o mayor.

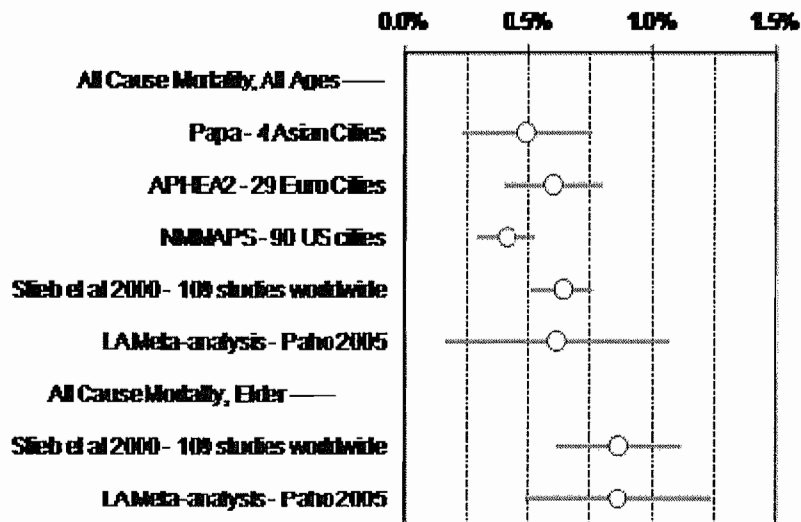
Para aplicar estos riesgos a la población chilena, hay que considerar una serie de elementos que pueden modificar el impacto de la contaminación:

1. La existencia de un umbral en la asociación

2. La diferente susceptibilidad de la población
3. La diferente composición del material particulado

Con respecto al primer punto, ni estudios internacionales ni locales han detectado la existencia de un umbral de daño para la concentración de PM<sub>2.5</sub> (PAHO, 2005). A su vez, con respecto al punto 2, Cifuentes et al (2005) compara los resultados de meta-análisis de efectos de mortalidad en la población completa y en mayores de 65 según diferentes estudios realizados en diferentes partes del mundo, no reportándose diferencias considerables, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 15 Comparación meta análisis estudios de series de tiempo diferentes fuentes



Fuente: PAHO (2005)

Con respecto al punto 3, es necesario generar mayor información sobre background y composición del material particulado para realizar un análisis comparativo.

### 4.3 Riesgo en exceso por ciudad

En base a datos del 2005 de certificados de defunción y de población por ciudad del INE ([www.ine.cl](http://www.ine.cl)) se calculó la tasa de mortalidad para cada una de las ciudades en estudio para el año 2005, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa}_{ij} = 100.000 * \frac{\text{Número}_i \text{ Muertes}_{i2005}}{\text{Población}_j} \quad \text{Ec 4-1}$$

Donde:

Tasa<sub>ij</sub> = Casos de muertes por causa i, por cada 100.000 personas por año en la ciudad j

Número de muertes<sub>i2005</sub> = Número de muertes por causa i, durante el año 2005

Población<sub>j</sub> = Población total de la ciudad j

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 4-3 Tasa de mortalidad para las cuatro ciudades en estudio (2005)**

Grupo Edad	Causa	Concepcion		Santiago		Temuco		Tocopilla	
		Tasa (2005)	variacion anual	Tasa (2005)	variacion anual	Tasa (2005)	variacion anual	Tasa (2005)	variacion anual
		casos/100.000p/año		casos/100.000p/año		casos/100.000p/año		casos/100.000p/año	
<b>Ninos</b> 0-17 anos	All	35.7	-5.2	47.3	-2.8	52.6	-1.7	50.6	-0.6
	Cardiopulmonary	0.1	-1.8	2.5	-0.8	4.5	-0.6	13.0	0.2
	CVD	1.1	-0.1	1.5	0.1	1.2	0.0	0.0	0.0
	RSP	-0.5	-1.7	1.0	-0.9	3.7	-0.5	13.0	0.2
<b>Adultos</b> 18-64 anos	All	189.4	-4.5	185.6	-2.4	184.1	-2.3	381.1	13.0
	Cardiopulmonary	46.7	-2.7	51.9	-1.5	51.8	-1.4	132.3	3.4
	CVD	42.6	-0.9	46.1	0.1	39.9	-0.6	102.7	1.7
	RSP	4.1	-1.8	5.9	-1.6	11.9	-0.8	29.6	1.8
<b>Adultos</b> Mayores 65+ anos	All	3,636.8	-139.9	4,172.1	-68.3	4,391.9	-56.6	5,779.2	-167.7
	Cardiopulmonary	1,606.5	-109.0	1,831.3	-80.1	1,879.4	-20.4	2,394.6	-163.4
	CVD	1,256.5	-58.8	1,400.7	-31.4	1,368.4	-11.1	1,617.3	-83.8
	RSP	350.0	-50.1	430.6	-48.7	511.0	-9.4	777.4	-79.5

\* All= Todas las causas; CVD= Cardiovascular disease; RSP= Respiratory disease

**Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005)**

En base a las estimaciones de tasas de mortalidad por ciudad obtenidas y a los resultados de riesgo relativo reportados por Pope y Dockery (2006) se estimó las muertes en exceso (Riesgo en exceso) que se producirían al aumentar la concentración de PM<sub>2.5</sub> tomando como base una concentración de 10 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub>, siguiendo la siguiente metodología:

$$RE_{ij} = Tasa_{ij} \cdot RR_i$$

Ec 4-2

Donde:

$RE_{ij}$  = Número de muertes en exceso por causa i para la ciudad j

$Tasa_{ij}$  = Casos de muertes por causa i, por cada 100.000 personas por año en la ciudad j

$RR_i$  = Riesgo relativo reportados por Pope y Dockery (2006) para la causa i

Las siguientes tablas presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 4-4 Riesgo en exceso para las cuatro ciudades en estudio Adultos entre 30 y 64 años.**

Grupo Etareo	Adultos	Concepcion	Santiago	Temuco	Tocopilla
		<i>Tasa Mortalidad (casos por 100.000h/año)</i>			
		47	52	52	132
Concentracion	% Aumento Mortalidad	<i>Riesgo en Exceso (micromorts)</i>			
10	0.0%	0	0	0	0
15	0.6%	3	3	3	8
20	1.2%	6	6	6	16
25	1.8%	8	9	9	24
30	2.4%	11	13	13	32
35	3.0%	14	16	16	40

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005) y Pope and Dockery 2006

**Tabla 4-5 Riesgo en exceso para las cuatro ciudades en estudio Adultos mayores de 65 años.**

Grupo Etareo	65+ años	Concepcion	Santiago	Temuco	Tocopilla
		<i>Tasa Mortalidad (casos por 100.000h/año)</i>			
		1,607	1,831	1,879	2,395
Concentracion	% Aumento Mortalidad	<i>Riesgo en Exceso (micromorts)</i>			
10	0.0%	0	0	0	0
15	0.6%	97	111	114	145
20	1.2%	194	222	227	290
25	1.8%	292	332	341	435
30	2.4%	389	443	455	580
35	3.0%	486	554	569	724

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005) y Pope and Dockery 2006

Como se ve en la tabla 3.3 el riesgo para adultos entre 30 y 64 años es relativamente bajo, no así para adultos mayores de 64 años.

00237

#### 4.4 Contaminacion vs. accidentes de transito

En Chile anualmente mueren 2100 personas<sup>12</sup> producto de accidentes de transito (considerando víctimas después de 1 día). Si dividimos este el número de casos contabilizados por el total de la población en el país, se obtiene el riesgo individual de morir en un accidente de este tipo, que es del orden de 140 casos por millón de personas.

Este valor es equivalente al riesgo en exceso asociado a una exposición 15 ug/m<sup>3</sup> de un adulto mayor en Tocopilla (con respecto una exposición de 10 ug/m<sup>3</sup>), y al riesgo en exceso asociado a una exposición de 17 ug/m<sup>3</sup> en con respecto una exposición de 10 ug/m<sup>3</sup> en Santiago (ver Tabla 4-5).

Se puede observar en la Tabla 4-6 que para concentraciones de más de 20 ug/m<sup>3</sup>, el factor es siempre mayor que 1 en todas las ciudades analizadas. En Santiago actualmente estamos expuestos a concentraciones mayores a 30 ug/m<sup>3</sup> de promedio anual, lo que implica que el riesgo de muerte producto de la contaminación atmsferica es 3 veces mayor que el riesgo de muerte en accidentes de transito.

Tabla 4-6 Riesgo en exceso para las cuatro ciudades en estudio Adultos mayores de 65 años.

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005) y Pope and Dockery 2006

#### 4.5 Esperanza de vida

Se calculó la esperanza de vida (EV) para hombres y mujeres de la situación base (riesgo base), y la esperanza de vida (EV) ante aumento de 5, 10 y 15 µg/m<sup>3</sup> de PM 2.5 según diferentes fuentes, ajustados para representar la realidad nacional. Las fuentes ajustadas corresponden a: ACS-Education Adjusted, ACS – Original (Base) y Harvard Six Cities.

La esperanza de Vida se obtiene de la siguiente manera:

$$EV_j = \frac{N^{\circ}TotalAñosVividosMásAlláDeEdadx}{N^{\circ}dePersonasVivasAlComienzodelIntervaloDeEdad} \quad \text{Ec 4-3}$$

Donde:

EV<sub>j</sub> = Esperanza de Vida intervalo de edad j

<sup>12</sup> INE (2005) Certificados nacionales de defunción

El cálculo del número total de años vividos exige obtener el número de muertes del intervalo de edad considerado. Éste se obtiene multiplicando el número de personas vivas al comienzo del intervalo de edad considerada por la probabilidad de muerte en el intervalo.

Para el caso de la EV ante reducciones de PM2.5, la probabilidad de muerte en el intervalo incluye el riesgo asociado a las concentraciones, de acuerdo a las distintas fuentes ajustadas.

La reducción en esperanza de vida (EV) de los distintos escenarios (reducciones – fuentes) se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Delta EV_i = EV_{Base} - EV_i \quad \text{Ec 4-4}$$

Donde:

$\Delta EV_i$  = Reducción de Esperanza de Vida escenario i

$EV_{Base}$  = Esperanza de Vida de la situación base

$EV_i$  = Esperanza de Vida escenario i

Aplicando estos resultados se determinó la curva de esperanza de vida bajo diferentes concentraciones de PM2.5.

Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 4-7 Reducción de la esperanza de vida según delta de concentración de PM25**

Delta PM		DeltaRR	Red EV Hombres (meses)	Red EV Mujeres (meses)
5 ug/m3	ACS-Education Adjusted	0.05	5.5	6.1
	Base	0.033	3.5	4.0
	Harvard 6 cities	0.08	8.9	9.7
10 ug/m3	ACS-Education Adjusted	0.1	11.2	12.2
	Base	0.066	7.3	8.0
	Harvard 6 cities	0.16	17.8	19.2
15 ug/m3	ACS-Education Adjusted	0.15	16.7	18.0
	Base	0.099	11.1	12.0
	Harvard 6 cities	0.24	26.4	28.2

**Fuente: Elaboración propia en base a datos INE (2005) y Pope and Dockery 2006**

Con respecto a riesgos individuales, se concluye que el impacto de la exposición a PM2.5 de largo plazo es alto (actualmente es hasta tres veces mayor al riesgo de muerte en accidentes de tránsito en algunas ciudades como Santiago) y afecta a toda la población (niños, adultos y adultos mayores), justificándose la implementación de los niveles de norma más estrictos observados internacionalmente. Por consiguiente, se recomienda definir como nivel de exposición objetivo para Chile el recomendado por la OMS correspondiente a una concentración media anual de 10 µg/m3 que, según la evidencia científica (Dockery et al. (1993) y (Pope et al (2006)), estaría por debajo de la media para los efectos más probables. Por otra parte, debido a que no existe un umbral bajo el cual no se observen efectos a la salud en las personas (PAHO, 2005), se debe perseguir alcanzar niveles de exposición cada vez menores; por lo que, alcanzados los niveles de concentración recomendados actualmente por la OMS (10 ug/m3 ) se debería estudiar la posibilidad de implementar límites aún mas estrictos.

## 5. Definición de las alternativas de norma a analizar

Para analizar la conveniencia de la implementación de una norma de PM<sub>2.5</sub> en Chile, es necesario definir primero las alternativas de norma. Basado en los antecedentes científicos, en los costos sociales, y en la experiencia internacional podemos enunciar ciertos criterios que debiera cumplir esta propuesta:

1. Proteger la salud de la población
2. Ser factible de alcanzar en un plazo razonable
3. No imponer costos imposibles de solventar por la sociedad

Históricamente, las normas de calidad en Chile han sido fijadas con un nivel único, sin una introducción gradual. El plazo de cumplimiento de la norma, en el caso de las localidades que al momento de dictación de la norma no cumplen con ella, ha sido definido en el Plan de Descontaminación respectivo<sup>13</sup>. La única experiencia de una norma que contempla una variación en el tiempo es la norma de PM<sub>10</sub>, que considera una reducción en su valor diario en el año 2012 si es que para ese año no se ha dictado una norma de PM<sub>2.5</sub>.

Este enfoque tiene el problema de que no reconoce que el cumplimiento de la norma es, en general, un proceso que toma una cantidad de tiempo considerable, ya que incluye todos los plazos para la declaración de zona saturada, la formulación y dictación del respectivo Plan de Descontaminación, y luego la aplicación y cumplimiento de las medidas contenidas en el Plan.

La revisión de la literatura muestra que la práctica internacional ha ido migrando hacia un esquema de normas crecientemente estrictas en el tiempo. Las Guías de la OMS reconocen esto explícitamente, recomendado valores crecientemente menores para los objetivos de calidad ambiental. La regulación de la Unión Europea actualmente en discusión, fija, además de un valor límite decreciente en el tiempo, disminuciones graduales de los niveles de contaminación, aun para lugares que estén bajo el valor límite exigible legalmente, de manera de reducir la exposición de la población.

El tener los plazos de aplicación definidos en la norma presenta varias ventajas:

- Provee certeza jurídica a la autoridad y las fuentes con respecto a los niveles de la norma en el futuro
- Permite adelantar los análisis y planes para comenzar a aplicarlos apenas se haga activo el nuevo nivel
- Previene la usurpación de la capacidad de carga de una cuenca atmosférica con respecto a la norma actual, dando un instrumento a la autoridad para exigir desde antes de la aplicación formal de la norma compensaciones o limitaciones a las emisiones

Para definir las alternativas a evaluar, hemos considerado los siguientes criterios:

---

<sup>13</sup> No nos referimos aquí al caso de latencia o de aumento gradual de concentraciones que llevan a la latencia, ya que es similar.

000240

1. Las Guías de la OMS proponen como valor final 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de promedio anual, valor que está bajo el nivel más bajo al que se han observado efectos de mortalidad. Aunque esos efectos se han observado en EE.UU, no hay ninguna razón para suponer que la población chilena sea más resistente que la de EE.UU, al contrario, podría ser incluso más débil debido al menor grado de desarrollo y de acceso a salud. Se define esta concentración como el objetivo de exposición al que se debería exponer a la población Chilena.
2. Las reducciones anuales máximas que se han registrado en Chile, son de aproximadamente un 5% anual (Entre 1989 y 2000 la reducción fue de aproximadamente un 6.3% anual Koutrakis et al. (2005))
3. La norma diaria de PM10, que desde 2012 debiera bajar a **120**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , impone una norma implícita para la fracción fina, y debido a la relación de la media y el percentil 98, una norma anual. Considerando una razón entre PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> de **0.5**<sup>14</sup>, y una razón percentil 98 sobre la media de **3** Morel et al. (1999), la norma diaria de PM10 equivale a una norma anual de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>2,5</sub>, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Norma anual equivalente PM}_{2.5} (24 \mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{120 \cdot 0,5}{3} \quad \text{Ec 5-1}$$

Considerando estos parámetros, hemos definido tres alternativas para evaluar, dentro del horizonte de tiempo 2010 a 2030.

Alternativa 1: La alternativa más estricta considera alcanzar el nivel guía de la OMS en 2030 (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con una meta intermedia de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2010, y de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020.

Alternativa 2: Meta de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020 y de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2030

Alternativa 3: Definida por una reducción anual constante de 2% anual.

La siguiente tabla muestra la definición de cada alternativa, la reducción total especificada para cada década, y la reducción anual equivalente. Cabe destacar que aunque las alternativas 2 y 3 no consideran alcanzar aún el 2030 el objetivo de exposición recomendado por la OMS se supone que si lo harán en un plazo futuro.

<sup>14</sup> Se ha encontrado que la razón de PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> fluctúa entre (0.5 – 0.8) en las zonas urbanas de países desarrollados. De acuerdo a los datos analizados por el consultor, esta razón para la ciudad de Santiago fluctúa en el mismo rango, aunque recién en los últimos años se está acercando a 0.5.



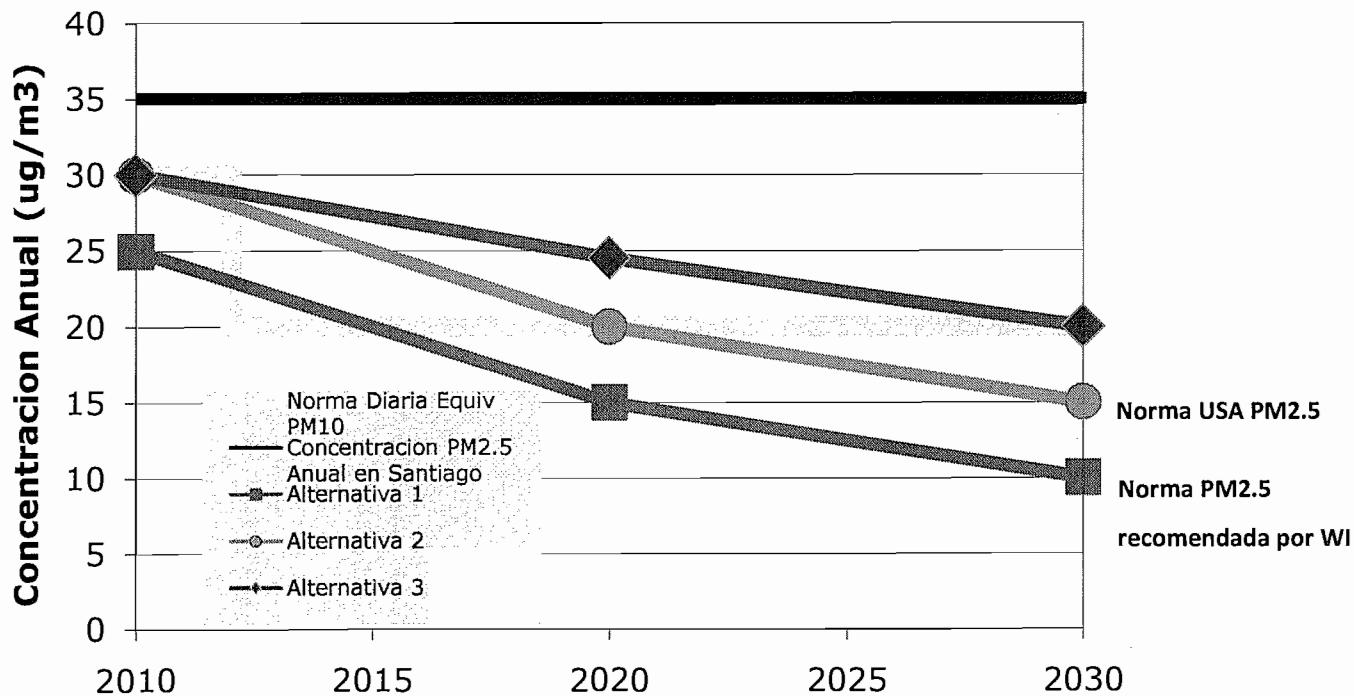
**Tabla 5-1 Definición de las alternativas a evaluar**

año	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
	Nivel (ug/m3)	% reducción	% por año	Nivel (ug/m3)	% reducción	% por año	Nivel (ug/m3)	% reducción	% por año
2010	25			30			30		
2020	15	40.0%	5.0%	20	33.3%	4.0%	25	18.3%	2.0%
2030	10	33.3%	4.0%	15	25.0%	2.8%	20	18.4%	2.0%

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura ilustra cada una de las alternativas definidas. En gris se muestra la norma implícita que impone la norma diaria de PM10, que estará vigente de no dictarse la norma de PM2.5, y la norma anual, que seguirá vigente de todos modos. Para establecer el nivel que impone la norma anual de PM10, se analizó cada ciudad pro separado en base a la información de mediciones disponibles para Santiago, Concepción, Talca y Talcahuano (Tabla 6-5).

**Figura 16 Representación gráfica de los niveles máximos para la norma anual evaluada comparada con la norma en el caso base**



Fuente: Elaboración propia

En las próximas dos secciones se analizan los costos y beneficios sociales de la implementación de una norma para PM<sub>2.5</sub> y la conveniencia social de cada una de estas alternativas, frente a la opción de mantener la actual norma de PM<sub>10</sub> solamente.

Debido a que el PM<sub>2.5</sub> es una parte del PM<sub>10</sub>, existe una fuerte correlación entre la capacidad de controlar una y otra fracción, independiente del nivel al cual se fijen las correspondientes normas. Al limitar las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> se controla directamente una fracción del PM<sub>10</sub>, pero no necesariamente ocurre de manera inversa, algunas medidas para controlar

PM<sub>10</sub><sup>15</sup> pueden apuntar sólo a la fracción gruesa, y tener poco o ningún efecto en la fracción fina. La relación entre ambas fracciones está dada por su composición elemental, pero se puede modelar, de manera más simple, a través del porcentaje del PM<sub>10</sub> que representa el PM<sub>2.5</sub>.

### 5.1.1 Control de ciudades no saturadas

Siguiendo las recomendaciones de la propuesta de norma de la UE se definieron alternativas de norma para ciudades no saturadas<sup>16</sup>:

**Tasa - :** todas las ciudades no saturadas son obligadas a reducir en un 1% su concentración promedio anual con respecto a su concentración base.

**Constante:** Todas las ciudades no saturadas mantienen constantes sus concentraciones.

**Tendencia:** Todas las ciudades no saturadas crecen según la tendencia observada.

Las dos primeras alternativas consideran niveles límite para cada ciudad permitiendo que la población de cada zona sea expuesta a una igual o mejor calidad del aire a la que experimenta actualmente. La tercera alternativa permite que las concentraciones continúen aumentando según la tendencia de crecimiento actual (BAU) hasta el nivel normado.

---

<sup>15</sup> Por ejemplo, el aspirado de calles reduce el polvo resuspendido que es contribuyente mayor a la fracción gruesa de MP, pero casi despreciable a la fracción fina.

<sup>16</sup> Se define como ciudad no saturada, a las ciudades que presentan concentraciones promedio anuales menores a los límites normados.

## 6. Costos y Beneficios asociados a cada alternativa

Este análisis busca determinar los costos y beneficios asociados a cada una de las alternativas de análisis propuestas. Se compara la situación base con una situación en la cual se han adoptado medidas para reducir las emisiones de contaminantes, y con ello, disminuir los niveles de PM10 y PM2.5 hasta los indicados por la nueva norma de emisión. Para los cálculos se siguen las siguientes etapas:

1. Proyección de la línea base para cada ciudad
2. Cálculo de la reducción de concentraciones requerida para lograr la norma en cada ciudad
3. Ciudades con restricciones de norma de PM10 diaria activa
4. Cálculo de curva de costos totales para cuatro ciudades
5. Extrapolación de curva de costos a otras ciudades de Chile
6. Cálculo del beneficio neto por ciudad
7. Cálculo del beneficio neto agregado

### 6.1 Revisión de las fuentes emisoras de PM y sus precursores

La información de las fuentes emisoras fue obtenida principalmente de los inventarios de emisión de contaminantes disponibles para las localidades incluidas en el análisis. A continuación se entrega un resumen de la información más actualizada de las emisiones directas de PM10 y PM2.5 distribuidas por sector. En el Anexo B1 se entrega un detalle de los inventarios de emisión y se indican los supuestos realizados en la recopilación y análisis de éstos.

Tabla 6-1 Aporte relativo en las emisiones de PM10 y PM2.5 por sector para las cuatro ciudades

Sector	Tocopilla (2005)		Santiago (2005)		Concepción (2000)		Temuco (2004)	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Industrial	99%	100%	5%	15%	50%	50%	2%	3%
Residencial	0%	0%	3%	11%	24%	39%	25%	66%
Otras areales	0%	0%	4%	11%	3%	5%	1%	4%
Fuentes móviles	0%	0%	7%	20%	1%	1%	0%	1%
Fugitivas	0%	0%	82%	43%	22%	5%	71%	27%
<b>Total (ton/año)</b>	<b>1.792</b>	<b>472</b>	<b>25.676</b>	<b>6.675</b>	<b>25.381</b>	<b>15.526</b>	<b>13.079</b>	<b>4.932</b>

Fuente: Elaboración propia en base a los inventarios de emisiones de las distintas ciudades

Se puede ver que las cuatro zonas metropolitanas estudiadas presentan características de emisiones bastante diferentes. En el caso de Tocopilla, prácticamente todas las emisiones para

PM10 y PM2.5 provienen del sector industrial, en particular, de las centrales termoeléctricas allí instaladas.

En Santiago, por su parte, hay emisiones relevantes asociadas a los distintos sectores. Para PM10, más del 80% proviene de fuentes fugitivas (polvo suspendido). Para PM2.5, si bien la mayor parte de la emisión también está asociada al polvo resuspendido, una proporción no menor está vinculada a los sectores: industrial, combustión residencial, fuentes móviles y otras areales (incendios, quemados agrícolas, etc.).

En Concepción, considerando el PM10, el sector industrial aporta la mitad de las emisiones, mientras que la combustión residencial y las emisiones fugitivas contribuyen con el resto. Para PM2.5, las emisiones están básicamente asociadas al sector industrial y al residencial. Finalmente, en Temuco, las emisiones fugitivas corresponden a más del 70% de la emisión total de PM10. Con relación al PM2.5, éste está asociado principalmente al sector residencial (quema de leña), y en menor grado a las emisiones fugitivas. Esto se debe a que las emisiones fugitivas son principalmente fracción gruesa del material particulado, mientras que las emisiones provenientes de la quema de leña corresponden casi totalmente a fracción fina.

En cuanto a los precursores, a continuación se entrega un resumen de las principales emisiones de estos contaminantes en cada una de las localidades.

**Tabla 6-2 Aporte relativo a las emisiones de precursores del material particulado por sector para las ciudades de estudio**

Sector	Tocopilla (2005)		Santiago (2005)			Concepción (2000)	
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
Industria	100%	100%	23%	96%	1%	44%	98%
Residencial	0%	0%	2%	2%	12%	6%	0%
Otras areales	0%	0%	0%	0%	84%	1%	0%
Fuentes móviles	0%	0%	74%	1%	3%	49%	2%
<b>Total (ton/año)</b>	<b>27.396</b>	<b>17.690</b>	<b>52.792</b>	<b>13.342</b>	<b>32.876</b>	<b>10.194</b>	<b>16.237</b>

Nota: No se tiene información de precursores para la ciudad de Temuco. Sólo se cuenta con información de emisiones de NH<sub>3</sub> en Santiago

**Fuente: Elaboración propia en base a los inventarios de emisiones de las distintas ciudades**

Se puede apreciar que en Tocopilla, también en el caso de los precursores, prácticamente toda la emisión de ambos precursores proviene de las centrales termoeléctricas. En Santiago, la mayor parte del NO<sub>x</sub> es generado por las fuentes móviles, mientras que la industria emite casi todo el SO<sub>2</sub>, y las fuentes areales son responsables por la mayor parte de las emisiones de NH<sub>3</sub>. En Concepción, las fuentes móviles y la industria se reparten homogéneamente gran parte de las emisiones de NO<sub>x</sub>, y ésta última también es responsable por casi todas las emisiones de SO<sub>2</sub>.

### 6.1.1 Proyección de los inventarios de emisiones

Los inventarios de emisiones fueron proyectados desde el año en el que fueron elaborados

hasta el año 2010, considerando como primera aproximación, una tasa de crecimiento por ciudad, en base a la tasa de crecimiento económica de la región en la que se encuentra dicha localidad (datos IMACEC). A continuación se entrega la tasa de crecimiento considerada para cada localidad de estudio, y en el Anexo C3 se puede encontrar un detalle de la metodología de estimación de emisiones.

**Tabla 6-3 Tasa de crecimiento de las emisiones considerada para las ciudades de estudio**

Localidad	Tasa
Tocopilla	3,88%
Santiago	6,09%
Concepción	3,27%
Temuco	2,96%

Fuente: Informes Económicos Regionales, INE

### 6.1.2 Potenciales y costos de reducción de emisiones de PM

Dada la complejidad de la composición de fuentes, para estimar los potenciales de reducción de emisiones y los costos asociados a estas reducciones, se consideraron principalmente medidas tecnológicas. Para cada fuente se evaluó una serie de estas medidas para cada contaminante, determinando su eficiencia de reducción de emisiones y su costo en términos de costo-efectividad (US\$/ton reducida).

De entre todas las medidas identificadas, se seleccionó sólo una medida para cada contaminante y para cada fuente según menor costo-efectividad, a modo de simplificación del análisis. Este criterio no es generalizable a todo tipo de medidas ya que muchas de ellas son complementarias (por ejemplo medidas para el control de emisiones de uso de leña). Por otro lado, normalmente las medidas de tipo tecnológico son excluyentes, como por ejemplo, no es técnicamente posible instalar en una fuente emisora de NOx sistemas SNCR y SCR simultáneamente. En el Anexo 13 se entrega la lista de todas las medidas identificadas para cada una de las fuentes.

A partir de la reducción de las emisiones de un contaminante asociado a cada medida y de los costos en términos de costo/tonelada se pudo determinar una estimación del costo total para cada una de ellas.

La identificación de fuentes fue limitada a aquellas fuentes emisoras más relevantes que en conjunto alcanzaran 90% de la emisión total de cada contaminante, dejando fuera aquellas que tuvieran un aporte marginal a la emisión total.

En el caso de Tocopilla, dada la limitada cantidad de fuentes relevantes, se pudo realizar un análisis detallado a nivel de fuente, considerando parámetros del funcionamiento de éstas como potencia instalada, generación anual, etc. En Santiago y Concepción se consideraron medidas por fuentes por sector, desglosadas hasta el nivel de rubro. (Por ejemplo, Sector: Fuentes Fijas; Sub-Sector: Puntuales; Categoría: Procesos Combustión; Sub-categoría: Industria de productos minerales; Rubro: Producción de yeso).

000246

En el caso de las emisiones provenientes de la combustión residencial de leña, como medida de reducción no se puede considerar que solamente exista una medida tecnológica. Por lo tanto, se desarrolló un modelo simplificado pero específico para esta fuente areal, que incorpora variables como el recambio por estufas certificadas, la calidad de la leña, etc., con la cual se pudo determinar un costo efectividad y una reducción de emisiones promedio.

Por otra parte, para el caso de las fuentes móviles en Santiago, se utiliza la información proveniente del estudio “Evaluación de Nuevas Medidas de Control de Emisiones para el Sector Transporte en la Región Metropolitana”, de autoría del consultor. El análisis de medidas para las fuentes móviles se realizará para Santiago y Concepción, debido a su mayor importancia relativa respecto a las fuentes fijas en comparación a las otras ciudades.

## 6.2 Costos de lograr los niveles de la norma

Para estimar el costo mínimo asociado al cumplimiento del nuevo escenario normativo, primero se caracterizó la situación base en términos de emisiones (tanto de contaminantes primarios como secundarios) y concentraciones de PM10 y PM2.5 para cada una de las localidades a lo largo del periodo de evaluación.

Luego, se estimaron los potenciales de reducción de dichas emisiones a partir de medidas de abatimiento para las distintas fuentes. Para estas medidas se determinó además el costo en términos de costo efectividad, según el cual fueron ordenadas las medidas. Fueron incluidas todas las medidas con el menor costo efectividad y que fueran necesarias para llegar a un nivel de concentración que diera cumplimiento a la nueva norma. De esta forma, se determinó el costo mínimo total asociado al cumplimiento de la nueva norma.

A continuación se presenta el desarrollo de cada una de estas etapas.

### 6.2.1 Curvas de costo medio

A partir del costo total de cada medida y de las reducciones de las medidas en términos de disminución en el aporte a las concentraciones ambientales, y a partir de los Factores Emisión Concentración (ver metodología en el Anexo C), se pudo determinar el costo-efectividad para cada una de ellas en términos de costo por reducción por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en las concentraciones ambientales de PM2.5 o PM10, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CEC_{ij} = CTot_i / C_j$$

Ec 6-1

Donde:

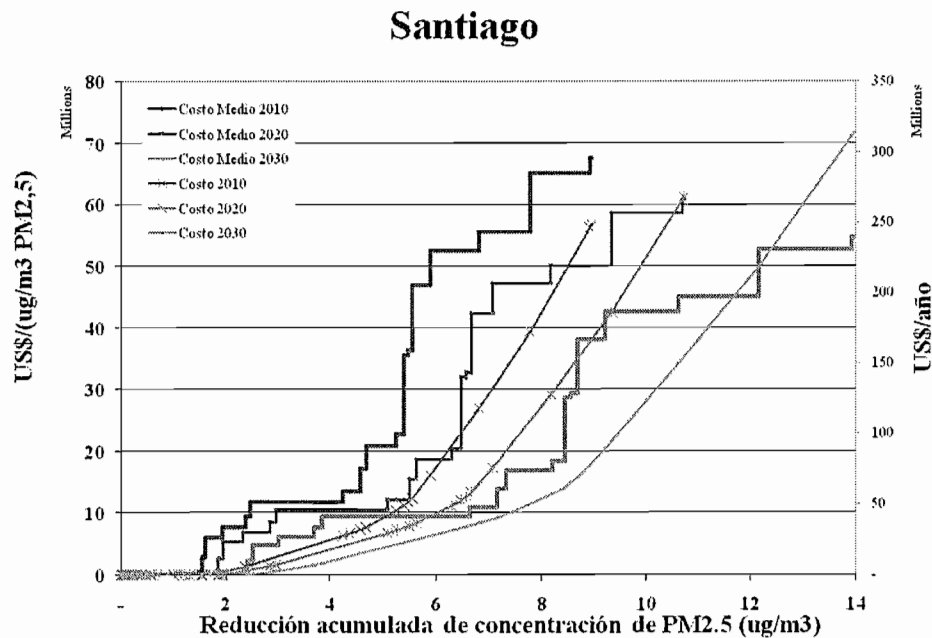
- $CEC_{ij}$ : Costo efectividad de la medida  $i$  en relación a su aporte en la concentración ambiental del contaminante  $j$  [ $\$/(\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ del contaminante } j)$ ]
- $CTot_i$ : Costo total de la medida  $i$  [ $\$$ ]
- $C_j$ : Reducción de la concentración ambiental del contaminante  $j$  a partir de la medida  $i$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $i$ : las medidas contempladas para las distintas fuentes
- $j$ : PM2.5 y PM10

000247

Dado que el objetivo final de las medidas identificadas es la reducción de las concentraciones ambientales de contaminantes, éstas fueron ordenadas según menor costo-efectividad establecido en estos términos, para PM2.5 y PM10, con lo que se pudo determinar la curva de reducción de mínimo costo para las cuatro ciudades analizadas.

Es importante señalar que para efectos de este estudio, se ha considerado la inclusión de las distintas medidas para lograr el cumplimiento de las metas de calidad del aire según este criterio. No obstante, esta es una estimación global y no pretende ser una recomendación de medidas a implementar en los Planes de Descontaminación o Prevención de las distintas ciudades. Además, considerando que en este tipo de planes la reducción de emisiones debe ser igual a todas las fuentes<sup>17</sup>, no se podría implementar medidas sólo para algunas de ellas, por lo que este análisis no sería válido, a no ser que haya un sistema general de compensaciones.

Figura 17 Curva de costo medio y costo total para Santiago



Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2 Estimación de curvas de costo total de abatimiento

Como existe información de costos para reducir concentraciones de PM25 sólo hasta cierto nivel, se proyectó la curva para obtener los costos de reducciones mayores. Una vez construida la curva de costos medios de reducción para cada ciudad, se calculó la curva de costos totales, integrando la curva de costos medios. Esta curva entrega los costos totales para cada nivel de reducción. A los puntos de esta curva se le ajustó un polinomio de grado tres sin intercepto de la forma:

<sup>17</sup> Principio consagrado en la Ley 19.300, Artículo 45, letra f

$$CT = a_2 R^3$$

Ec 6-2

En que CT es el costo total en millones de dólares y R es la reducción de emisiones de PM2.5 en ug/m3, con dos objetivos:

1. Obtener una estimación de los costos para reducciones mayores que la máxima obtenida con las medidas analizadas.
2. Hacer más fácil el cálculo de los costos totales para cualquier nivel de reducción.

Aun cuando en rigor esta curva no es continua (ya que está compuesta por una serie de medidas que no son escalables, sino que deben tomarse completamente) el error que se comete no es grande.

La siguiente tabla muestra los parámetros del ajuste de la curva de costos totales a los puntos analizados.

**Tabla 6-4 Coeficiente  $\beta$  estimado modelo de regresión para costos totales para diferentes años en evaluación**

**Curvas de costos totales por ug/m3 reducido de PM25**

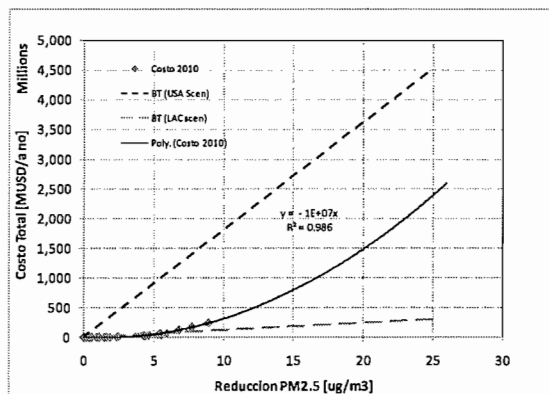
Ciudad	Coficiente ( $\beta$ )	Test-t	Observaciones	Error estandar	R2 ajustado
Santiago	87,261	80.4	40	1,086	0.97
Concepción	7,525	8.2	18	922	0.74
Temuco	35,173	10.4	5	3,397	0.71
Tocopilla	74,549	17.9	9	4,160	0.85

Forma funcional: Costo Total =  $\beta \cdot \text{RedConc}^3$

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales por reducción de concentraciones son estimados utilizando como base los costos de medidas seleccionadas como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 18 Curva de costo medio y costo total en el tiempo para Tocopilla**

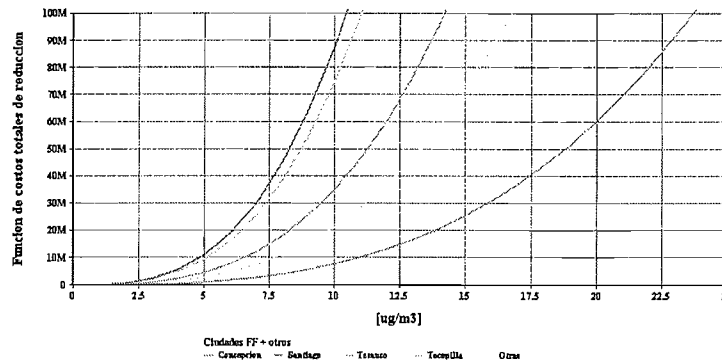


Fuente: Elaboración propia

El resultado final son curvas de costos totales por ug/m3 reducido para cada una de las ciudades analizadas.



Figura 19 Curva de costo total vs reducción de concentraciones de PM2.5 por ciudad - 2010



Fuente: Elaboración propia

### 6.2.3 Dependencia de los costos de reducción en el tiempo

Los costos de reducción de las emisiones dependen obviamente del nivel de reducción requerido pero también del plazo en que se deban obtener esas reducciones. En general, los costos de reducción son menores mientras mayor sea el plazo. Esto se debe a varias razones:

1. Una mejora paulatina pero constante en las tecnologías de reducción de emisiones. Esto hace que el precio de ellas, *ceteris paribus*, baje a lo largo del tiempo. (puede que el precio de algunos insumos requeridos cambie o incluso aumente, pero eso corresponde a variaciones aleatorias o estocásticas. La tendencia de largo plazo es que las tecnologías se hagan más baratas.
2. Renovación natural del stock de capital, por nuevo capital de mejor tecnología (por ejemplo, apurar la renovación natural de automóviles o de estufas hace que se deseche capital que tiene aún valor económico)
3. Mejoras en la calidad de los combustibles exógenas a los procesos de descontaminación locales. Hay una tendencia mundial a combustibles más limpios. Eso lleva a una mayor disponibilidad y un menor precio en el tiempo. (De nuevo, cambios puntuales como los del GN argentino pueden complicar la cosa, pero van contra la tendencia)
4. Valor de opción de esperar a tomar las decisiones de reducción. Esperar a comprometerse con una alternativa tiene la ventaja de mayor flexibilidad para cuando se tome la decisión, y permite considerar los cambios que se produzcan hasta el momento. (por ejemplo, la introducción de buses GNC en Santiago)

Estas razones hacen que demorar la reducción de emisiones resulte en costos menores.

En este estudio se estudió considerar los siguientes efectos de reducción de costos en el tiempo.

#### Mejoras tecnológicas

Mejoras paulatinas de la tecnología, que resulta en una disminución de costos que se ha supuesto igual al 1% anual.

000250

**Renovación natural del stock de capital**

Se ha considerado que anualmente se reemplaza una fracción uniforme del capital basado en la vida útil de este. Por ejemplo, si la vida útil de una estufa a leña es de 10 años, cada año se reemplaza el 10% del parque de estufas. Si se quiere apurar la renovación de capital, entonces la inversión necesaria se adelanta, con el consiguiente costo de capital, que es igual al capital por la tasa de descuento. De la misma manera, demorar la implementación en un año resulta en un ahorro igual al costo de capital por la tasa de descuento anual (en rigor existe una sucesión de atrasos de inversión, ya que la próxima renovación de este también se atrasa, pero ese efecto es despreciable debido a la tasa de descuento salvo para inversiones de corta vida útil). No se considera este factor en el análisis.

**Mejoras en la calidad de los combustibles**

Cual ha sido la tendencia del precio de los combustibles más limpios (diesel de bajo contenido de azufre) en el mercado internacional. El alcance del estudio no permite hacer un análisis de este tipo.

**Valor de opción**

Este ahorro no se ha considerado, ya que para hacerlo se necesita hacer proyecciones sobre el futuro que están fuera del alcance de este proyecto.

**Aumento de efectividad de las medidas de control**

Se considera un aumento de efectividad en la reducción de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> de un 1% anual.

Se estimó curvas de costos totales para todos los años de análisis verificando que  $\delta C/\delta t < 0$ .

## 6.2.4 Extrapolación curva de costos marginales

000251

Debido a que no es posible disponer de la información mínima para realizar el análisis de costos para todas las ciudades de Chile que puedan ser posiblemente afectadas por la norma de PM25, fue necesario asignar la curva estimada para alguna de las ciudades en análisis a otras ciudades de interés. La asignación se realiza determinando el nivel de implementación de medidas de descontaminación. En base a este criterio se asignó una curva promedio entre las estimadas para Concepción y Temuco para las ciudades de Chile no consideradas en el análisis detallado de costos.

## 6.3 Proyección de la línea base para cada ciudad

Para poder estimar la reducción requerida por la nueva norma, es necesario en primer lugar, proyectar la línea base para las ciudades en análisis.

Tabla 6-5 Concentraciones año base por ciudad

Ciudad	PM10 (ug/m3)	PM2.5 (ug/m3)	Año Base	Media Anual	p98	Fuente
Concepción	55.3	22.7	2007	0.41	0.58	(7)
Santiago	70.4	32.8	2007	0.52	0.6	(1)
Temuco	46.8		2006	0.5	0.6	(5)
Tocopilla	53.3		2006			(6)
Viña del mar	34.5		2006	0.4	0.58	(5)
Valparaíso	34.5		2006	0.4	0.58	(4)
Antofagasta	44.1		2007			(8)
Rancagua	62.3		2006			(5)
Arica	48.6		2001			(4)
Talca	48.8	32.1	2007	0.66	0.92	(9)
Iquique	63.4		2001			(2)
Talcahuano	55.1	22.9	2007	0.42	0.62	(7)
Chillán	45.5		2007			(9)
Copiapo	71.5		2001			(2)
Chañaral	52		2001			(3)
Caldera	28		2001			(3)
Huasco	76		2001			(3)
Coyhaique	85		2007			(9)
Calama	57.3		2006			(8)
María Elena	206		2007			(8)
Mejillones	39.1		2006			(8)
Sierra Gorda	53		2005			(8)
Norte	53.3		2006			
Sur	46.8		2006	0.5	0.6	

(1) Sesma-Macam red de monitoreo

(2) Cosude project

(3) CIMM

(4) Estudio: Antecedentes técnicos para norma primaria de calidad del aire para plomo

(5) SIVICA

(6) Tocopilla- red de monitoreo

(7) Concepción- red de monitoreo

(8) Estudio: Concentraciones II región-Conama Nacional

(9) Muestreo-Harvard

Como se observa en la tabla Tabla 6-5, sólo se cuenta con promedios anuales de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> para cuatro ciudades (Concepción, Santiago, Talca y Talcahuano). Para determinar la concentración base de PM<sub>2.5</sub> en las ciudades restantes se asumió la siguiente relación:

$$\text{Conc PM}_{2.5}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \alpha \cdot \text{Conc PM}_{10}(\mu\text{g}/\text{m}^3) \quad \text{Ec 6-3}$$

Donde  $\alpha$ , corresponde a la razón entre la media anual de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> vs la media anual de concentraciones de PM<sub>10</sub>. En la Tabla 11-9 se reporta las ciudades que disponen de información para esta relación ( $\alpha$ ). A las ciudades sin información del norte de Chile, se les asignó la razón estimada para la ciudad de Santiago<sup>22</sup>. A las ciudades sin información del Sur de Chile se les asignó la razón estimada para la ciudad de Temuco<sup>23</sup>.

Para estimar las reducciones requeridas por la norma es necesario proyectar la concentración base estimada en el tiempo *ceteris paribus* (BAU, de su sigla en inglés *Business as Usual*), para cada una de las ciudades en estudio. La concentración fue proyectada según dos escenarios, el primero supone que los promedios anuales permanecen constantes en el tiempo, el segundo supone que las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> aumentan un 1% anual.

**Tabla 6-6 Proyección concentraciones ciudades de interés. Niveles promedio anuales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>2.5</sub>)**

Ciudad	2010	2013	2030	2040
Antofagasta	23.6	24.3	28.8	31.8
Arica	27.6	28.5	33.7	37.3
Calama	31.0	31.9	37.8	41.8
Caldera	15.9	16.4	19.4	21.5
Chañaral	29.6	30.5	36.1	39.9
Chillán	24.4	25.1	29.7	32.9
Concepción	23.4	24.1	28.5	31.5
Copiapó	40.7	41.9	49.6	54.8
Coyhaique	45.5	46.9	55.6	61.4
Huasco	43.2	44.5	52.7	58.3
Iquique	39.4	40.6	48.0	53.1
María Elena	110.4	113.7	134.7	148.8
Mejillones	21.2	21.8	25.8	28.5
Norte	28.8	29.7	35.2	38.9
Rancagua	33.7	34.7	41.1	45.4
Santiago	33.8	34.8	41.2	45.5
Sierra Gorda	29.0	29.8	35.3	39.0
Sur	24.4	25.1	29.7	32.8
Talca	33.1	34.1	40.4	44.6
Talcahuano	23.6	24.3	28.8	31.8
Temuco	24.4	25.1	29.7	32.8
Tocopilla	28.8	29.7	35.2	38.9
Valparaíso	18.7	19.2	22.8	25.2
Viña del mar	18.7	19.2	22.8	25.2

**Fuente:** Elaboración propia en base a mediciones monitoreo en varias ciudades

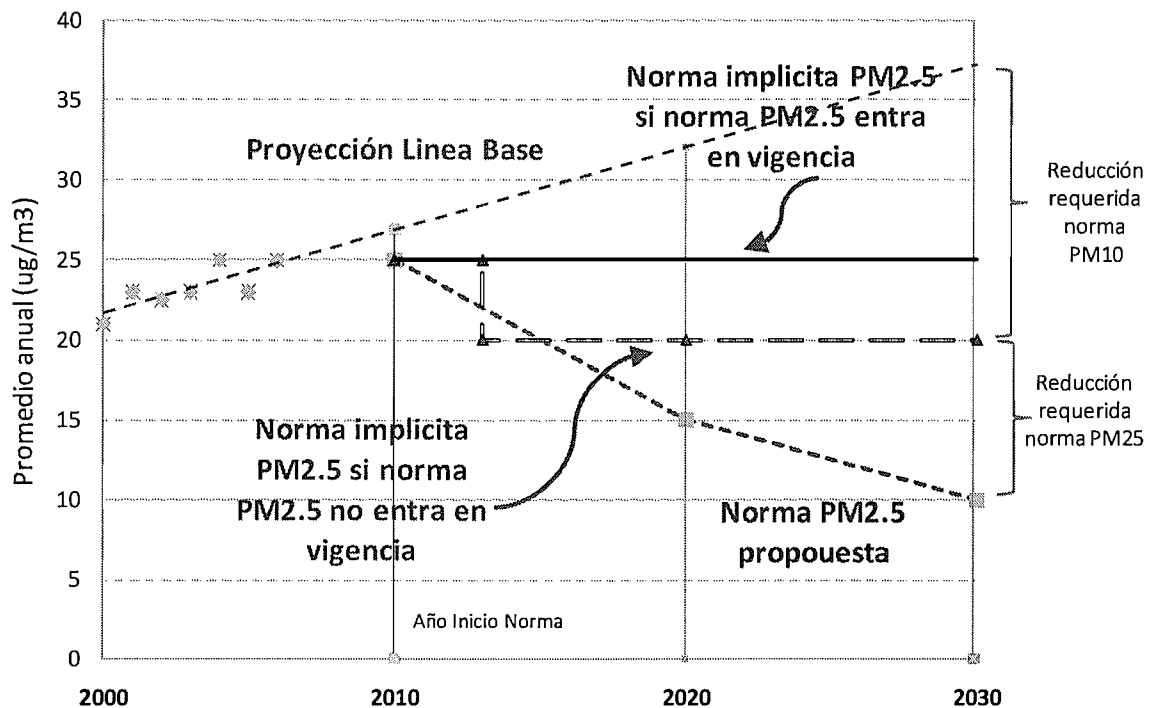
<sup>22</sup> Ciudad con clima más similar a las ciudades sin información, con datos más detallados.

<sup>23</sup> Ciudad con clima más similar a las ciudades sin información, con datos más detallados.

## 6.4 Reducción de concentraciones requerida para lograr la norma

Para estimar los beneficios de la norma propuesta es necesario primero estimar la reducción de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> requeridas por la norma. Las medidas de reducción, reducen un vector de contaminantes primarios. Estos contaminantes primarios producen cambios en todos los contaminantes ambientales, incluidos el PM<sub>2.5</sub> y la fracción gruesa, PM<sub>10-2.5</sub>, y por lo tanto el PM<sub>10</sub> (que es la suma de ambos). La decisión para establecer reducciones en las concentraciones depende del gap (brecha) que exista entre la concentración actual y la norma que se establezca. La siguiente figura ilustra el cálculo de la reducción de concentraciones requerida en cada ciudad, de acuerdo a la alternativa de norma considerada y los niveles proyectados de la línea base.

Figura 20 Esquema de cálculo de reducciones de concentraciones requeridas



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura, en primer lugar es necesario estimar las reducciones requeridas de cada norma (propuesta y actual) con respecto a la línea base, para luego restar a las reducciones requeridas con respecto a la línea base, las reducciones que corresponden a la normativa actual (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>10</sub> si entra en vigencia uan norma para PM<sub>2.5</sub>). Siguiendo este proceso se calcula las reducciones requeridas para cumplir con la norma por ciudad.

### 6.4.1 Concentraciones ciudades no saturadas

Como se menciona en la sección 5.1.1, siguiendo las recomendaciones de la propuesta de norma de la UE, se definieron alternativas de norma para controlar la concentración en ciudades no saturadas<sup>24</sup>:

*Tasa* - : todas las ciudades no saturadas son obligadas a reducir en un 1% su concentración promedio anual con respecto a su concentración base.

*Constante*: todas las ciudades no saturadas mantienen constantes sus concentraciones.

*Tendencia*: todas las ciudades no saturadas crecen según la tendencia observada.

Las dos primeras alternativas (“constante” y “tasa –”) consideran normas para cada ciudad permitiendo que la población de cada zona sea expuesta a una igual o mejor calidad del aire a la que experimenta actualmente. La tercera alternativa (“tendencia”) permite que las concentraciones continúen aumentando según la tendencia de crecimiento actual (BAU) hasta el nivel normado (sin control).

Para cada una de las ciudades no saturadas se calculó la reducción en concentraciones requerida por la norma.

### 6.5 Beneficios unitarios por reducción de PM<sub>2.5</sub>

Para obtener el beneficio social de las reducciones de emisiones, se calculó el beneficio social de la reducción de concentraciones ambientales de PM<sub>2.5</sub>, que corresponde a los costos evitados por la exposición a una menor concentración de PM<sub>2.5</sub>. Los valores se calcularon para tres escenarios de valoración: Escenario LAC, que incluye valores basados en estudios de Latinoamérica, sin incluir muertes de largo plazo; Escenario USA, que incluye valores basados en estudios de USA y considera muertes de largo plazo y Escenario LAC – USA que utiliza las funciones dosis respuesta de largo plazo de USA y valores de LAC.

Los valores marginales, en dólares por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>2.5</sub> de promedio anual reducidos se presentan en la siguiente tabla, para valores basados en disposición al pago (WTP) y costo de la enfermedad (COI). Estos valores incluyen, para el caso de COI, el tratamiento de la enfermedad y pérdida de productividad por días no trabajados y para el caso de WTP, la disposición a pagar de los individuos por disminuir riesgos a su salud, que incluyen los niveles valorizados por el método COI más la pérdida de bienestar que implica estar enfermo. (Ver 16.1.5)

---

<sup>24</sup> Se define como ciudad no saturada, a las ciudades que presentan concentraciones promedio anuales menores a los límites normados.

**Tabla 6-7. Valoración marginal de reducciones de concentraciones anuales de PM<sub>2.5</sub> (millones de dólares de 2005 por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>2.5</sub> reducido)**

Tipo de Valor	Escenario		
	LAC	USA	LAC - USA
WTP	18	270	55.8
COI	1.5	21	4.6

Fuente: Cifuentes et al, 2005.

Para el análisis se proyectaron los beneficios unitarios obtenidos por Cifuentes et al. (2005) en función de un crecimiento anual del PIB del 4% ([www.bancocentral.cl](http://www.bancocentral.cl)) y a una tasa de crecimiento de la población 0.3% anual ([www.ine.cl](http://www.ine.cl)). Los beneficios unitarios por reducir un  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>2.5</sub> se presentan a continuación.

**Tabla 6-8 Beneficios unitarios estimados para 2005 (US\$/Persona\*  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>2.5</sub>)**

Año	Beneficios Unitarios US\$/p/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 3			
	Escenario	LAC	LAC-USA	USA
2005		1.8	5.6	27
2010		2.1	6.5	31.3
2020		2.8	8.7	42.1
2030		3.8	11.8	56.5

Fuente: Cifuentes et al. (2005)

**Tabla 6-9 Beneficios medios por ciudad (MUSS/  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>2.5</sub>)**

Ciudad	Escenario Beneficio (2010)		
	LAC	USA	LAC-USA
Concepcion	1.4	20.4	4.1
Santiago	13.8	207.3	41.7
Temuco	0.7	10.7	2.2
Tocopilla	0.1	0.8	0.2
Vinadelmar	0.6	9.6	1.9
Valparaiso	0.6	9.1	1.8
Antofagasta	0.7	11.0	2.2
Rancagua	0.5	7.3	1.5
Arica	0.4	5.8	1.2
Talca	0.5	6.9	1.4
Iquique	0.4	5.9	1.2
Talcahuano	0.6	8.4	1.7
Chillan	0.3	4.9	1.0
Copiapo	0.3	4.7	0.9
Chanaral	0.0	0.4	0.1
Caldera	0.0	0.5	0.1
Huasco	0.0	0.2	0.0
Coyhaique	0.1	1.6	0.3
Calama	0.3	4.5	0.9
MariaElena	0.0	0.2	0.0
Mejillones	0.0	0.3	0.1
SierraGorda	0.0	0.1	0.0
Norte	1.6	24.2	4.9
Sur	10.7	160.4	32.2

Fuente: Elaboración propia en base a Cifuentes et al. (2005)

Estos valores se multiplican por la reducción de concentraciones obtenidas para calcular el beneficio social de la disminución de la reducción de concentraciones ambientales de PM<sub>2.5</sub>.

## 6.6 Restricción norma diaria activa

Para la estimación de beneficios netos de la norma de PM<sub>2.5</sub> se debe que verificar reducciones corresponden directamente a la norma y que reducciones corresponden a la norma diaria de PM<sub>10</sub>.

Actualmente han sido prorrogadas dos normas para controlar PM<sub>10</sub>, una norma anual que indica que la media de un año debe ser menor a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y norma diaria que limita las concentraciones promedio por día a 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y próximamente, desde 2012, a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La norma diaria de PM<sub>10</sub> tiene a su vez un equivalente anual, que puede ser establecida en base a la relación existente entre el percentil98 y la media anual ( $\beta_{10}$ ). Debido al proceso físico que controla los niveles ambientales de material particulado, existe una relación entre el



promedio anual y el percentil 98, que se traduce en que el cumplimiento de la norma anual y la norma diaria estén relacionados. La relación entre estos dos estadígrafos es el parámetro fundamental en este caso. (Ver 11.2.1)

$$\text{Norma diaria PM}_{10} (\text{eq anual}) = \text{Norma diaria PM}_{10} / \beta_{10} \quad \text{Ec 6-4}$$

De acuerdo con Morel et al. (1999)  $\beta_{10}$  es aproximadamente 3, pero debe mencionarse que este valor depende directamente de la política de gestión de episodios imperante en cada ciudad. La siguiente tabla muestra las estimaciones para este estadígrafo en diferentes ciudades.

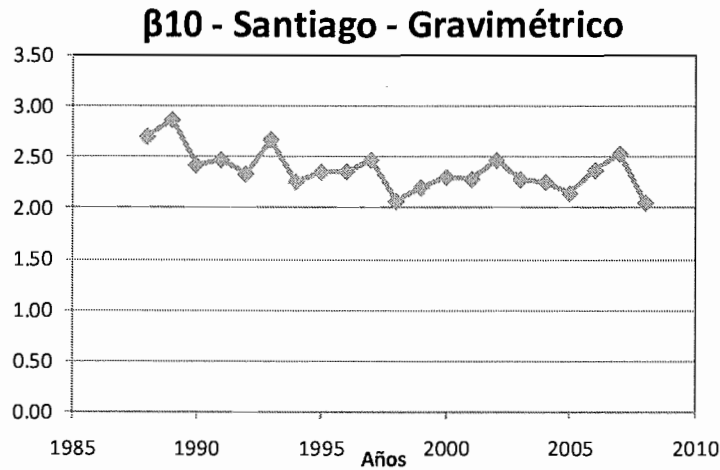
**Tabla 6-10  $\beta$  obtenidos por ciudad para  $\text{PM}_{10}$**

Ciudad	Razón p98/media anual $\text{PM}_{10}$ ( $\beta_{10}$ )	Razón p98/media anual $\text{PM}_{25}$ ( $\beta_{25}$ )
Concepción	2.27	3.2
Santiago	2.3	2.5
Temuco	3.92	3.38
Tocopilla	2.13	2.1
Viña del mar	2.5	2.3
Rancagua	2.1	2.2
Talca	3.7	5.15
Talcahuano	2.21	3.32
Chillán	3.28	2.9
Coyhaique	3.15	3.9
Calama	1.8	1.8
Maria Elena	3.3	3.3
Mejillones	1.3	1.3
Sierra Gorda	3.2	3.2
Sur	3.92	3.92

**Fuente:** Elaboración propia en base a mediciones en Chile

Como se observa en la tabla 5-10,  $\beta_{10}$  para Santiago actualmente es equivalente a 2.3, mucho menor que el valor de 3 recomendado por Morel et al. (1999). Utilizando la ecuación y la media anual actual para esta ciudad (71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) es posible determinar la norma diaria efectiva imperante en 163  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La tendencia indica que la razón entre el percentil98 y la media anual ha ido disminuyendo en el tiempo a medida que las políticas de gestión de episodios se han hecho más efectivas. La siguiente figura muestra la tendencia observada.

Figura 21 Tendencia razón P98 versus media anual PM 10 en el tiempo



Fuente: Elaboración propia en base a información Red MACAM

En base a la ecuación se determinó la norma diaria de PM10 en su equivalente anual. Para las ciudades en análisis sin información se asumió que el valor de  $\beta_{10}$  equivale al propuesto por Morel et al. (1999). La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos.

Como se observa en la tabla 6-17 la norma diaria en su equivalente es, en algunos casos, más estricta que la norma anual de PM10 vigente (50 ug/m<sup>3</sup>). Debe determinarse entonces cual de las dos normas está activa. La tabla 6-18 indica la norma que limita las concentraciones para cada una de las ciudades en análisis.

A su vez, la norma anual o anual equivalente de PM10 impone implícitamente una norma para la fracción fina. Para estimar esta norma implícita se propone la siguiente relación.

$$\text{Norma implícita PM}_{25} (\text{eq anual}) = \alpha \cdot \text{Norma anual activa PM}_{10} \quad \text{Ec 6-5}$$

Donde,  $\alpha$  corresponde a la razón entre la media anual de PM<sub>2.5</sub> vs la media anual de PM<sub>10</sub>. Los valores de  $\alpha$  varían dependiendo de la composición de contaminantes propia de cada ciudad. En la tabla 6-20 se presenta las estimaciones de este estadígrafo para las ciudades con información disponible.

En base a la ecuación se calculó la norma anual implícita para las ciudades en estudio. Para las ciudades del Norte de Chile sin información de PM<sub>2.5</sub> se asumió que la relación presente en Santiago es válida. Para las ciudades del sur de Chile sin información se consideró la relación presente en Temuco como la más apropiada. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 6-21.

**Tabla 6-11 Norma diaria PM 10 en su equivalente anual**

Ciudad	Eq. anual norma diaria PM10	
	Norma diaria PM10 150 ug/m3	Norma diaria PM10 120 ug/m3
Concepción	66	53
Santiago	65	52
Temuco	38	31
Tocopilla	70	56
Viña del mar	61	49
Valparaiso	50	40
Antofagasta	50	40
Rancagua	71	57
Arica	50	40
Talca	41	32
Iquique	50	40
Talcahuano	68	54
Chillán	46	37
Copiapo	50	40
Chañaral	50	40
Caldera	50	40
Huasco	50	40
Coyhaique	48	38
Calama	83	67
Maria Elena	45	36
Mejillones	115	92
Sierra Gorda	47	38
Norte	50	40
Sur	38	31

**Fuente:** Elaboración propia en base a información Red MACAM

Para la estimación de beneficios netos de la norma de PM25 se debe verificar primero que reducciones corresponden directamente a las alternativas de norma propuestas y cuáles corresponden a la norma anual de PM2.5 implícita en las normas de PM10 vigentes actualmente. Se debe asignar los beneficios sólo a la norma más estricta (ya sea la norma actual o la propuesta). La tabla 6- 21 muestra cual será la norma activa para los distintos escenarios analizados.

**Tabla 6-12 Norma diaria PM 10 en su equivalente anual**

Ciudad	Norma diaria PM10 150 ug/m3	Norma diaria PM10 120 ug/m3
Concepción	Anual	Anual
Santiago	Anual	Anual
Temuco	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>
Tocopilla	Anual	Anual
Viña del mar	Anual	<b>Diaria</b>
Valparaíso	Anual	<b>Diaria</b>
Antofagasta	Anual	<b>Diaria</b>
Rancagua	Anual	Anual
Arica	Anual	<b>Diaria</b>
Talca	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>
Iquique	Anual	<b>Diaria</b>
Talcahuano	Anual	Anual
Chillán	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>
Copiapo	Anual	<b>Diaria</b>
Chañaral	Anual	<b>Diaria</b>
Caldera	Anual	<b>Diaria</b>
Huasco	Anual	<b>Diaria</b>
Coyhaique	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>
Calama	Anual	Anual
Maria Elena	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>
Mejillones	Anual	Anual
Sierra Gorda	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>
Norte	Anual	<b>Diaria</b>
Sur	<b>Diaria</b>	<b>Diaria</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6-13 Razón media anual y P98 PM2.5 versus PM10**

Ciudad	Razón media anual PM2.5 vs PM10	Razón p98 PM2.5 vs PM10
Concepción	0.41	0.58
Santiago	0.52	0.6
Temuco	0.5	0.6
Viña del mar	0.4	0.58
Talca	0.66	0.92
Talcahuano	0.42	0.62

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones en Chile

**Tabla 6-14 Norma anual implícita de PM2.5 en la norma de PM10 activa**

Ciudad	Norma anual implícita PM2.5	
	Norma diaria	Norma diaria
	PM10 150 ug/m3	PM10 120 ug/m3
Concepción	21	21
Santiago	26	26
Temuco	19	15
Tocopilla	26	26
Viña del mar	20	19
Valparaiso	20	16
Antofagasta	26	21
Rancagua	26	26
Arica	26	21
Talca	27	21
Iquique	26	21
Talcahuano	21	21
Chillán	24	19
Copiapo	26	21
Chañaral	26	21
Caldera	26	21
Huasco	26	21
Coyhaique	25	20
Calama	26	26
Maria Elena	24	19
Mejillones	26	26
Sierra Gorda	24	20
Norte	26	21
Sur	19	15

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6-15 Norma activa según escenario proyección concentración tasa**

	Alternativa 1				Alternativa 2				Alternativa 3			
	2010	2013	2020	2030	2010	2013	2020	2030	2010	2013	2020	2030
Concepcion	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Santiago	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Temuco	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Tocopilla	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Vinadelmar	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Valparaiso	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Antofagasta	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Rancagua	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Arica	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Talca	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Iquique	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Talcahuano	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Chillan	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Copiapo	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Chanaral	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Caldera	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Huasco	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Coyhaique	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Calama	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
MariaElena	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Mejillones	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
SierraGorda	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Norte	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Sur	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Fuente: Elaboración propia en base a Morel et al (1999)

000202

Los casos en blanco corresponden a aquellas situaciones en las que no existirían beneficios al implementar la nueva norma para PM<sub>2.5</sub>. Esto debido a que la norma de PM<sub>2.5</sub> implícita en las normas de PM<sub>10</sub> existentes (anual y diaria) sería más exigente que las alternativas de norma propuestas. Se puede apreciar que la alternativa 1 es la que genera beneficios en el mayor número de ocasiones, lo cual es bastante lógico dado que es la más exigente de las consideradas. Se debe considerar que las alternativas de norma propuestas son válidas por periodos de diez años (ver 3.1.3) durante los cuales serán o no activas dependiendo de las exigencias de la norma vigente actualmente.

000263

## 7. Resultados

En este capítulo se reportan los costos y beneficios estimados para cada una de las alternativas de norma analizadas.

En esta sección se reportan los resultados que el modelo entrega para cada una de las alternativas de norma analizadas. Para efectos del análisis costo-beneficio se consideró un crecimiento del PIB de 4% anual y una tasa social de descuento de 8%.

Se estimó el beneficio neto y la razón costo – beneficio para cada alternativa de norma propuesta por el consultor. Adicionalmente se modelaron tres escenarios diferentes de control de los niveles de concentración de las ciudades que se encuentran bajo las propuestas de norma de PM2.5 (ciudades no saturadas).

En la Figura 22 y Figura 23 se presenta el resumen del análisis de beneficios y costos, medidos en valor presente. Los resultados muestran el valor presente de los costos (VPC), el beneficio neto (VAN) y la razón beneficio/costo (VPB/VPC) obtenidos para las ciudades saturadas y no saturadas de Chile. Es importante destacar que una razón beneficio/costo menor que uno indica que los costos son mayores que los beneficios<sup>25</sup>. Ciudades como Santiago presentan indicadores mayores que uno principalmente debido a que los beneficios por reducir el riesgo de la población expuesta son altos.

**Figura 22 Resultados ciudades saturadas analizadas: Valor presente costos, razón costo – beneficio y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis**

Ciudad	Norma Pm2.5	VP Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo*			Beneficio Neto (MUS\$)**		
			LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Santiago	Alternativa 1	3,487	0.5	1.6	7.8	(1,676)	2,111	23,675
	Alternativa 2	1,572	0.7	2.1	10.1	(518)	1,685	14,236
	Alternativa 3	451	0.9	2.8	13.5	(45)	803	5,633
Norte	Alternativa 1	1,328	0.2	0.6	3.1	(1,050)	(468)	2,843
	Alternativa 2	272	0.3	0.9	4.6	(189)	(16)	970
	Alternativa 3	0	0.0	0.0	0.0	(0)	(0)	(0)
Centro	Alternativa 1	859	0.3	0.9	4.5	(601)	(62)	3,009
	Alternativa 2	379	0.3	0.8	3.9	(279)	(71)	1,114
	Alternativa 3	108	0.1	0.4	2.0	(94)	(64)	106
Sur	Alternativa 1	1,746	0.4	1.4	6.6	(977)	629	9,778
	Alternativa 2	618	0.4	1.3	6.3	(360)	179	3,251
	Alternativa 3	148	0.2	0.6	2.9	(119)	(60)	278
Total Nacional	Alternativa 1	6,561	0.3	1.3	7.0	(4,305)	2,209	39,305
	Alternativa 2	2,463	0.5	1.7	8.9	(1,347)	1,777	19,571
	Alternativa 3	598	0.6	2.1	11.1	(258)	672	6,017

**\*Razón Beneficio - Costo**

- ↑ Beneficios son mucho mayores que los costos
- ↔ Beneficios y costos son de la misma magnitud
- ↓ Costos son mucho mayores que los beneficios

**\*\*Beneficio Neto**

- ↑ Alto
- ↔ Medio
- ↓ Bajo

Fuente: Elaboración propia

<sup>25</sup> Razones Beneficio- Costos se consideran en este estudio de manera ilustrativas como bajas si son menores a 0.5, medias si están entre 0.5 y 2, y altas si son mayores a 2

Aunque los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados, el beneficio neto agregado a nivel País es positivo. La implementación de la norma recomendada por la OMS produce el mayor beneficio social neto (alternativa 1) si se considera las muertes a largo plazo, Escenarios de beneficios LAC – USA y USA.

### 7.1 Análisis de escenarios

Siguiendo las recomendaciones de la propuesta de norma de la UE se definieron alternativas de norma para ciudades no saturadas<sup>26</sup>:

*Tasa -* : todas las ciudades no saturadas son obligadas a reducir en un 1% su concentración promedio anual con respecto a su concentración base.

*Constante*: todas las ciudades no saturadas mantienen constantes sus concentraciones.

*Tendencia*: todas las ciudades no saturadas crecen según la tendencia observada.

Las dos primeras alternativas consideran normas para cada ciudad permitiendo que la población de cada zona sea expuesta a una igual o mejor calidad del aire a la que experimenta actualmente. La tercera alternativa permite que las concentraciones continúen aumentando según la tendencia de crecimiento actual (BAU) hasta el nivel normado (sin control). A continuación se presentan los resultados obtenidos para las ciudades no saturadas.

**Figura 23 Resultados ciudades no saturadas analizadas: Valor presente costos, razón beneficio– costo y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis.**

Norma PM2.5	Ciudades no saturados	VP Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo			Beneficio Neto (MUS\$)		
			LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Alternativa 1	Tendencia	7,420	0.4	1.3	6.3	(4,305)	2,209	39,305
	Constante	7,421	0.4	1.3	6.4	(4,263)	2,343	39,958
	Tasa -	7,492	0.4	1.4	6.6	(4,173)	2,768	42,292
Alternativa 2	Tendencia	2,841	0.5	1.6	7.9	(1,347)	1,777	19,571
	Constante	2,846	0.6	1.7	8.4	(1,250)	2,089	21,099
	Tasa -	3,251	0.6	1.8	8.8	(1,343)	2,647	25,369
Alternativa 3	Tendencia	706	0.6	2.0	9.5	(258)	679	6,017
	Constante	714	0.9	2.7	13.0	(96)	1,197	8,561
	Tasa -	1,629	0.7	2.2	10.7	(464)	1,974	15,857

**\*Medidas de control para ciudades no saturadas**

Tendencia	Sin control
Constante	Prohibición de incrementar su concentración de PM2.5 actual
Tasa -	Obligación de reducir su concentración actual de PM2.5 en un 1% por año

**Fuente: Elaboración Propia**

<sup>26</sup> Se define como ciudad no saturada, a las ciudades que presentan concentraciones promedio anuales menores a los límites normados.



000265

El control de ciudades no saturadas no parece ser tan relevante en las alternativas 1 y 2, aunque, de todas formas, se observan aumentos en el beneficio neto al controlar a ciudades no saturadas de 25% y 48% respectivamente. Para la alternativa 3 el control de ciudades no saturadas implicaría un beneficio neto hasta dos veces mayor, principalmente debido a que existirían mayor número de localidades en que la norma estaría activa. De todas formas los beneficios. Se requiere mayor evidencia que permita detectar la existencia de posibles costos adicionales del control de este tipo de ciudades para poder recomendar una alternativa como esta.

## 7.2 Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad con respecto a la tasa de descuento utilizada y a la asignación de curvas de costos asignadas a las ciudades bajo análisis, para estudiar el efecto de la variación de estos parámetros sobre los resultados obtenidos.

En primer lugar se reevaluó el análisis con una tasa de 6% y 10%. A continuación se presenta el valor presente de los costos y beneficios netos de las diferentes alternativas para cada uno de los escenarios de beneficios analizados.

**Figura 24 Análisis de sensibilidad tasa de descuento: Valor presente costos y beneficios netos**

Norma Pm2.5	Tasa de descuento	VP Costos (MUS\$)	Beneficio Neto (MUS\$)		
			LAC	LAC-USA	USA
Alternativa 1	0.06	10,822.5	(6,218)	3,411	58,246
	0.08	7,419.9	(4,305)	2,209	39,305
	0.1	5,194.2	(3,040)	1,466	27,124
Alternativa 2	0.06	4,256.4	(1,981.0)	2,777.2	29,874.2
	0.08	2,841.3	(1,347.1)	1,777.5	19,571.5
	0.1	1,933.0	(932.9)	1,158.6	13,069.2
Alternativa 3	0.06	1,098.1	(396.6)	1,070.4	9,424.9
	0.08	706.4	(258.2)	679.2	6,017.3
	0.1	462.1	(170.8)	438.4	3,907.7

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el resultado es muy sensible a los cambios en la tasa de descuento. Si se varía la tasa a un 6%, el beneficio neto obtenido para la alternativa 1, bajo el escenario más conservador (LAC) aumenta en un 40% aproximadamente. Considerando un escenario de beneficios (LAC – USA), que incluye muertes a largo plazo, los beneficios para esta alternativa aumentan en aproximadamente un 50%.

Por otra parte, se sensibilizó el criterio de asignación de curvas de costo a ciudades sin información. Como se puede observar de la figura siguiente, si los costos de reducción de concentraciones de PM<sub>2.5</sub> fueran equivalentes a los de Santiago se tendría beneficios netos positivos sólo para el escenario menos conservador de beneficios unitarios de reducción (USA).

**Figura 25 Análisis de sensibilidad asignación de curvas de costo: Valor presente costos y beneficios netos**

Alternativas de norma	Escenario de asignación de curvas de costo		LAC	LAC-USA	USA		
<b>Alternativa 1</b>	Más probable	↓	(4,305)	↑	2,209	↑	39,305
	Otras Concepcion	↓	(2,232)	↑	4,282	↑	41,378
	Otras Temuco	↓	(6,568)	↓	(54)	↑	37,042
	Otras Santiago	↓	(14,905)	↓	(8,391)	↑	28,705
<b>Alternativa 2</b>	Mas Probable	↓	(1,347)	↑	1,777	↑	19,571
	Otras Concepcion	↓	(626)	↑	2,499	↑	20,293
	Otras Temuco	↓	(2,117)	↑	1,008	↑	18,802
	Otras Santiago	↓	(4,983)	↓	(1,858)	↑	15,936
<b>Alternativa 3</b>	Mas Probable	↓	(258)	↑	679	↑	6,017
	Otras Concepcion	↓	(94)	↑	843	↑	6,181
	Otras Temuco	↓	(426)	↑	511	↑	5,849
	Otras Santiago	↓	(1,064)	↓	(127)	↑	5,212

**Escenarios de asignación de curvas de costo a otras ciudades no analizadas**

- Más probable** Las curvas de costo de otras ciudades están entre las curvas de Temuco y Concepción
- Otras Concepcion** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Concepción
- Otras Temuco** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Temuco
- Otras Santiago** Las curvas de costo de otras ciudades son similares a la de Santiago

Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Conveniencia de la implementación simultánea de una nueva norma de PM2.5 adicional a la actual norma de PM10 vigente

Los resultados anteriores consideran los beneficios sociales de la implementación de una norma para material particulado fino asumiendo que la normativa actual para PM10 se mantiene vigente (150 ug/m3 diarios de PM10 si entra en vigencia una norma para PM2.5).

Si se quisiera evaluar la conveniencia social de implementar una norma para PM2.5 con respecto a una norma de PM10, se tendría que evaluar los beneficios y costos de una nueva norma para material particulado fino considerando que la norma de PM10 se hace más exigente el año 2012 y limita las concentraciones diarias a 150 ug/m3 diarios de PM10 (mejor proyecto alternativo). Esto implicaría, como fue descrito en la sección 6.6, que en muchas ciudades la norma diaria de PM10 sería aun más estricta que la nueva norma de PM2.5, por lo que no habría beneficios por su implementación.

En esta sección se estimó el beneficio neto y la razón costo – beneficio para cada alternativa de norma propuesta por el consultor considerando el escenario en que la norma de PM10 se hace más estricta. En la Figura 22 se presenta el resumen del análisis de beneficios y costos, medidos en valor presente.

**Figura 26 Resultados conveniencia norma de PM2.5 vs norma PM10: Valor presente costos, razón costo – beneficio y beneficio neto de las distintas alternativas de control y escenarios de beneficio considerados en el análisis**

Ciudad	VP Costos (MUS\$)	Razón Beneficio - Costo*			Beneficio Neto (MUS\$)**		
		LAC	LAC-USA	USA	LAC	LAC-USA	USA
Santiago	3,487	0.5	1.6	7.8	(1,676)	2,111	23,675
Norte	989	0.1	0.4	2.1	(853)	(567)	1,058
Centro	859	0.3	0.9	4.4	(609)	(85)	2,896
Sur	1,227	0.3	1.0	5.0	(822)	26	4,856
<b>Total Nacional</b>	<b>5,703</b>	<b>0.3</b>	<b>1.3</b>	<b>6.7</b>	<b>(3,959)</b>	<b>1,484</b>	<b>32,485</b>

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, aunque en todos los casos analizados, el beneficio neto agregado a nivel País es positivo. Eso sí, la zona sur tiene ahora beneficios netos negativos. La implementación de la norma recomendada por la OMS aún produce el mayor beneficio social neto (alternativa 1) si se considera las muertes a largo plazo, Escenarios de beneficios LAC – USA y USA.

Cabe desatacar, que la evidencia epidemiológica muestra, con un gran grado de certeza, que el impacto del PM2.5 es más alto que el de la fracción gruesa, lo que apoya la tendencia internacional de normar este contaminante. A su vez, la normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas y al control de partículas cada vez más finas. Del análisis se concluye que parece adecuado controlar la fracción fina, o por el contrario, no existe ninguna justificación para no hacerlo.

A su vez, la implementación de una norma de PM2.5 en el país, implicaría controlar el contaminante que implica un mayor riesgo a la salud para las personas en la mayor parte del país. Condiciones locales en algunas ciudades de Chile, principalmente en el norte, convierten al PM10 en la sustancia más riesgosa, por lo que no sería conveniente eliminar su control. Se requiere un análisis detallado de este fenómeno que permite extraer conclusiones al respecto. La falta de información de background y de composición del material particulado que permita relacionar emisiones y concentraciones deja dicho análisis fuera del alcance de este estudio.

## 7.4 Consideraciones

Como se menciona anteriormente, actualmente Chile está regido por una norma primaria para PM10. Los emisores deben decidir si reducir la fracción fina o gruesa para cumplir con la norma. El criterio de decisión corresponde a un problema de optimización que minimice el costo total de reducir las emisiones contaminantes sujeto a la condición que se cumpla el estándar definido. Por otro lado, todas las medidas propuestas por Conama favorecen la reducción de la fracción fina por sobre la gruesa (se tiene en consideración que es más dañina) lo que fuerza a los emisores a reducir esta fracción en primera instancia.

Si para los emisores resulta más económico reducir la fracción fina que reducir la fracción gruesa se cumple el caso modelado en que la norma de PM10 actual tiene una norma de PM2.5 equivalente implícita y permite que la norma de PM10 sea suficiente para controlar la

fracción fina hasta cierto nivel. En este caso, para muchas ciudades de las ciudades analizadas (antes del 2013 y en algunas antes del 2020), sólo es suficiente la norma actual para cumplir con las alternativas propuestas, por lo que no es posible contabilizar beneficios por una norma adicional para PM<sub>25</sub> antes de estos años (normas no está aún activa).

Por el contrario, si para los emisores resulta más económico reducir la fracción gruesa antes que la fina<sup>27</sup> la norma de PM<sub>25</sub> estaría activa antes de lo supuesto por lo que los beneficios de implementarla serían aún mayores.

Por otra parte es importante destacar que los costos y beneficios obtenidos para la zona norte del país están subestimados, esto se debe a que se asumió, para efectos del análisis, que con las medidas para el control de PM<sub>10</sub> se reducía parte importante de PM<sub>2,5</sub>, aunque las medidas para controlar MP en el norte apuntan principalmente a la reducción de las emisiones de la fracción gruesa.

---

<sup>27</sup> O en caso en que la política de control del ente regulador privilegiara reducir la fracción gruesa antes que la fina.

000269

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

Este estudio ha revisado los antecedentes relativos al establecimiento de un estándar de PM<sub>2.5</sub> en Chile. Se realizó una exhaustiva recopilación de estándares para PM<sub>2.5</sub> en el mundo y su correspondiente estándar de PM<sub>10</sub>, cuando existía.

Para cuatro ciudades del país se analizó la información existente de concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, las fuentes de estos contaminantes, y las potenciales opciones para controlarlo, estimando un costo aproximado para ellos. Para estas cuatro ciudades se analizaron las mejoras en salud adicionales de la norma de PM<sub>2.5</sub> con respecto a los que ya provee la norma vigente. El estudio incluyó las siguientes actividades:

1. Identificar y caracterizar las principales fuentes emisoras de material particulado fino en el país, las tecnologías de reducción disponibles y los costos asociados a dichas tecnologías, para las distintas situaciones típicas de contaminación que se dan en el país.
2. Analizar posibles niveles de norma en base a las recomendaciones de la OMS, y a la normativa existente en el mundo (Norma de EEUU, Australia, México entre otras) y a las discusiones que se están realizando en la Comunidad Europea.
3. Evaluar los costos y beneficios que tendría la introducción de una norma de PM<sub>2.5</sub> en el país para diferentes niveles y distintos plazos de cumplimiento.

La evidencia epidemiológica muestra, con un gran grado de certeza, que el impacto del PM<sub>2.5</sub> es más alto que el de la fracción gruesa, lo que apoya la tendencia internacional de normar este contaminante. Con respecto al análisis de la normativa internacional se puede concluir que se ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas y al control de partículas cada vez más finas. Por otra parte, se observa que niveles permitidos para PM<sub>2.5</sub>, vigentes en los países que controlan esta fracción, se encuentran entre 35 y 12 ug/m<sup>3</sup> anual (con la excepción de Australia que exige concentraciones de 8 ug/m<sup>3</sup>), aún cuando las recomendaciones de la OMS son 10 ug/m<sup>3</sup> de promedio anual.

Con respecto a riesgos individuales, se concluye que el impacto de la exposición a PM<sub>2.5</sub> de largo plazo es alto (dos veces el riesgo de muerte en accidentes de tránsito) y afecta a toda la población (niños, adultos y adultos mayores), justificándose la implementación de los niveles de norma más estrictos observados internacionalmente. Por consiguiente, se puede considerar que, sería recomendable definir como nivel de exposición objetivo el recomendado por la OMS correspondiente a una concentración media anual de 10 ug/m<sup>3</sup> que, según la evidencia científica (Dockery et al. (1993) y (Pope et al (2006)), estaría por debajo de la media para los efectos más probables. Por otra parte, debido a que no existe un umbral bajo el cual no se observen efectos a la salud en las personas (PAHO, 2005), se debe perseguir alcanzar el niveles de exposición cada vez menores; por lo que, alcanzados los niveles de concentración recomendados actualmente por la OMS (10 ug/m<sup>3</sup>) se debería estudiar la posibilidad de implementar límites aún más estrictos. Cabe destacar que aunque las alternativas 2 y 3 evaluadas, no consideran alcanzar aún el 2030 el objetivo de exposición recomendado por la OMS, de ser elegidas deberían considerar este límite como objetivo futuro.

000210

Con respecto a costos y beneficios, la implementación de la norma más exigente de las alternativas evaluadas, produciría el mayor beneficio social neto. Por otra parte, aunque los costos de reducción en ciudades distintas a Santiago, exceden los beneficios en algunos escenarios, en todos los casos analizados que incluyen el efecto de muerte a largo plazo (Escenario LAC –USA y USA), el beneficio neto agregado a nivel País es positivo. Estos resultados, apoyan la aplicación del valor de norma recomendado por la OMS (alternativa 1). Del análisis se concluye que parece adecuado controlar específicamente la fracción fina, por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de normalización de PM<sub>2.5</sub>. O por el contrario, no existe ninguna justificación para no hacerlo.

Del análisis se concluye que parece adecuado controlar específicamente la fracción fina, o por el contrario, no existe ninguna justificación para no hacerlo. Por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de normalización de PM<sub>2.5</sub>. Adicionalmente, los resultados obtenidos, tanto en cuanto a riesgo como a costo-beneficio, apoyan la aplicación del valor de norma recomendado por la OMS (alternativa más estricta de las alternativas evaluadas (alternativa 1).

Con respecto a la conveniencia social de controlar PM<sub>2.5</sub> versus PM<sub>10</sub> se concluye que falta información de background y de composición del material particulado que permita relacionar emisiones y concentraciones. Esta información sería indispensable para realizar un análisis más detallado de las reducciones exigidas por la norma de PM<sub>10</sub> y las reducciones de PM<sub>2.5</sub> implícitas asociadas a este estándar en las distintas ciudades en estudio.

000271

## 9. Referencias

- Abbey, D. E., B. E. Ostro, F. Petersen y R. J. Burchette (1995). "Chronic Respiratory Symptoms Associated with Estimated Long-Term Ambient Concentrations of Fine Particulates Less Than 2.5 Microns in Aerodynamic Diameter (PM 2.5) and Other Air Pollutants." Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology **5(2)**: 137-159.
- AIRNET (2005). Air pollution and the risks to human health-Exposure assessment.
- Alberini, M., T. F. Cropper, A. Krupnick, J. Liu, D. Shaw y W. Harrington (1997). "Valuing health effects of air pollution in developing countries: The case of Taiwan." J. Environ. Econom. Management **34**: 107-126
- Bell, M. L., M. S. O'Neill, L. A. Cifuentes, A. L. F. Braga, C. Green, A. Nweke, J. Rogat, K. Sibold y with input from participants of the International Symposium of Socioeconomic Factors and Air Pollution Health Effects (2005). "International Symposium on Socioeconomic Factors and Air Pollution Health Effects." Environmental Science and Technology **accepted**.
- Borja-Aburto, V. H., M. Castillejos, D. R. Gold, S. Bierzwinski y D. P. Loomis (1998). "Mortality and ambient fine particles in Southwest Mexico City, 1993-1995." Environmental Health Perspectives **106(12)**: 849-855.
- Borja-Aburto, V. H., D. P. Loomis, S. I. Bangdiwala, C. M. Shy y R. A. Rascon-Pacheco (1997). "Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City." American Journal of Epidemiology **145(3)**: 258-68.
- Burnett, R. T. y M. S. Goldberg (2003). "Size-Fractionated Particulate Mass and Daily Mortality in Eight Canadian Cities." Research Report - Health Effects Institute: 85-89.
- Burnett, R. T., M. Smith-Doiron, D. Stieb, S. Cakmak y J. R. Brook (1999). "Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalizations." Arch Environ Health **54(2)**: 130-9.
- California Environmental Protection Agency (2002). Public Hearing to Consider Amendments to the Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter and Sulfates. California, USA, California Environmental Protection Agency.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (2000). Canada-Wide Standards for Particulate Matter (PM) and Ozone. C. C. o. M. o. t. Environment: 1-10.
- Castillejos, M., V. Borja-Aburto, D. Dockery, D. Gold y D. Loomis (2000). "Airborne coarse particles and mortality." Inhalation Toxicology **12(Suppl 1)**: 61-72.
- Chock, D. P., W. SL y C. C (2000). "A study of the association between daily mortality and ambient air pollutant concentrations in Pittsburgh, Pennsylvania." J Air Waste Manag Assoc. **50(8)**: 1481-500.

- Cifuentes, L., A. Krupnick, O'Ryan y Toman (2005). Urban air quality and human health in Latin America and The Caribbean.
- Cifuentes, L. A., A. Krupnick, R. O'Ryan y M. Toman (2005). Urban Air Quality And Human Health In Latin America And The Caribbean, Working paper.
- Cifuentes, L. A., J. Vega, K. Kopfer y L. B. Lave (2000). "Effect of the fine fraction of particulate matter versus the coarse mass and other pollutants on daily mortality in Santiago, Chile." Journal of the Air & Waste Management Association **50**(8): 1287-98.
- Cohen, A. J., H. R. Anderson, B. Ostro, K. D. Pandey, Michal Krzyzanowski, N. Künzli, K. Gutschmidt, Arden Pope, I. Romieu, J. M. Samet y K. Smith (2004). Chapter 17: Mortality impacts of urban air pollution. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors. M. Ezzati, A. Lopez, A. Rodgers y C. Murray. Geneva, World Health Organization. **vol. 2.**
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2005). Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe. Brussels, 21.9.2005.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT. Brussels, 29.6.2007.
- Conceicao, G. M., S. G. Miraglia, H. S. Kishi, P. H. Saldiva y J. M. Singer (2001). "Air pollution and child mortality: a time-series study in Sao Paulo, Brazil." Environmental Health Perspectives. **109**(Suppl 3): 347-50.
- Dockery, D. W. (1996). Specific air pollutants and the Philadelphia mortality associations. 2nd Colloquium on Particulate Air Pollution & Health, Park City, Utah.
- Dockery, D. W., C. A. Pope III, X. Xu, J. D. Spengler, J. H. Ware, M. E. Fay, B. G. Ferris Jr. y F. E. Speizer (1993). "An association between air pollution and mortality in Six U.S. Cities." The New England Journal of Medicine **329**: 1753-1759.
- Dockery, D. W., J. Schwartz y J. D. Spengler (1992). "Air pollution and daily mortality: Associations with particulates and acid aerosols." Environmental Research **59**: 362-373.
- Environment Canada (2000). Assessment Report - Respirable Particulate Matter Less Than or Equal to 10 Microns (PM-10). Gatineau, Quebec, Environment Canada.
- EPA (1999a). The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2010, U. S. EPA.
- EPA (2004). Air Quality Criteria for Particulate Matter. Research Triangle Park, N.C., U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA (2004). Air Quality Criteria for Particulate Matter. Volume I of II. Washington, DC. United States, U.S. Environmental Protection Agency.



- EPA (2004). Air Quality Criteria for Particulate Matter. Volume II of II. Washington, DC. United States, U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA (2005). Particulate Matter Health Risk Assessment For Selected Urban Areas. USA, US EPA.
- EPA (2005). Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Policy Assessment of Scientific and Technical Information. OAQPS Staff Paper. Washington, DC. United States, U.S. Environmental Protection Agency.
- Fairley, D. (2003). "Mortality and Air Pollution for Santa Clara County, California, 1989–1996." Research Report - Health Effects Institute: 97-106.
- Gold, D. R., A. I. Damokosh, C. A. Pope, D. W. Dockery, W. F. McDonnell, P. Serrano, A. Retama y M. Castillejos (1999). "Particulate and ozone pollutant effects on the respiratory function of children in southwest Mexico City." Epidemiology **10**(1): 8-16.
- Gouveia, N. y T. Fletcher (2000). "Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status." J Epidemiol Community Health **54**(10): 750-5.
- HEI (2004). Health Effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: a literature review.  
 . Boston, MA, Health Effects Institute
- HEI International Scientific Oversight Committee (2004). Health Effects of Outdoor Air Pollution in Developing Countries of Asia: A Literature Review. Boston MA, USA, Health Effects Institute.
- Hoek, G., B. Brunekreef, S. Goldbohm, P. Fischer y P. A. van den Brandt (2002). "Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study." Lancet **360**(9341): 1203-9.
- ICD9 The international classification of diseases 9th revision
- Illabaca, M., I. Olaeta, E. Campos, J. Villaire, M. M. Tellez y I. Romieu (1999). "Association between Levels of Fine Particulate and Emergency Visits for Pneumonia and other Respiratory Illnesses among Children in Santiago, Chile." Journal of the Air & Waste Management Association **49**: 174-185.
- Ito, K. (2003). "Associations of Particulate Matter Components with Daily Mortality and Morbidity in Detroit, Michigan." Journal of Exposure Analysis & Environmental Epidemiology. **11**(1): 143-156.
- Jerrett M, B. RT, M. R, P. C. 3rd, K. D, N. KB, T. G, S. Y, F. N, C. EE y T. MJ (2005). "Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles." Epidemiology **6**(16): 727-36.
- Katsouyanni K, T. G, S. E, G. A, L. T. A, M. Y, R. G, Z. D, B. F, B. A, A. HR, W. B, P. A, B. R, P. J, S. C y S. J. (2001). "Confounding and effect modification in the short-

- term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project." Epidemiology **5**(12): 521-31.
- Klemm, R. J. y R. Mason (2003). "Replication of Reanalysis of Harvard Six-City Mortality Study." Research Report - Health Effects Institute: 165-172.
- Koutrakis, P., S. N. Sax, J. A. Sarnat, B. Coull, P. Demokritou, P. Oyola, J. Garcia y E. Gramsch (2005). "Analysis of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>2.5-10</sub> concentrations in Santiago, Chile, from 1989 to 2001." J Air Waste Manag Assoc **55**(3): 342-51.
- Krewski (2003). "Overview of the reanalysis of the Harvard Six Cities Study and American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. ." Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A. **66** (16-19):1507-1551.
- Krewski, D., R. T. Burnett, M. S. Goldberg, K. Hoover, J. Siemiatycki, M. Abrahamowicz, W. H. White y a. Others. (2000). Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. Investigators' Report Part I: Replication and Validation. Part II: Sensitivity Analyses. Cambridge, MA, Health Effects Institute.
- Krewski, D., R. T. Burnett, M. S. Goldberg, Kristin Hoover, J. Siemiatycki, M. Abrahamowicz, W. H. White y a. Others (2000). Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. Investigators' Report Part I: Replication and Validation. Part II: Sensitivity Analyses. Cambridge, MA, Health Effects Institute.
- Levy, J. I., J. K. Hammitt y J. D. Spengler (2000). "Estimating the mortality impacts of particulate matter: what can be learned from between-study variability?" Environ Health Perspect **108**(2): 109-17.
- Lipfert, F. W., S. C. Morris y R. Wyzga (2000). "Daily mortality in the Philadelphia metropolitan area and size-classified particulate matter." J Air Waste Manag Assoc. **50**(8): 1501-13.
- Loomis, D., M. Castillejos, D. R. Gold, W. McDonnell y V. H. Borja-Aburto (1999). "Air pollution and infant mortality in Mexico City." Epidemiology **10**(2): 118-23.
- Mar, T. F., N. G.A., L. T.V., W. W.E. y K. J.Q. (2003). "Air Pollution and Cardiovascular Mortality in Phoenix, 1995–1997." Research Report - Health Effects Institute.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (2003). Norma de calidad del Aire Ambiente. M. d. Ambiente, Gobierno de Ecuador: 9.
- Morel, B., S. Yeh y L. Cifuentes (1999). "Statistical Distributions For Air Pollution Applied To The Study Of The Particulate Problem In Santiago, Chile." Atmospheric Environment **33**: 2575-2585.
- National Environment Protection Council of Australia (2003). National Environment Protection (Ambient Air Quality) Measure. N. E. P. Council, Government of Australia: 20.
- Newfoundland and Labrador Government (2004). Air Pollution Control Regulations, Canada. **O.C. 2004-232**: 1-24.

- NRC (2004). Research priorities for airborne particulate matter: IV. Continuing research progress., National Research Council.
- O'Neill, M. S., M. Jerrett, I. Kawachi, J. I. Levy, A. J. Cohen, N. Gouveia, P. Wilkinson, T. Fletcher, L. Cifuentes y J. Schwartz (2003). "Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods." Environ Health Perspect **111**(16): 1861-70.
- Ostro, B., R. Broadwin y M. Lipsett (2003). "Coarse particles and daily mortality in Coachella Valley, California." Research Report - Health Effects Institute.
- Ott, W. R. (1990). "A Physical Explanation of the Lognormality of Pollutant Concentrations." Air & Waste Management Association **40**(10): 1378-1383.
- PAHO (2005). An Assessment of Health Effects of Ambient Air Pollution in Latin America and the Caribbean. World Health Organization.
- Pereira, L. A., D. Loomis, G. M. Conceicao, A. L. F. Braga, R. M. Arcas, H. S. Kishi, J. M. Singer, G. M. Bohm y P. H. Saldiva (1998). "Association between air pollution and intrauterine mortality in Sao Paulo, Brazil." Environmental Health Perspectives **106**(6): 325-9.
- Pope, C. A., 3rd, R. T. Burnett, M. J. Thun, E. E. Calle, D. Krewski, K. Ito y G. D. Thurston (2002). "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution." Jama **287**(9): 1132-41.
- Pope, C. A., 3rd, R. T. Burnett, G. D. Thurston, M. J. Thun, E. E. Calle, D. Krewski y J. J. Godleski (2004). "Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease." Circulation **109**(1): 71-77.
- Pope, C. A., 3rd y D. W. Dockery (2006). "Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect." Journal of the Air & Waste Management Association **56**(6): 709-42.
- Pope, C. A., 3rd, M. J. Thun, M. M. Nambordini, D. Dockery, J. S. Evans, F. E. Speizer y C. W. Heath Jr (1995). "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults." American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine **151**: 669-674.
- Samet, J. M., F. Dominici, F. C. Curriero, I. Coursac y S. L. Zeger (2000). "Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987- 1994." N Engl J Med **343**(24): 1742-9.
- Schwartz, J. (1996). "Air Pollution and hospital admissions for respiratory disease." Epidemiology **7**(1): 20-28.
- Secretaría de Salud de México (2005). Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. 26 NOMSSA: 10.
- Simpson, R. W., D. L., P. A., T. L. y W. G. (2000). "Effects of ambient particle pollution on daily mortality in Melbourne, 1991-1996." J Expo Anal Environ Epidemiol. **10**(5): 488-96.

- Tellez-Rojo, M. M., I. Romieu, S. Ruiz-Velasco, M. A. Lezana y M. M. Hernandez-Avila (2000). "Daily respiratory mortality and PM10 pollution in Mexico City: importance of considering place of death." Eur Respir J **16**(3): 391-6.
- Unión Europea (1999). DIRECTIVA 1999/30/CE DEL CONSEJO. 1999/30/CE: 20.
- Venners, S. A., B. Wang, Z. Peng, Y. Xu, L. Wang y X. Xu (2003). "Particulate Matter, Sulfur Dioxide, and Daily Mortality in Chongqing, China." Environmental Health Perspectives **111**(4): 562-567.
- World Health Organization (2005). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

000277

## 10. Anexo: Estudios que han servido de apoyo a la dictación de normas

En la siguiente sección se describen los estudios internacionales y nacionales relevantes para la dictación de normativa para la regulación de material particulado fino.

### 10.1 Estudios en USA

Los principales estudios que han sustentado la normativa internacional son los realizados en USA y corresponden a los autores que se indican:

Tabla 10-1 Principales Estudios realizados en USA

Autores	Descripción	Normas en que han sido citados
Pope et al. (1995)	En el estudio realizado en la población de USA el riesgo relativo ajustado (95% CI) para todas las causas de mortalidad para las áreas más contaminadas comparadas con las áreas menos contaminadas fue de 1.17 (1.09-1.26) para PM2.5.	OMS, USEPA, California EPA
Pope et al. (2002)	El mismo autor encontró que por cada aumento de 10 mg/m <sup>3</sup> de PM2.5 se produce un aumento del riesgo de 4%, 6%, y 8% para todas las causas, mortalidad cardiopulmonar y mortalidad por cáncer pulmonar, respectivamente.	OMS, USEPA, Australia.
Dockery et al. (1993)	2. El "Six Cities Study" encuentra un riesgo relativo ajustado de mortalidad para la ciudad más contaminada versus la menos contaminada de 1.26 (95 % CI, 1.08-1.47)	OMS, USEPA, California EPA, México, Canadá, Australia.
Krewski et al. (2000)	La auditoria que demostró que los datos en el análisis original del "Six Cities Study" y del "ACS Study" fueron de alta calidad, así como lo fueron los estimadores de riesgo.	Australia.

Fuente: Elaboración propia

## 10.2 Estudios Latinoamericanos

000278

Los estudios latinoamericanos que han sido citados para dictar normas, en particular, las normas de México y USA, son los siguientes:

**Tabla 10-2 Resumen Estudios Latinoamericanos**

Autores	Descripción	Normas en que han sido citados
Santiago de Chile Cifuentes et al. (2000)	Se estudió por series de tiempo la mortalidad no accidental en 34 municipalidades de Santiago entre los años 1988 y 1996 asociada a PM2.5, PM10-2.5, CO, SO2, NO2 y O3. Se controló para condiciones estacionales y meteorológicas. Se analizaron los datos con modelos de simples y de dos contaminantes. Los efectos en mortalidad para el modelo simple de PM2.5 y PM10-2.5 arrojaron un riesgo relativo de 1.042 y 1.043 en todas las estaciones.	USEPA.
Santiago de Chile Illabaca et al. (1999)	Se estudió por series de tiempo el impacto entre la variación ambiental de PM2.5 y otros contaminantes y el número de visitas diarias a la sala de emergencia por causas respiratorias al Hospital Calvo Mackenna, de niños menores de 15 años, se estima que la población que se atiende en ese hospital es de alrededor de 124.200 niños, entre los febrero de 1995 y agosto de 1996. Las mayores concentraciones de material particulado se registraron durante los meses de invierno.	México.
Ciudad de México Castillejos et al. (2000)	Se estudió mortalidad en Ciudad de México y su relación con PM10 y PM2.5. Se monitorearon los contaminantes y el material particulado grueso fue estimado de la diferencia de PM10 y Pm2.5 recolectado. Se analizaron los datos con modelos de simples y de dos contaminantes Se entregan resultados para mortalidad total, mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares. Los resultados muestran asociaciones mayores de mortalidad con la fracción gruesa del material particulado. Cada aumento de 10 µg/m3 de PM10 y PM2.5 con un desfase de 5 días estaba asociado a aumentos de 1.83% y 1.48% en mortalidad total respectivamente.	Mexico, USEPA.
Ciudad de México Loomis et al. (1999)	Estudio de series de tiempo en Ciudad de México sobre mortalidad infantil asociada a SO2, O3, PM2.5, NO2. Cada aumento de 10 µg/m3 de PM2.5 con un desfase de 2 días estaba asociado a aumentos de 5.87% en mortalidad total respectivamente (95% CI, 1.21-10.53).	Mexico, USEPA.
Ciudad de México Borja-Aburto et al. (1998)	Estudio en 6 sectores de Ciudad de México: Obregón, Benito Juárez, Coyoacan, Cuajimalpa, Magdalena Contreras y Tlalpan, que tiene una población de alrededor de 2.5 millones de habitantes. Se estudiaron asociaciones entre PM2.5, O3 y NO2 y mortalidad. El porcentaje de cambio en mortalidad total para todas las causas de mortalidad para aumentos de 10 µg/m3 de PM2.5 fue de 1.36 (95%CI, 0.20-2.52).	USEPA.
Ciudad de México Tellez-Rojo et al. (2000)	Estudio de mortalidad por causas respiratorias en Ciudad de México. No se entrega evidencia de PM fino.	Mexico, USEPA.

---

Ciudad de México Borja-Aburto et al. (1997)	Estudio de mortalidad en el Distrito Federal de Mexico. No se entrega evidencia de PM fino.	USEPA.
Sao Pablo de Brazil Pereira et al. (1998)	Estudio de mortalidad intrauterina en Ciudad de Mexico. No se entrega evidencia de PM fino.	USEPA.
Sao Pablo de Brazil Gouveia y Fletcher (2000)	Se investigó la asociación entre contaminación por PM10, SO2, NO2, O3 y CO y mortalidad. No se entrega evidencia de PM fino y grueso.	USEPA.
Sao Pablo de Brazil Conceicao et al. (2001)	Estudio de mortalidad en el Sao Paulo, Brasil. No se entrega evidencia de PM fino.	USEPA.

---

**Fuente: Elaboración propia**

### 10.3 Otros Estudios relevantes

Otros estudios relevantes para la dictación de normativa internacional son:

**Tabla 10-3Otros Estudios relevantes**

Autores	Descripción	Normas en que han sido citados
Abbey et al. (1995)	Adventistas del Séptimo Día (n = 1,868) completaron un cuestionario de síntomas respiratorios en 1977 y 1987. Exceso de concentraciones de 20 mg/m <sup>3</sup> de PM <sub>2.5</sub> fueron asociadas con el desarrollo de síntomas de bronquitis crónica.	USEPA, Australia.
Burnett y Goldberg (2003)	Un estudio sobre las 8 ciudades canadienses de Montreal, Ottawa, Toronto, Windsor, Calgary, Edmonton Winnipeg, Vancouver, entre los años 1986-1996, comparó niveles de sulfatos, O <sub>3</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> . Este estudio encontró diferencias en asociaciones entre PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10-2.5</sub> con mortalidad. Para aumentos de 50 µg/m <sup>3</sup> en PM <sub>10</sub> o 25 µg/m <sup>3</sup> en PM <sub>2.5</sub> , las admisiones a hospitales por enfermedad cardiovascular son de 12.1% (1.4, 23.8) y 7.2% (-0.6, 15.6) y de 20.5% (8.2, 34.1) para aumentos de PM <sub>10-2.5</sub> .	USEPA.
Burnett et al. (1999)	En Toronto entre 1980 y 1994 se asoció PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10-2.5</sub> con 1.9%, 3.3%, y 2.9% aumentos en admisiones hospitalarias respiratorias y cardíacas respectivamente. Al controlar por contaminantes gaseosos (CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ) los porcentajes se redujeron a 0.50%, 0.75% y 0.77%, respectivamente. De las 7.72 admisiones hospitalarias diarias en exceso en Toronto atribuibles a la mezcla de contaminación atmosférica 11.8% resultaron de PM <sub>2.5</sub> , 8.2% de PM <sub>10-2.5</sub> y el resto a los contaminantes gaseosos.	USEPA, Australia.
Chock et al. (2000)	El estudio realizado en Pittsburg, Pensilvania entre 1989 y 1991 evaluó mortalidad diaria en 2 grupos etarios (mayores y menores a 75 años) asociadas a PM <sub>10</sub> , CO, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , y PM fino y grueso. El porcentaje de aumento de mortalidad por cada 25 µg/m <sup>3</sup> para PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10-2.5</sub> fue de 2.6% (95% CI, 2.0, 7.3) y de 0.7% (95% CI, -1.7, 3.7) para personas menores a 75 años, mientras que el porcentaje de aumento de mortalidad por cada 25 µg/m <sup>3</sup> para PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10-2.5</sub> fue de 1.5% (95% CI, -3.0, 6.3) y de 1.3% (95% CI, -1.3, 3.8) para personas mayores a 75 años.	USEPA.
Fairley (2003)	El estudio de Santa Clara mostró asociaciones para mortalidad total usando los modelos GAM y GLM respectivamente por aumentos de 50 µg/m <sup>3</sup> para PM <sub>10</sub> y 25 µg/m <sup>3</sup> para PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10-2.5</sub> de: 7.8(95% CI, 2.8, 13.1) y 8.3(95% CI, 2.9, 13.9) para PM <sub>10</sub> ; 8.2(95% CI, 1.6, 15.2) y 7.1(95% CI, 1.4, 13.1) para PM <sub>2.5</sub> ; 4.5(95% CI, -7.6, 18.1) y 3.3(95% CI, -5.3, 12.7) para PM <sub>10-2.5</sub> .	USEPA.
Ito (2003)	El estudio de mortalidad en Detroit mostró asociaciones para mortalidad total usando dos modelos GAM (Generalized Additive Model) y GLM (Generalized Linear Model) respectivamente por aumentos de 50 µg/m <sup>3</sup> para PM <sub>10</sub> y 25 µg/m <sup>3</sup> para PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10-2.5</sub> de: 3.3(95% CI, -2.0, 8.9); 3.1(95% CI, -2.2, 8.7) para PM <sub>10</sub> con 1 día de desfase; 1.9 (95% CI, -1.8, 5.7); 2.0(95% CI, -1.7, 5.8) para PM <sub>2.5</sub> con 3 días de desfase; 3.2(95% CI, -1.9, 8.6); 2.8(95% CI, -2.2, 8.1) para PM <sub>10-2.5</sub> con 1 día de desfase.	USEPA.
Jerrett M et al. (2005)	El estudio realizado en Los Angeles todas las causas de mortalidad entregaron un riesgo relativo de 1.17 (95% CI, 1.05-1.30) para un aumento de 10 mg/m <sup>3</sup> de PM <sub>2.5</sub> . Los RR para mortalidad como consecuencia de enfermedad cardíaca isquémica y cáncer de pulmón fueron elevados y estuvieron en el rango de 1.24-1.6, dependiendo del modelo utilizado.	OMS.



Katsouyanni K et al. (2001)	Un estudio realizado en Europa en 29 ciudades donde se asocia PM10 y mortalidad.	OMS, USEPA.
Klemm y Mason (2003)	En el re-análisis del "Six Cities Study" se estudiaron por separado PM10, PM grueso y fino. Los estimadores de riesgo de mortalidad no accidental para aumentos de 25 µg/m <sup>3</sup> (promedio de desfase de 0 a 1 día) en las 6 ciudades combinadas fueron de 3.0% (CI: 2.1-4.0) y 0.8% (CI: -0.5-2.0) para PM2.5 y PM10-2.5.	USEPA, Australia.
Levy et al. (2000)	Por otro lado, otro estudio en USA reportó que los efectos de PM10 fueron mayores en ciudades donde el PM2.5 era una proporción mayor del material particulado.	OMS, USEPA.
Lipfert et al. (2000)	Un estudio investigó las asociaciones entre mortalidad diaria y contaminación atmosférica usando datos de Philadelphia entre 1992 y 1995. El riesgo atribuible promedio a aumentos de: 25 µg/m <sup>3</sup> para PM2.5 fue de 0,0423; 25 µg/m <sup>3</sup> para PM10-2.5 fue de 0,0517; 50 µg/m <sup>3</sup> para PM10 fue de 0,0609.	USEPA.
Mar et al. (2003)	Un estudio realizado en Phoenix encontró asociaciones para mortalidad total y mortalidad cardiovascular de: 5.4 (95% CI, 0.1-11.1) por aumentos de 50 µg/m <sup>3</sup> de PM10; 3.0 (95% CI, -0.5-6.6) por aumentos de 25 µg/m <sup>3</sup> de PM10-2.5; y 3.0 (95% CI, -0.7-6.9) por aumentos de 25 µg/m <sup>3</sup> de PM2.5 sin desfase.	USEPA, Australia.
Ostro et al. (2003)	El re-análisis realizado en Coachella Valley, California, reportó asociaciones entre mortalidad cardiovascular y material particulado. Usando los modelos GAM y GLM respectivamente por aumentos de 50 µg/m <sup>3</sup> para PM10 y 25 µg/m <sup>3</sup> para PM2.5 y PM10-2.5 de: 5.5 (95% CI, 1.6-9.5) y 5.1 (95% CI, 1.2-9.1) para PM10; 10.2 (95% CI, -5.3-28.3) y sin información para PM2.5; 2.9 (95% CI, 0.7-5.2) y 2.7 (95% CI, 0.5-5.1) para PM10-2.5.	USEPA.
Samet et al. (2000)	Un estudio realizado en 20 ciudades de USA donde se asocia PM10 y mortalidad.	OMS, USEPA, Australia.
Schwartz (1996)	El estudio de material particulado fino en 6 ciudades de USA que asocia PM2.5 con mortalidad.	USEPA, Australia.
Simpson et al. (2000)	Un estudio en Melbourne, Australia, realizado entre los años 1991 y 1996 encontró asociaciones para aumentos de 1 microg/m <sup>3</sup> en 24-h PM2.5 en la estación cálida de 0.38% (95% CI = 0.06-0.70%) aumentos de riesgo de todas las causas de mortalidad y de 1.18% (95% CI = 0.05-2.32%) aumentos en riesgos de mortalidad respiratoria.	Australia.
HEI International Scientific Oversight Committee (2004) Hoek et al. (2002) Venners et al. (2003)	El documento cita además de los artículos descritos, este documento agrega un estudio realizado en los países bajos que confirma efectos por exposición de largo plazo (en particular contaminación por tráfico de vehículos), también destaca un estudio realizado en Chongqing, China donde los autores observaron una asociación entre niveles de PM2.5 (0-5 días) con todas las causas de mortalidad (RR después de 1 día = 0.98 por 100 µg/m <sup>3</sup> [95% CI 0.91-1.04]).	OMS.

Fuente: Elaboración propia

## 11. Anexo: Análisis de Emisiones y Concentraciones Históricas

### 11.1 Emisiones

#### 11.1.1 Fuentes de información y supuestos

En la siguiente tabla se indican los estudios cuyos inventarios de emisiones fueron utilizados para cada localidad, indicando además el año al que están referidas las emisiones.

**Tabla 11-1: Estudios cuyos inventarios de emisiones fueron utilizados para cada localidad**

Localidad	Nombre del Estudio	Realizado por	Publicado en fecha	Emisiones referidas al año
Tocopilla	Análisis de la calidad del aire para MP-10 en Tocopilla	DICTUC	Octubre, 2006	2005
Santiago	Actualización del Inventario de Emisiones de contaminantes atmosféricos en la RM 2005	DICTUC	Mayo, 2007	2005
Concepción	Resumen y rectificación del inventario de emisiones atmosféricas del Gran Concepción. Estimación año 2000.	CONAMA VIII Región	Rev. Agosto, 2005	2000
Temuco	Identificación de una relación entre las emisiones de fuente de material particulado y las concentraciones de material particulado respirable en las comunas de Temuco y Padre Las Casas	Asesorías Ing. Ambiental PASH	2005	2004

**Fuente: Elaboración propia**

Se debe señalar que se acepta como válida la información contenida en estos estudios, haciéndose un análisis de control de calidad de la información.

Estos inventarios fueron la base de la estimación de emisiones. No obstante, dado que en el caso de Tocopilla, Concepción y Temuco no se incluye la emisión del material particulado fino PM<sub>2,5</sub>, éstas fueron determinadas tomando en consideración los siguientes supuestos:

- Se aplicó factores de emisión de la EPA, y con su distribución de tamaño se estimó la fracción porcentual de PM10 correspondiente a PM2.5.
- Se asume que todas las emisiones asociadas a combustión residencial a leña corresponden a material particulado fino PM2,5, de acuerdo a lo indicado por el estudio “Determinación de las Emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área metropolitana de Santiago”, desarrollado por Intec Chile para CNE, 1992.

En el caso de las calderas industriales de Santiago y Concepción, no se contó con información desglosada por tipo de combustible utilizado para las fuentes, por lo que se realizaron supuestos en la asignación de las emisiones según tipo de combustible, los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 11-2: Asignación de las emisiones de los distintos contaminantes según el tipo de combustible de las calderas industriales**

Ciudad	Tipo de Combustible	Asignación de Emisiones				
		PM10	PM25	SOX	NOX	NH3
Concepción	Biomasa	50%	50%	0%	0%	0%
	Diesel	25%	25%	50%	25%	0%
	Gas Licuado	0%	0%	0%	0%	0%
	Gas Natural	0%	0%	0%	50%	0%
	Petróleo	25%	25%	50%	25%	100%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Santiago	Biomasa	0%	0%	0%	0%	0%
	Diesel	50%	50%	50%	25%	0%
	Gas Licuado	0%	0%	0%	0%	0%
	Gas Natural	0%	0%	0%	50%	0%
	Petróleo	50%	50%	50%	25%	100%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

### 11.1.2 Detalle de los Inventarios de Emisiones

A continuación se presenta el inventario de emisiones para las localidades de estudio desglosadas hasta el nivel sobre el cual se trabajó en la identificación de medidas. Por ejemplo, en el caso de las Fuentes Fijas de Santiago se incorporaron medidas hasta el nivel

de rubro dado que el alcance del presente estudio no permitió realizar un análisis más detallado. Por lo tanto, se presentan los inventarios de emisión para las fuentes fijas de Santiago hasta el nivel de rubro.

Se consideraron las emisiones directas de material particulado, así como aquellas de sus precursores, específicamente NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>, siempre que los inventarios contaron con dicha información.

### 11.1.2.1 Tocopilla

La mayor parte de las emisiones en la localidad de Tocopilla proviene de tan sólo dos megafuentes, las centrales generadoras de Norgener y Electroandina. Es por ello que en este caso fue necesario abordar estas fuentes de manera detallada, desglosando las categorías de fuentes hasta el nivel de fuente específica. Esto permitió, que en el caso de la generadora Electroandina, se pudieran distinguir medidas de reducción de emisiones para las Unidades 12 y 13 y las Unidades 14 y 15 (ver anexo 13.2.2).

Un resumen general del inventario de emisiones para Tocopilla y el detalle de las emisiones provenientes de las generadoras, hasta el nivel antes señalado, se muestran en las tablas siguientes.

**Tabla 11-3. Inventario de Emisiones de contaminantes de Tocopilla. Escenario 2005 (Ton/Año)**

FUENTES	PM10	PM2,5	SO2	NOx
Norgener	427,9	111,7	8910,9	5799,1
Electroandina	1.286,5	335,8	18357,3	10146,1
Lipased	38,1	2,1	0,0	0,0
Panaderías	7,0	7,0	0,01	0,2
Corpesca	4,7	3,1	124,2	35,6
Asadurias aves	2,7	2,4	0,0	0,1
Muelle carbón	5,0	1,0	0,0	0,0
SQM	7,4	1,1	0,6	6,7
Construcción de Caminos	3,3	0,1	0,0	0,0
Vertedero	3,6	2,9	0,2	1,4
Puerto Tocopilla	3,6	3,0	0,0	1653,4
<b>Total Fuentes Estacionarias</b>	<b>1.789,8</b>	<b>470,2</b>	<b>27.393,2</b>	<b>17.642,5</b>
<b>Total Fuentes Móviles</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>2,9</b>	<b>47,4</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1.791,9</b>	<b>472,3</b>	<b>27.396,1</b>	<b>17.689,9</b>

Fuente: Elaboración propia con información de "Análisis de la calidad del aire para MP-10 en Tocopilla", DICTUC, octubre de 2006.

000285

**Tabla 11-4. Detalle de las emisiones de las megafuentes (Ton/Año)**

<b>Fuente</b>	<b>Fuente Específica</b>	<b>PM10</b>	<b>PM2,5</b>	<b>SO2</b>	<b>NOx</b>
Norgener	Unidad 1	25,4	6,6	4.799,4	3.045,5
	Unidad 2	402,5	105,1	4.111,4	2.753,6
	<b>Total</b>	<b>427,9</b>	<b>111,7</b>	<b>8.910,9</b>	<b>5.799,1</b>
Electroandina	Unidades 12 y 13	90,9	21,5	2.492,7	1.310,5
	Unidades 14 y 15	1.153,9	272,6	15.736,3	8.272,8
	Otras Unidades	41,7	41,7	128,3	562,8
	<b>Total</b>	<b>1.286,5</b>	<b>335,8</b>	<b>18.357,3</b>	<b>10.146,1</b>

Fuente: Elaboración propia con información de “Análisis de la calidad del aire para MP-10 en Tocopilla”, DICTUC, octubre de 2006.

000286

### 11.1.2.2 Santiago

La tabla a continuación entrega un resumen de las emisiones de Santiago para el año 2005.

**Tabla 11-5. Resumen de emisiones de MP de Santiago para el año 2005 (Ton/Año)**

Fuente	PM10	PM2.5	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
<b>Fuentes Estacionarias</b>					
Industria	1.267	994	12.332	12.829	217
Combustión de leña residencial	693	674	85	12	71
Otras residenciales	79	70	1.161	294	3.8
Comerciales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quemas agrícolas	247	235	102	12	12
Otras areales	652	466	136	0,0	27.73
<b>Total Estacionarias</b>	<b>2.938</b>	<b>2.439</b>	<b>13.816</b>	<b>13.147</b>	<b>31.83</b>
<b>Fuentes Móviles</b>					
Buses licitados	1		5.867	22	2
Otros buses	95	82	2.507	9	1
Camiones	763	671	11.18	44	7
Vehículos livianos catalíticos	190	0,0	10.153	51	1.002
Vehículos livianos no catalíticos	40	0,0	7.25	12	6
Vehículos livianos diesel	283	249	949	7	1
Vehículos livianos gas	2,0	0,0	72	0,0	0,0
Motos	2,0	0,0	25	0.4	0,3
Fuera de ruta	155	142	973	46	32
<b>Total Móviles</b>	<b>1.751</b>	<b>1340</b>	<b>38.975</b>	<b>191,4</b>	<b>1.051</b>
<b>Polvo Fugitivo</b>					
Construcción y demolición	14	49	0,0	0,0	0,0
Preparación terreno agrícola	224	92	0,0	0,0	0,0
Calles pavimentadas	14561	2074	0,0	0,0	0,0
Calles de tierra	4608	681	0,0	0,0	0,0
<b>Total polvo fugitivo</b>	<b>20.987</b>	<b>2.896</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Total Fuentes Estacionarias, Móviles y Polvo Fugitivo</b>	<b>25.676</b>	<b>6.675</b>	<b>52.791</b>	<b>13.338</b>	<b>32.88</b>

Fuente: Elaboración propia con información de "Actualización del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana 2005". DICTUC, Mayo 2007

En el caso de las fuentes fijas, se han considerado las fuentes hasta el nivel más desglosado del inventario, es decir, hasta el nivel de rubro. A continuación se entregan los valores de emisiones considerados, para aquellas fuentes para las cuales fueron identificadas medidas de reducción de emisiones de contaminantes y por lo tanto incorporadas al análisis.

Tabla 11-6. Emisión de Fuentes Fijas de Santiago incorporadas al análisis (Ton/Año).

Sub-sector	Categoría	Sub-Categoría	Rubro	Sub-rubro	PM10	PM25	NOX	SOX	NH3	
Puntuales	Combustión	Combustión externa	Calderas de calefacción	Petróleo	147	131	2.507	545	32	
			Calderas industriales	Diesel	97	77	1.016	1.531		
				Gas Natural	0		2.033			
	Procesos	Combustión interna	Ind. metalúrgica secundaria	Generación eléctrica	Petróleo	97	77	1.016	1.531	100
				Grupos electrogenos		133	119	643	192	32
				Molibdeno		51	44	777	10	
				Productos de aluminio		5	5	16	6.504	
				Productos de cobre y bronce		7	6	4	3	0
				Productos de hierro y acero		26	19	6	2	0
				Productos de plomo		152	140	50	282	4
Ind. de productos minerales			Productos de zinc		0	0	1		0	
					2	1	3	0		
			Fab. de productos cerámicos		20	12	65	11	0	
			Manejo de áridos		16	10	3	0		
			Prod. de cal		6	4	246	12		
			Prod. de cemento		37	22	2.121	89	6	
			Prod. de ladrillos		38	23	77	710	18	
			Prod. de yeso		54	28	39	21	1	
			Prod. vidrio y fritas		21	20	1.257	1.078		
			Ind. Química		11	7	25	103	0	
Industria química			Fab. y reciclaje de papel		16	13	15	2		
			Ind. madera y el papel		18	5				
			Ind. alimentos y agropecuaria		693	674	85	12	71	
			Combustión externa							
Residencial	Otras	Crianza de Animales	Lena							
			Aves Total					7.868		
			Bovinos Total					8.342		
Arales			Cerdos Total					9.759		
			<b>Total</b>		<b>1.648</b>	<b>1.436</b>	<b>12.002</b>	<b>12.638</b>	<b>26.234</b>	

000287

### 11.1.2.3 Concepción

000288

Las emisiones para la ciudad de Concepción se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 11-7. Resumen de emisiones de contaminantes de Gran Concepción (Ton/Año)

Fuentes		PM10	PM2.5	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>Fuentes Estacionarias</b>					
Combustión	Combustión externa	11.618	7.122	2.63	9.434
	Combustión interna	SI	SI	SI	SI
Procesos	Metalurgia secundaria	687	412	223	2.382
	Industria productos minerales	157	47	1.554	144
	Industria química	168	122	SI	3.933
	Industria de madera y papel	36	29	73	0,1
	Industria de alimentos y agroindustria	28	22	10	3
Residencial	Combustión externa residencial	6.006	6.006	594	48
Otras	Quemas	773	734	67	0,0
<b>Fuentes Móviles</b>					
Vehículos	Vehículos en ruta	229	195	4.273	293
Maquinarias	Maquinaria fuera de ruta	19	17	770	0,0
Fugitivas	Polvo natural resuspendido	5.66	820	0,0	0,0
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>25.381</b>	<b>15.526</b>	<b>10.194</b>	<b>16.237</b>

Fuente: Elaboración propia, con información de "Resumen y rectificación del inventario de emisiones atmosféricas del Gran Concepción. Estimación al año 2000". CONAMA VIII Región, agosto de 2005

### 11.1.2.4 Temuco

A continuación se resumen las emisiones de PM10, por tipo de fuente, en Temuco y Padre Las Casas al año 2004.

Tabla 11-8. Emisiones de MP en Temuco y Padre Las Casas 2004 (Ton/Año)

Sub Grupo	Categoría	Sub Categoría	PM10 (ton/año)	PM2.5 (ton/año)
Puntuales	Combustión	Edificios	21	12
	Industria	Procesos, combustión externa y evaporativas	238	145
Arales	Residencial	Combustión externa	1	1
		Combustión leña	3.238	3.238
	Otras	Incendios forestales	83	79
		Quemas agrícolas	99	94
		Cigarrillos	5	5
Fuentes móviles	En ruta	54	50	
<b>Total (Sin Emisiones Fugitivas)</b>			<b>3.739</b>	<b>3.624</b>
<b>Fugitivas*</b>	Polvo Suspendido		<b>9.340.2</b>	<b>1.308</b>

Fuente: Elaboración propia con información de CENMA (2001) y Sanhueza et al. (2005). \*Proviene de Baiman (2006)



## 11.2 Información de Calidad del Aire

Se requieren las concentraciones diarias de contaminantes, para estimar los efectos de salud resultantes de una exposición de corto plazo, y el promedio anual de concentraciones, para estimar los efectos resultantes de la exposición de largo plazo.

### 11.2.1 Análisis estadístico de concentraciones ambientales por ciudad

Debido al proceso físico que controla los niveles ambientales de material particulado, existe una relación entre el promedio anual y el percentil 98 de las concentraciones de PM10 y PM2.5 . Esto implica que el cumplimiento de la norma anual y la norma diaria estén relacionados. De esta manera, la relación que existe entre estos dos estadígrafos (media y percentil 98) es el parámetro fundamental del análisis, que se define de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\beta_{ij} = \frac{P98_{ij}}{\mu_{ij}} \quad \text{Ec 11-1}$$

Donde:

$P_{98ij}$  = Percentil 98 de las concentraciones monitoreadas el año i para la ciudad j

$\mu_{ij}$  = Media de las concentraciones monitoreadas el año i para la ciudad j

Por otra parte, la relación entre ambas fracciones (PM 2.5 y PM10) está dada por su composición elemental. Para términos del análisis, esta relación se modeló, de manera más simple, a través de la razón entre la concentración de PM10 y PM 2.5.

Para el caso diario, se consideran los percentiles 98 de las concentraciones de PM 2.5 y PM 10, para el caso anual se estima a partir de la media de las concentraciones, de acuerdo a la siguiente metodología.

$$\alpha_{diarioij} = \frac{P98_{PM2.5ij}}{P98_{PM10ij}} \quad \text{Ec 11-2}$$

$$\alpha_{anualij} = \frac{\mu_{PM2.5ij}}{\mu_{PM10ij}}$$

Ec 11-3

Donde:

$P_{98PM2.5}$  = Percentil 98 de las concentraciones de PM 2.5 monitoreadas el año i para la ciudad j

$P_{98PM10}$  = Percentil 98 de las concentraciones de PM 10 monitoreadas el año i para la ciudad j

$\mu_{PM2.5}$  = Media de las concentraciones de PM 2.5 monitoreadas el año i para la ciudad j

$\mu_{PM10}$  = Media de las concentraciones de PM 10 monitoreadas el año i para la ciudad j

Para las ciudades de Santiago, Chillán, Concepción, Coyhaique, Rancagua, Talca, Talcahuano, Temuco, Tocopilla y Viña, se obtuvieron los estadígrafos de las concentraciones ambientales anuales históricas y los respectivos parámetros  $\beta$  y  $\alpha$ , de manera desagregada (por monitor) y de manera agregada por ciudad.

Los estadígrafos fueron estimados en base a información de mediciones Gravimétricas y Teom disponibles.

A continuación se resumen los valores de  $\alpha$  obtenidos en las ciudades que disponen de información.

**Tabla 11-9 Parámetro  $\alpha$  obtenido concentraciones de PM10 y PM2.5 Gravimétricas**

Year	Concepción		Santiago		Temuco		Talcahuano	
	$\alpha$ Anual	$\alpha$ Diario	$\alpha$ Anual	$\alpha$ Diario	$\alpha$ Anual	$\alpha$ Diario	$\alpha$ Anual	$\alpha$ Diario
1988			0.64	0.80				
1989			0.66	0.76				
1990			0.61	0.70				
1991			0.58	0.68				
1992			0.60	0.67				
1993			0.55	0.61				
1994			0.53	0.60				
1995			0.51	0.60				
1996			0.51	0.57				
1997			0.49	0.60	0.56	0.40		
1998			0.50	0.64	0.51	0.43		
1999			0.52	0.61	0.43	0.52		
2000	0.25	0.23	0.52	0.66	0.56	0.74	0.24	0.23
2001	0.30	0.42	0.55	0.65			0.30	0.42
2002	0.34	0.42	0.55	0.64			0.34	0.42
2003	0.34	0.40	0.54	0.63			0.34	0.40
2004	0.42	0.52	0.52	0.59			0.42	0.52
2005	0.39	0.56	0.50	0.58			0.39	0.56
2006	0.42	0.66					0.42	0.66
2007							0.43	0.65

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA, Dictuc y Airviro

Sólo la ciudad de Santiago cuenta con información para obtener valores de  $\alpha$  para concentraciones de PM10 y PM2.5 Teom.

Los estadígrafos estimados, así como los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  obtenidos para la ciudad de Santiago se resumen en las siguientes tablas.

**Tabla 11-10 Estadígrafos concentración PM 10 y PM 2.5 de la ciudad de Santiago**

Year	TEOM												GRAVIMETRICO					
	PM10T				PM25T				PM10G				PM25G					
	Mean	Std Dev	Count	Mean	Std Dev	Count	Mean	Std Dev	Count	Mean	Std Dev	Count	Mean	Std Dev	Count			
1988						0.0	101.1	273.0	58.6	421.0	64.3	219.0	53.1	421.0				
1989						0.0	107.7	308.0	67.7	901.0	71.6	233.0	54.7	901.0				
1990						0.0	112.3	272.0	61.8	1218.0	68.6	190.0	46.3	1218.0				
1991						0.0	107.1	265.0	53.8	1220.0	62.6	180.0	40.6	1220.0				
1992						0.0	108.6	254.0	55.5	1201.0	64.8	171.0	42.3	1201.0				
1993						0.0	116.5	311.0	67.9	1360.0	63.8	190.0	45.3	1360.0				
1994						0.0	107.6	243.0	53.1	1293.0	57.3	145.0	35.3	1293.0				
1995						0.0	92.2	217.0	44.5	1349.0	47.0	131.0	30.1	1349.0				
1996						0.0	98.0	231.0	48.5	1310.0	49.7	131.0	31.4	1310.0				
1997	97.0	243.1	57.9	2055.0		0.0	88.2	218.0	48.1	1046.0	43.4	131.0	30.7	1046.0				
1998	96.0	203.5	40.1	2841.0		0.0	85.7	177.0	36.0	1060.0	42.8	113.0	25.9	1060.0				
1999	79.6	175.8	37.0	2878.0		0.0	79.1	174.0	36.4	1087.0	41.1	106.0	25.6	1087.0				
2000	73.7	166.9	36.7	3573.0	33.0	88.8	19.5	1444.0	76.1	175.0	38.8	1052.0	39.9	115.0	26.7	1052.0		
2001	69.6	157.2	32.5	3477.0	32.1	82.5	18.0	1421.0	75.3	172.0	35.0	739.0	41.8	111.0	25.6	739.0		
2002	68.1	166.9	34.3	3068.0	31.7	91.3	20.3	1436.0	77.1	190.0	41.2	714.0	29.2	122.0	29.2	714.0		
2003	76.5	182.7	37.8	2998.0	34.3	92.9	20.6	1455.0	76.2	174.1	36.6	733.0	40.9	110.6	26.5	733.0		
2004	69.1	159.6	33.9	3175.0	32.7	87.8	18.8	1450.0	66.6	150.0	33.7	751.0	34.9	89.0	23.7	751.0		
2005	65.9	151.9	32.2	3109.0	31.9	76.5	17.4	1414.0	68.3	146.7	31.7	713.0	34.0	85.4	20.4	713.0		
2006			0.0			0.0	71.3	168.9	35.5	4228.0						0.0		
2007			0.0		26.6	62.2	13.4	152.0	68.6	173.8	38.2	4317.0				0.0		
2008			0.0		19.3	32.3	6.6	118.0	62.6	128.6	21.9	1434.0				0.0		

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA, Dictuc y Airviro

000202

**Tabla 11-11 Parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  concentración PM 10 y PM2.5 de la ciudad de Santiago**

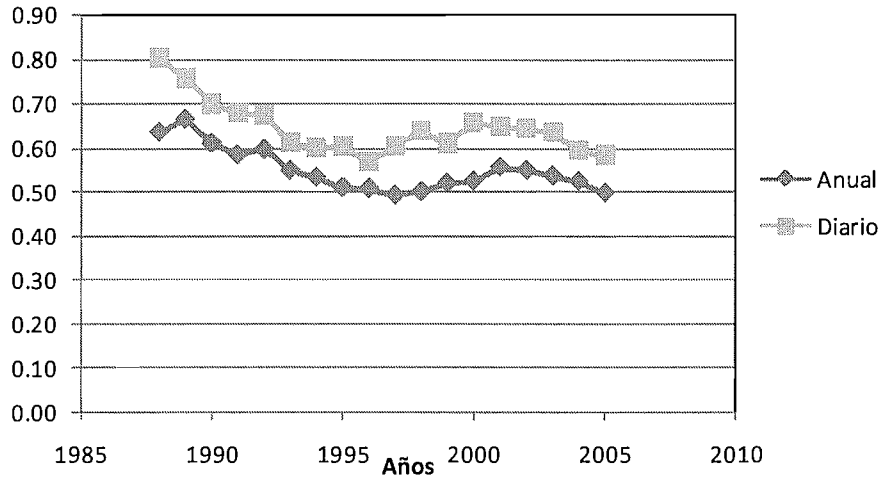
Year	TEOM				GRAVIMETRICO			
	$\beta$		$\alpha$		$\beta$		$\alpha$	
	PM10T	PM25T	AA	P98	PM10G	PM25G	AA	P98
1988					2.70	3.41	0.64	0.80
1989					2.86	3.26	0.66	0.76
1990					2.42	2.77	0.61	0.70
1991					2.47	2.88	0.58	0.68
1992					2.34	2.64	0.60	0.67
1993					2.67	2.98	0.55	0.61
1994					2.26	2.53	0.53	0.60
1995					2.35	2.79	0.51	0.60
1996					2.36	2.63	0.51	0.57
1997	2.51				2.47	3.02	0.49	0.60
1998	2.12				2.07	2.64	0.50	0.64
1999	2.21				2.20	2.58	0.52	0.61
2000	2.26	2.69	0.45	0.53	2.30	2.88	0.52	0.66
2001	2.26	2.57	0.46	0.53	2.29	2.66	0.55	0.65
2002	2.45	2.88	0.46	0.55	2.47	2.89	0.55	0.64
2003	2.39	2.71	0.45	0.51	2.28	2.70	0.54	0.63
2004	2.31	2.68	0.47	0.55	2.25	2.55	0.52	0.59
2005	2.31	2.40	0.48	0.50	2.15	2.51	0.50	0.58
2006					2.37			
2007		2.34			2.53			
2008		1.67			2.05			

**Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA, Dictuc y Airviro**

Se puede apreciar que la razón entre la fracción fina y el PM10 ha ido disminuyendo en la ciudad de Santiago a partir del año 2001, ha ido disminuyendo hasta una razón de alrededor de 0,5 para las concentraciones anuales. Esta tendencia se puede visualizar de manera más clara en la figura siguiente.

Figura 27 Razón entre la concentración de PM10 y PM 2.5 para la ciudad de Santiago

**$\alpha$  - Santiago - Gravimétrico**

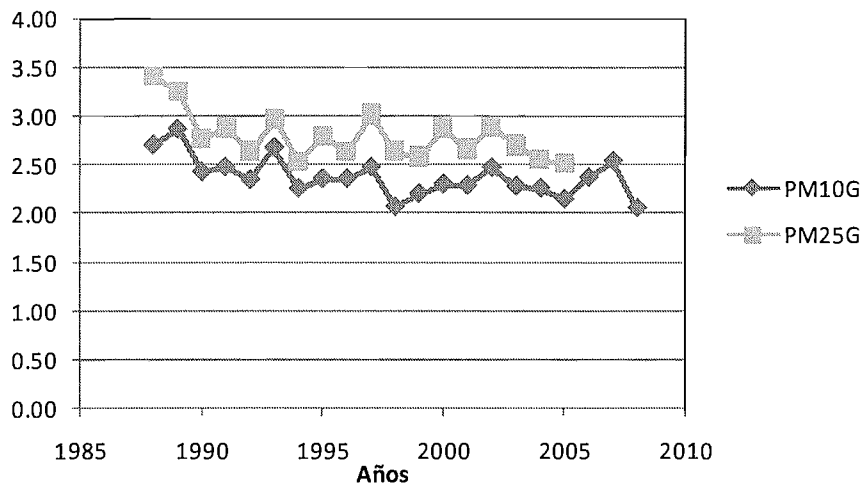


Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA, Dictuc y Airviro

Por otra parte, el parámetro  $\beta$  obtenido para las concentraciones de PM 2.5 y el PM 10 en Santiago, también muestra una disminución a través de los años, lo que se explica debido a que Santiago es una ciudad en la cual se realiza gestión de episodios, lo que obliga a mantener los niveles de concentración diarias de PM10 de acuerdo a lo que exige la normativa imperante.

Figura 28 Parámetro  $\beta$  de PM10 y PM2.5 para la ciudad de Santiago

**$\beta$  - Santiago - Gravimétrico**



Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA, Dictuc y Airviro

000295

## 11.2.2 Proyección estadística de concentraciones ambientales

Las concentraciones ambientales de las ciudades de Santiago, Chillán, Concepción, Coyhaique, Rancagua, Talca, Talcahuano, Temuco, Tocopilla y Viña, fueron proyectadas en el tiempo en base a la evolución histórica de sus concentraciones, utilizando el promedio histórico de cada ciudad.

Para cada ciudad se ajustó un modelo de regresión lineal en función del tiempo. Esto se realizó para el promedio anual de las concentraciones diarias utilizando el siguiente modelo lineal:

$$C(t) = a_0 + a_1 * t$$

Ec 11-4

Donde:

C(t) = Concentración que depende del tiempo

a<sub>0</sub> y a<sub>1</sub> = Parámetros estimados por la regresión

t = tiempo en años

Para obtener la proyección de las concentraciones, en primer lugar se eligió un año base específico para cada ciudad, de acuerdo a los datos disponibles. Para dicho año se estimó el valor de la concentración y a partir de este valor y del cambio anual se proyectó el valor de la concentración para los años futuros.

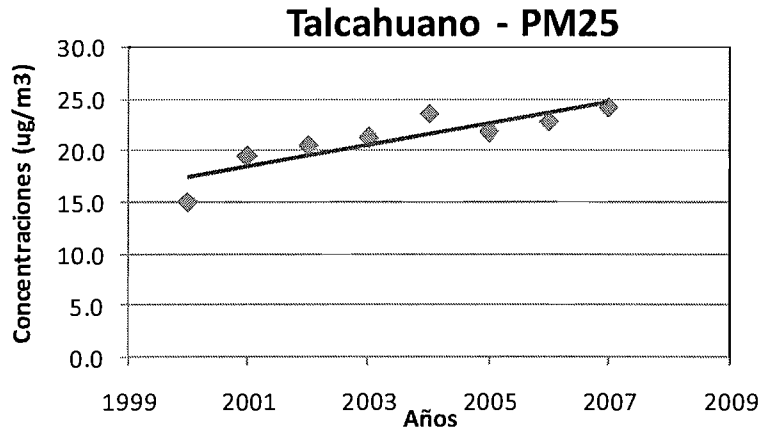
Tabla 11-12 Tasa de variación concentraciones de PM10 y PM2.5 Teom ciudades

Ciudad	Parámetro	Tasa variación anual (ug/m3)	% Variación	Año base
Santiago	PM10T	0.52	0.01	2000
Santiago	PM25T	0.16	0.00	2000
Chillán	PM10T	-4.83	-0.08	2004
Coyhaique	PM10T	10.17	0.11	2002
Rancagua	PM10T	-0.37	-0.01	2004
Talca	PM10T	-0.32	-0.01	2005
Talca	PM25T	1.51	0.04	2004
Talcahuano	PM10T	-1.27	-0.02	2000
Talcahuano	PM25T	1.04	0.07	2000
Temuco	PM10T	1.51	0.03	2001
Tocopilla	PM10T	-1.51	-0.03	1997
Viña del Mar	PM10T	-0.60	-0.03	2004

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA y Dictuc

000296

Figura 29 Concentración anual de PM 2.5 en la ciudad de Talcahuano



Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAMA y Dictuc

Con las variaciones obtenidas se realizan las proyecciones para los años 2010 al 2020.



## 12. Anexo: Proyección de emisiones y concentraciones

### 12.1 Relación entre emisiones y concentraciones

Para estimar los cambios en las concentraciones ambientales se requiere conocer la relación que existe entre las emisiones de un contaminante y la concentración que esta genera en el ambiente. La estimación precisa de esta relación requiere de un modelo que incorpore las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera de modo de incorporar el material particulado secundario, modelo que actualmente no está disponible para ninguna de las ciudades de estudio. Debido a esta limitación, se usan modelos simplificados que permiten calcular aproximadamente la relación entre las emisiones y las concentraciones ambientales.

La metodología utilizada consiste en un modelo del tipo *rollback* simple, en el que se supone una relación lineal entre las emisiones de un contaminante y la concentración que genera, lo que permite construir los factores emisión-concentración (FEC) utilizando la siguiente ecuación:

$$FEC'_i = \left( \frac{\partial C'_i}{\partial E'} \right)^{-1} \approx \frac{E'_i}{C'_i} \quad \text{Ec 12-1}$$

Donde:

- $FEC'_i$ : Factor emisión-concentración en el monitor  $i$  en el año  $t$   
[(ton/año)( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )]
- $C'_i$ : Concentración ambiental de contaminante correspondiente al emitido (eventualmente secundario), en el monitor  $i$  para el año  $t$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $E'_i$ : Emisión de contaminante para el año  $t$  [ton]

En rigor, lo que interesa es la sensibilidad de las concentraciones ambientales frente a cambios en las emisiones, evaluado en un punto cercano a las condiciones actuales. Como esto no es posible, aproximamos esta relación según el cociente entre el total de emisiones  $E'_i$  y la concentración ambiental del contaminante  $C'_i$ .

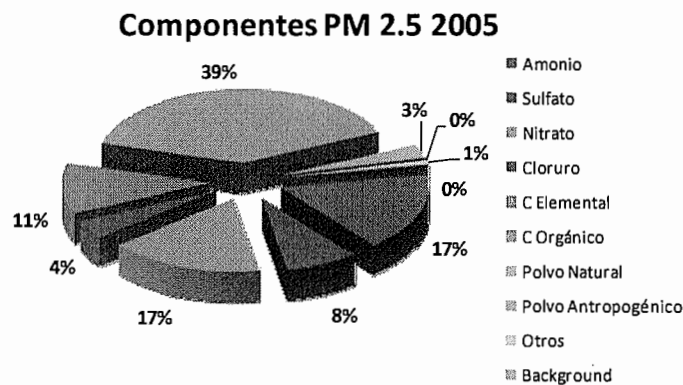
El total de emisiones provino de los inventarios de emisiones de cada ciudad presentados previamente. Por otra parte, para considerar el impacto en la formación del material particulado secundario las emisiones de los diferentes precursores se relacionan con la fracción correspondiente del material particulado secundario obtenido a partir de los estudios de los filtros de los monitores en distintas estaciones como muestra la Figura 30 (los valores presentados en la figura son valores promedio para todo el año), de acuerdo a la metodología que se describe a continuación:

$$C_{ij} = CT_i * F_{ij}$$

Donde:

- $C_{ij}$ : Concentración ambiental de contaminante i en forma del componente elemental j [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $CT_i$ : Concentración ambiental total del contaminante i [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $F_{ij}$ : Fracción del componente elemental j en el análisis de los filtros del contaminante i [%]
- i: PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>
- j: Amonio, Sulfato, Nitrato, Cloruro, C Elemental, C Orgánico, Polvo Natural, Polvo Antropogénico, Otros, Background

Figura 30 Fracción de componentes elementales del material particulado fino 2005



Fuente: Comunicación personal, Roberto Martínez, CONAMA, 20 de marzo de 2007

Debe tenerse en cuenta que el análisis de filtros sólo se encuentra disponible para Santiago. Para las otras localidades se tuvo que extrapolar la información proveniente de Santiago. De esta forma, se asumió para la ciudad de Concepción una distribución de las fracciones de componentes elementales similar a la de Santiago. En el caso de Temuco, de acuerdo a lo señalado en el AGIES del PDA de Temuco y Padre Las Casas y en el respectivo Anteproyecto, se consideró que no hay aporte de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> asociado a contaminantes secundarios. Para Tocopilla, de acuerdo al estudio XX, en esta localidad el 50% del material particulado fino corresponde a sulfatos, y se supuso que no hay aporte de amonio. Con estos supuestos se normalizaron los datos de Santiago manteniendo la misma proporción de fracciones para el resto de los componentes.

Fue necesario distinguir entre los aportes de los contaminantes primarios a las distintas fracciones del MP, es decir, al material particulado fino o PM<sub>2,5</sub> y al material particulado grueso, denominado aquí PM<sub>c</sub> (“c” por *coarse*, del inglés; correspondiente al material particulado grueso, entre 10 y 2,5 micrones), para lo cual se supusieron las relaciones que se presentan en la Tabla 12-1.

Estas relaciones suponen que todo el MP<sub>2,5</sub> emitido por las fuentes genera un aporte a las concentraciones ambientales sólo como PM<sub>2,5</sub>, así como todos los contaminantes secundarios formados a partir de gases (NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>). Por su parte, solamente la emisión directa de PM<sub>c</sub> genera un aporte a la concentración de PM<sub>c</sub>.

**Tabla 12-1. Relaciones consideradas entre los contaminantes primarios y secundarios**

<b>Contaminante emitido por las fuente</b>	<b>Componente correspondiente en filtro</b>	<b>Aporta como fracción</b>
NH <sub>3</sub>	Amonio	Fina (PM <sub>2,5</sub> )
SO <sub>2</sub>	Sulfato	Fina (PM <sub>2,5</sub> )
NO <sub>x</sub>	Nitrato	Fina (PM <sub>2,5</sub> )
PM <sub>2,5</sub>	Carbono elemental + Carbono orgánico	Fina (PM <sub>2,5</sub> )
PM <sub>c</sub>	Polvo Antropogénico	Gruesa (PM <sub>c</sub> )

**Fuente: Elaboración propia**

Fue necesario suponer lo anterior para hacer operativo el modelo simplificado de emisión-concentración, y tiene sentido físico dado que en las transformaciones químicas que sufren en la atmósfera contaminantes primarios como NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> principalmente se forma material particulado fino.

En la Figura 30 se ha identificado una fracción de componente elemental asociado a background. Entendiendo la concentración background como aquella que no se puede controlar aplicando medidas dentro de una determinada zona de influencia. Se ha considerado background también, al aporte asociado a todos los componentes elementales para los cuales no se ha identificado un contaminante asociado emitido por alguna fuente. De esta forma, se consideró background total a los aportes asociados a los siguientes componentes elementales: cloruro, polvo natural, otros y background.

Finalmente, en las siguientes tablas se entregan los FEC determinados para cada una de las localidades de estudio.

**Tabla 12-2. Factores Emisión-Concentración (FEC) para PM<sub>2,5</sub> utilizados en el presente estudio ((ton/año)/(ug/m<sup>3</sup>))**

Precursor	Tocopilla	Santiago	Temuco	Concepción
PM <sub>2,5</sub>	158	370	141	1.785
NO <sub>x</sub>	7.443	8.602	-	3.446
SO <sub>2</sub>	2.796	4.618	-	11.665
NH <sub>3</sub>	-	5.357	-	-

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12-3. Factores Emisión-Concentración (FEC) para PM<sub>c</sub> utilizados en el presente estudio ((ton/año)/(ug/m<sup>3</sup>))**

Precursor	Tocopilla	Santiago	Temuco	Concepción
PM <sub>c</sub>	698	4.076	1.300	2.492

Fuente: Elaboración propia

## 12.2 Proyección de Concentraciones Ambientales

Para realizar la proyección de concentraciones ambientales se estimó primero un cambio en las emisiones. Con ello, y en base a los FEC del modelo *rollback*, se proyectó la evolución de las concentraciones.

A continuación se presenta un desarrollo de la metodología.

### 12.2.1 Proyección de las emisiones

Para la estimación de la evolución de las emisiones se supuso un crecimiento de éstas igual al crecimiento regional de la economía. Para ello se obtuvieron los datos de índice de actividad económica trimestral para cada región, provenientes de los Informes de Económicos Regionales del INE.

Las proyecciones se realizan hasta el año 2020, considerando un crecimiento determinado como el promedio anual desde el año 2005 hasta la actualidad.

Se debe señalar que en el caso de Santiago, el inventario de emisiones es del año 2005, por lo que éste no incorpora los efectos que han tenido al menos dos cambios relevantes generados en el transcurso del último año: la escasez del gas natural para el sector industrial y la puesta en marcha del Transantiago. Como es sabido, a raíz del primero, muchas industrias se han reconvertido definitivamente a combustibles más pesados como el Petróleo Combustible 5, lo que tendría asociadas mayores emisiones de MP y SO<sub>2</sub>. El Transantiago, por su parte, debería haber generado una disminución significativa en las

emisiones asociadas a las fuentes móviles. Dado lo anterior, si bien hasta el 2005 las emisiones en Santiago habían venido disminuyendo, se puede suponer un crecimiento de éstas desde el 2005 a la fecha, por lo que se ha considerado correcto tomar también en este caso la tasa de crecimiento económico como referencia.

Las tasas de crecimiento consideradas para el análisis se muestran en la tabla a continuación.

**Tabla 12-4 Tasa de crecimiento de las emisiones considerada para las ciudades de estudio**

Localidad	Tasa
Tocopilla	3,88%
Santiago	6,09%
Concepción	3,06%
Temuco	3,53%

Fuente: Informes Económicos Regionales, INE

### 12.2.2 Concentraciones Ambientales

A partir de los FEC determinados (ver Tabla 12-2 y Tabla 12-3), se pudo asociar a la emisión por año de cada fuente un cierto aporte a las concentraciones ambientales de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>c</sub>, a través de la siguiente ecuación:

$$C_{ij} = E_{jk}/FEC_{ik} \tag{Ec}$$

12-3

Donde:

- $C_{ij}$ : Aporte de la fuente j a las concentraciones ambientales del contaminante i [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
- $E_{jk}$ : Emisión del contaminante k proveniente de la fuente j [ton/año]
- $FEC_{ik}$ : Factor emisión-concentración que relaciona la emisión del contaminante k con las concentraciones ambientales del contaminante i [(ton/año)( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )]
- $i$ : PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>c</sub>
- $j$ : todas las fuentes consideradas en el estudio
- $k$ : Nox, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>c</sub>

000302

De manera análoga, para cada medida, a partir de la reducción total en términos de [ton/año], se pudo calcular una reducción en términos de “menor aporte” a las concentraciones ambientales de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>c</sub> en unidades de [ug/m<sup>3</sup>].

000303

## 13. Anexo: Medidas para la reducción de emisiones

### 13.1 Metodología

Dada la complejidad de la composición de fuentes, para estimar los potenciales de reducción de emisiones y los costos asociados, se consideraron principalmente medidas tecnológicas. Para cada fuente se evaluó una serie de estas medidas para cada contaminante y se determinó su eficiencia de reducción de emisiones y su costo en términos de costo-efectividad (US\$/ton reducida). El costo efectividad fue determinado como costo anualizado de las medidas con una tasa de descuento del 10%.

En general, la identificación de fuentes fue limitada a aquellas fuentes emisoras más relevantes que en conjunto alcanzaran 90% de la emisión total de cada contaminante, dejando fuera aquellas que tuvieran un aporte marginal a la emisión total.

Los costos descritos en este análisis en general cubren los costos de instalación y operación de las diversas medidas. Dado que no hay claridad respecto de cómo efectivamente las autoridades locales implementarán dichas medidas, no se han estimado los costos en que éstas puedan incurrir en su implementación y fiscalización, salvo en el caso de Temuco, como se verá a continuación. Por otra parte, el análisis tampoco toma en consideración la respuesta de los consumidores en respuesta a eventuales aumentos en los precios resultantes de la implementación de estas medidas.

A continuación se presenta el listado de medidas identificadas para cada una de las localidades de estudio, así como los costos efectividad asociados.

### 13.2 Tocopilla

En el caso de Tocopilla, dado que las fuentes de emisión relevantes son pocas, se pudo hacer un análisis bastante detallado de las principales de ellas. Se consideraron las centrales termoeléctricas, considerando que, de acuerdo al estudio DICTUC 2006, estas fuentes generan los mayores aportes a los niveles de concentración ambiental.

A continuación se presenta una descripción de las medidas identificadas para la reducción de emisiones en este tipo de instalaciones.

### 13.2.1 Medidas identificadas

a) Filtro de Mangas

Fuente de información: *Inversiones y Costos de Tecnologías de Control para Centrales Termoeléctricas*, Gamma Ingenieros para CONAMA, realizado en el marco de la elaboración de la Norma de Emisión para centrales termoeléctricas.

Descripción: En un filtro de manga, el gas combustible pasa a través de un tejido comprimido, acumulando MP por selección y otros mecanismos. El flujo de gases es arrastrado desde bajo de celdas con placas en el piso y hacia las mangas (sacos) del filtro. El gas se mueve desde dentro de la manga hacia afuera de ésta. Las partículas se acumulan adentro de la manga, formando una especie de filtro además de la manga.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 99%

PM2,5: 99%

Costo: Para centrales termoeléctricas, el costo de inversión es de US\$ 42.579 por MW y el costo de operación y mantención de US\$ 10.245 por MW/año

b) Aglomerador Indigo (Indigo Agglomerator)

Fuente de información: *AirControlNet Documentation Report*, desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire, Mayo 2006.

Descripción: Equipo instalado en el ducto de alta velocidad antes de un Precipitador Electrostático que aglomera las partículas más pequeñas con las más grandes, aumentando la eficiencia de los precipitadores para PM2,5. Estos equipos sólo han sido instalados en generadoras eléctricas, por lo que la eficiencia y costos reflejan aplicaciones en este tipo de instalaciones.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 40%

PM2,5: 40%

Costo: El costo efectividad es variable dependiendo del tamaño de la planta (capacidad en MW) y los siguientes factores: costo de inversión de US\$ 8 por kW, costos fijos de operación y mantención de US\$ 0 por kW por año y costos variables de operación y mantención de US\$ 0,021 mills por kW por año (US\$ del año 1990).

c) Adición de dos placas al Precipitador Electrostático (Two Plate ESP upgrade)



000305

Fuente de información: *AirControlNet Documentation Report*, desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire, Mayo 2006.

Descripción: La eficiencia de un Precipitador Electrostático puede ser aumentada a través de la instalación de placas adicionales dentro del equipo. Dicha adición aumenta el área específica de colección para partículas dentro del ESP y por lo tanto mejora su eficiencia de reducción.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 67%

PM2,5: 67%

Costo: El costo efectividad es variable dependiendo del tamaño de la planta (capacidad en MW) y los siguientes factores: costo de inversión de US\$ 17,5 por kW, costos fijos de operación y mantenimiento de US\$ 0,31 por kW por año y costos variables de operación y mantenimiento de US\$ 0,013 mills por kW por año (US\$ del año 1990).

d) Adición de una placa al Precipitador Electrostático (One Plate ESP upgrade)

Fuente de información: *AirControlNet Documentation Report*, desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire, Mayo 2006.

Descripción: La eficiencia de un Precipitador Electrostático puede ser aumentada a través de la instalación de placas adicionales dentro del equipo. Dicha adición aumenta el área específica de colección para partículas dentro del ESP y por lo tanto mejora su eficiencia de reducción.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 44%

PM2,5: 44%

Costo: El costo efectividad es variable dependiendo del tamaño de la planta (capacidad en MW) y los siguientes factores: costo de inversión de US\$ 13,75 por kW, costos fijos de operación y mantenimiento de US\$ 0,24 por kW por año y costos variables de operación y mantenimiento de US\$ 0,009 mills por kW por año (US\$ del año 1990).

e) Reducción Catalítica Selectiva (SCR)

Fuente de información: Información de Costos: *Inversiones y Costos de Tecnologías de Control para Centrales Termoeléctricas*, Gamma Ingenieros para CONAMA, realizado en

el marco de la elaboración de la Norma de Emisión para centrales termoeléctricas. Información de Eficiencia: *AirControlNet Documentation Report*, desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire, Mayo 2006.

Descripción: Los controles de SCR son tecnologías de control post-combustión basados en la reducción química de óxidos de Nitrogeno (NOx) en moléculas de N<sub>2</sub> y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). El SCR utiliza un catalizador para incrementar la eficiencia de remoción de NOx, lo que permite que el proceso ocurra a temperaturas menores.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NOx: 90%

Costo: Para centrales de alrededor de 100 MWe (MW eléctricos generados), el costo de inversión es de US\$ 108.975 por MWe, y el de operación y mantención de US\$ 1,95 por MWe-h.

f) Reducción Catalítica No Selectiva (SNCR)

Fuente de información: Información de Costos: *Inversiones y Costos de Tecnologías de Control para Centrales Termoeléctricas*, Gamma Ingenieros para CONAMA, realizado en el marco de la elaboración de la Norma de Emisión para centrales termoeléctricas. Información de Eficiencia: *AirControlNet Documentation Report*, desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire, Mayo 2006.

Descripción: Los controles SNCR son tecnologías post-combustión basadas en la reducción química de óxidos de Nitrógeno (NOx) con un reactivo reductor en base a nitrógeno, como amonio o urea, para reducir el NOx en nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O).

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NOx: 50%

Costo: Para centrales de alrededor de 100 MWe (MW eléctricos generados), el costo de inversión es de de US\$ 25.784 por MWe, y el de operación y mantención de US\$ 0,60 por MWe-h.

g) Desulfuración de gases de combustión con agua de mar (SeaWater Flue Gas Desulfuration)

Fuente de información: Proveedor.

Descripción: Este control está basado en la adición de equipo de desulfuración de gases de combustión del tipo scrubber húmedo, utilizando agua de mar. En sistemas húmedos, un sorbente líquido se dispersa en el caso de combustión en una estanque absorbedor, removiendo SO<sub>2</sub> del gas de combustión.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

SO<sub>2</sub>: 90-99%. Se toma 95% para realizar los cálculos.

Costo: Para centrales de alrededor de 200 MW (potencia instalada), el costo de inversión de de US\$ 125.000 por MW, y el de operación y mantención de US\$ 1,6 por MWh.

h) Lime Spray Dryer

Fuente de información: Proveedor.

Descripción: Consiste en la inyección atomizada de una mezcla de reactivos alcalinos basados en calcio en los gases calientes de combustión para absorber los contaminantes. El material seco resultante, incluyendo la ceniza, es colectado en un control de material particulado corriente abajo, normalmente un precipitador electrostático o un filtro de mangas. En algunos casos, una porción del material seco es reciclado en la mezcla de cal.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

SO<sub>2</sub>: 90%

Costo: Para centrales de alrededor de 200 MW (potencia instalada), el costo de inversión de de US\$ 170.000 por MW, y el de operación y mantención de US\$ 1,93 por MWh.

### **13.2.2 Medidas seleccionadas**

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las principales medidas que se podrían aplicar a las distintas fuentes, incluyendo los costos estimados de operación y mantención, y se señala si fueron seleccionadas debido a tener el menor costo efectividad.

Tabla 13-1 Costos Medidas Seleccionadas

Fuente	Medida	Costo (Miles US\$)			CE \$/n	Reduce	
		Inv	Op	Anual			
Norgener Unidades 1 y 2	Filtro de Mangas	12.476	2.138	3.604	07	MP	O
	Indigo Agglomerator	2.752	38	362	13	MP	I
	Two Plate ESP upgrade	6.019	130	837	21	MP	O
	One Plate ESP upgrade	4.729	99	655	6	MP	NO
	SCR	31.930	3.565	7.316	2	NOx	NO
	SNCR	7.555	1.097	1.984	684	NOx	SI
	SeaWater Flue Gas Desulfuration	36.625	2.925	7.227	854	SO2	SI
	Lime Spray Dryer	49.810	3.529	9.379	1.170	SO2	NO
Electroan dina Unidades 12 y 13	Filtro de Mangas	7.111	389	1.224	13.598	MP	NO
	Indigo Agglomerator	1.508	7	184	5.061	MP	SI
	Two Plate ESP upgrade	3.299	63	450	7.389	MP	NO
	One Plate ESP upgrade	2.592	48	353	8.813	MP	NO
	SCR	18.199	649	2.786	2.362	NOx	NO
	SNCR	4.306	200	705	1.076	NOx	SI
	SeaWater Flue Gas Desulfuration	20.875	532	2.984	1.260	SO2	NO
	Lime Spray Dryer	1.360	642	802	357	SO2	SI
Electroan dina Unidades 14 y 15	Filtro de Mangas	11.071	2.248	3.548	3.106	MP	NO
	Indigo Agglomerator	2.056	40	282	611	MP	SI
	Two Plate ESP upgrade	4.497	105	633	819	MP	NO
	One Plate ESP upgrade	3.533	79	494	973	MP	NO
	SCR	28.334	3.748	7.076	950	NOx	NO
	SNCR	6.704	1.153	1.941	469	NOx	SI
	SeaWater Flue Gas Desulfuration	32.500	3.075	6.893	461	SO2	SI
	Lime Spray Dryer	44.200	3.709	8.901	628	SO2	NO

Inv: Costo de Inversión; Op: Costo de Operación; Anual: Costo Anualizado; CE: Costo Efectividad

\* En el caso del material particulado, el costo efectividad está referido a toneladas reducidas de PM10

Fuente: Elaboración Propi

### 13.3 Santiago y Concepción

Dadas las características similares en cuanto a composición de fuentes entre Santiago y Concepción, el análisis de medidas fue realizado de manera conjunta. A continuación se presenta una descripción de las medidas que fueron identificadas para la reducción de emisiones de material particulado y gases precursores en estas localidades. En general, la identificación de fuentes fue limitada a aquellas fuentes emisoras más relevantes que en conjunto alcanzaran 90% de la emisión total de cada contaminante, dejando fuera aquellas que tuvieran un aporte marginal a la emisión total.

Se señalan las medidas para las fuentes fijas y las fuentes móviles de manera separada. Adicionalmente, dada la complejidad de la fuente “Combustión Residencial de Leña”, se realizó un modelo simplificado, el que también se describe a continuación.

#### 13.3.1 Fuentes Fijas

A continuación se presenta una descripción de las medidas consideradas para las fuentes fijas. Toda esta información proviene del documento *AirControlNet Documentation Report*, desarrollado para US-EPA para análisis de regulación en calidad del aire, Mayo 2006. Entre paréntesis se indica el nombre de los sistemas de control en inglés, tal como aparecen en el mencionado documento.

Por otra parte, para la fuente “Generación Eléctrica” en Concepción, la que corresponde a la central Bocamina y constituye una fuente relevante de MP, se consideraron las mismas medidas identificadas para las fuentes de Tocopilla.

##### 13.3.1.1 Medidas identificadas

- i) Precipitador electrostático seco con placas metálicas (Dry ESP-Wire Plate Type)

Descripción: Esta medida utiliza precipitadores electrostáticos (ESP) para reducir emisiones de MP. Un precipitador electrostático usa fuerzas eléctricas para mover partículas en un sistema de gases en placas colectoras. Los electrodos del centro del flujo se mantienen en alto voltaje generando un campo eléctrico, forzando las partículas hacia las paredes del colector. En precipitadores electrostáticos secos, los colectores son golpeados por sistemas mecánicos de las paredes, de manera de desplazar las partículas para que finalmente se deslicen hacia el fondo del precipitador hacia una tolva.

##### Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 98% (90% para calderas de calefacción a biomasa)

PM2,5: 95% (90% para calderas de calefacción a biomasa)

Costo efectividad: Cuando el caudal de gases se encuentra disponible, los costos efectividad varían desde US\$ 40 a US\$ 250 por tonelada de MP10 removida, dependiendo del caudal. Los costos-efectividad, cuando el caudal de gases no está disponible, por defecto son US\$ 110 por tonelada de MP10 reducido (US\$ de 1995).

j) Precipitador electrostático húmedo con placas metálicas (Wet ESP - Wire Plate Type)

Descripción: Un precipitador electrostático usa fuerzas eléctricas para mover partículas en un sistema de gases en placas colectoras. Los electrodos del centro del flujo se mantienen en alto voltaje generando un campo eléctrico, forzando las partículas hacia las paredes del colector. En precipitadores electrostáticas húmedos, se utiliza una corriente de agua, en lugar de mecanismos de golpe, para apartar las partículas de las placas y hacia una tolva.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 99%

PM2,5: 95%

Costo efectividad: cuando el caudal de gases está disponible, varía entre US\$ 55 a US\$ 550 por tonelada de MP10 removido, dependiendo del caudal de gases. El costo-efectividad por defecto, utilizado cuando no hay caudal de gases disponible, es de US\$ 220 por tonelada de MP10 reducido (US\$ de 1995).

k) Filtro de mangas con agitador mecánico (Fabric Filter- Mech. Shaker Type)

Descripción: En un filtro de manga, el gas combustible pasa a través de un tejido comprimido, acumulando MP por selección y otros mecanismos. El flujo de gases es arrastrado desde bajo de celdas con placas en el piso y hacia las mangas (sacos) del filtro. El gas se mueve desde dentro de la manga hacia afuera de ésta. Las partículas se acumulan adentro de la manga, formando una especie de filtro además de la manga. En las unidades de agitación mecánica, las mangas están unidas desde la parte superior a una barra agitadora, que se mueve bruscamente para limpiar las mangas.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 99%

PM2,5: 99%

Costo efectividad: Cuando el caudal de gases está disponible, el costo-efectividad varía entre US\$ 37 y US\$ 303 por tonelada de MP10 reducido, dependiendo del caudal. Por defecto se estiman costos cuando el caudal no está disponible en US\$ 126 por tonelada de MP10 reducido (US\$ de 1998).

l) Filtro de mangas con inyección de pulso (Fabric Filter - Pulse Jet Type)

Descripción: Este control consiste en utilizar un filtro de inyección de pulso limpio, para reducir las emisiones de MP desde flujos residuales. En un filtro de manga, el gas combustible pasa a través de un tejido comprimido, acumulando MP por selección y otros mecanismos. El gas cargado de partículas fluye desde afuera de las mangas, hacia adentro de ellas. Las partículas acumuladas afuera se dejan caer a una tolva bajo el filtro. Durante la limpieza a través de inyección de pulso, un golpe de alta presión es inyectado a los sacos, apartando la masa acumulada de polvo.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 99% (80% para calderas de calefacción a biomasa)

PM2,5: 99% (80% para calderas de calefacción a biomasa)

Costo efectividad: Cuando el caudal de gases está disponible, el costo-efectividad varía entre US\$ 42 y US\$ 266 por tonelada de MP10 removido, dependiendo del caudal correspondiente. Por defecto se estiman costos cuando el caudal no está disponible, de US\$ 117 por tonelada de MP10 reducido (US\$ de 1998)

m) Filtro de mangas con limpieza con aire en contracorriente (Fabric Filter - Reverse-Air Cleaned Type)

Descripción: En un filtro, los gases de combustión fluyen a través de un tejido comprimido, acumulando MP por selección u otros mecanismos. La limpieza por aire reverso (o contracorriente) consiste en enviar aire limpio a través de los filtros en dirección opuesta a la del flujo de gas con partículas de polvo. El cambio de dirección del flujo de gas provoca que el saco (o bolsa) se doble y colapse el filtro de partículas acumuladas que se formó la permitiendo la captura.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 99% (80% para calderas de calefacción a biomasa)

PM2,5: 99% (80% para calderas de calefacción a biomasa)

00012

Costo efectividad: Cuando el caudal de gases está disponible, el costo-efectividad varía desde US\$ 42 a US\$ 266 por tonelada de MP10 removido, dependiendo del caudal de gases. El costo-efectividad por defecto que se usa cuando no hay caudal de gas disponible es de US\$ 117 por tonelada de MP10 reducido. (US\$ de 1998)

n) Filtro de papel/no tejidos con cartucho colector (Paper/Nonwoven Filters - Cartridge Collector Type)

Descripción: Este control consiste en utilizar filtros sin tejidos (tipo cartucho colector) para reducir las emisiones de MP. El flujo de gas residual pasa a través de un medio de filtro de fibra provocando que el MP en la corriente de gas se acumule por tamizado y otros mecanismos.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

PM10: 99%

PM2,5: 99%

Costo efectividad: cuando el caudal de gases está disponible, varía entre US\$ 85 a US\$ 256 por tonelada de MP10 removido, dependiendo del caudal de gases. El costo-efectividad por defecto, utilizado cuando no hay caudal de gases disponible, es de US\$ 142 por tonelada de MP10 reducido (US\$ de 1995).

o) Lavador de gases (Venturi Scrubber)

Descripción: Un scrubber es un tipo de tecnología que remueve contaminantes atmosféricos por intercepción inercial y de difusión. Un lavador de gases acelera el flujo de gases residuales para atomizar el líquido absorbente y mejorar contacto entre líquido-gas.



Eficiencia de reducción de contaminantes

**Tabla 13-2 Eficiencia de Reducción de Contaminantes Lavador de Gases para Fuentes Fijas**

<b>Fuente</b>	<b>PM10</b>	<b>PM2,5</b>
Calderas industriales petróleo a	92%	89%
Calderas industriales biomasa a	93%	92%
Productos de hierro y acero	73%	25%

Fuente: Elaboración Propia

Costo efectividad: cuando el caudal de gases está disponible el costo-efectividad varía desde US\$ 76 a US\$ 2.100 por tonelada de MP10 reducido, dependiendo del caudal de gases. Cuando no hay caudal de gases disponible se considera, por defecto, un costo-efectividad de US\$ 751 por tonelada de MP10 reducido (US\$ de 1995).

p) Desulfuración de Gases de Combustión (Flue Gas Desulfurization)

Descripción: Este control consiste en el uso de tecnologías de desulfuración de gases combustibles para reducir emisiones de SO<sub>2</sub>

Eficiencia de reducción de contaminantes:

SO<sub>2</sub>: 90%

Costo efectividad: El costo-efectividad es variable, dependiendo del caudal de gases, por lo que este control no pudo ser incluido en el análisis, ya que un análisis al nivel del caudal de gases para las fuentes de Santiago y Concepción está fuera del alcance de este estudio.

q) Quemador Low NOx (Low NOx Burner)

Descripción: Este control utiliza tecnología de quemadores Low NOx (LNB) para reducir las emisiones de NOx. LNB reduce la cantidad de NOx formado en las reacciones entre combustible de Nitrógeno y Oxígeno, bajando la temperatura de la zona de combustión y reduciendo la cantidad de Oxígeno disponible en otra.

000314

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NOx: 50%

Costo efectividad: El costo-efectividad depende del tipo de fuente y se presenta en la siguiente tabla (US\$ de 1990)

**Tabla 13-3 Costo Efectividad Quemador Low NO<sub>x</sub> para Fuentes Fijas**

<b>Fuente</b>	<b>Costo efectividad (US\$/ton NO<sub>x</sub>)</b>
Calderas industriales a diesel	1.180
Calderas industriales a GLP	1.180
Calderas industriales a GN	820
Calderas de calefacción a diesel	1.180
Calderas de calefacción a GLP	1.180
Calderas de calefacción a GN	820
Producción de ladrillos	2.200
Fabricación de productos cerámicos	2.200

**Fuente: Elaboración Propia**

r) Reducción Selectiva Catalítica (SCR) (Selective Catalytic Reduction)

Descripción: Los controles de SCR son tecnologías de control post-combustión basados en la reducción química de óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en moléculas de N<sub>2</sub> y vapor de agua (H<sub>2</sub>O). El SCR utiliza un catalizador para incrementar la eficiencia de remoción de NO<sub>x</sub>, lo que permite que el proceso ocurra a temperaturas menores.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NOx: 75%

Costo efectividad: El valor de costo-efectividad utilizado es de US\$ 2.200 por tonelada de NO<sub>x</sub> reducida para equipos sin control de emisiones (US\$ de 1990).

s) Reducción Selectiva No-Catalítica basada en Amonio (SNCR) (Selective Non-Catalytic Reduction - Amonia Based)

Descripción: Este control utiliza la reducción de emisiones NOx a través de controles de reducción selectiva no catalítica basada en Amonio. Los controles SNCR son tecnologías de control post-combustión, basado en la reducción química de óxidos de Nitrógeno (NOx) a N2 y vapor de agua (H2O) molecular.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NOx: 50%

Costo efectividad: El costo-efectividad (para fuentes pequeñas y grandes) utilizado es de US\$ 850 por tonelada de NOx reducido (US\$ de 1990)

t) Reducción Selectiva No-Catalítica basada en Urea (SNCR) (Selective Non-Catalytic Reduction - Urea Based)

Descripción: Esta medida consiste en agregar controles para la reducción de emisiones de NOx a través de reducción selectiva no catalítica basada en urea. Los controles SNCR son tecnologías de control post-combustión, basado en la reducción química de óxidos de Nitrógeno (NOx) a N2 y vapor de agua (H2O) molecular.

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NOx: 50%

Costo efectividad: Por defecto, los costos utilizados cuando el caudal de gases no está disponible, son de US\$ 770 por tonelada de NOx reducido (US\$ de 1990).

u) Aditivos químicos a los desechos (Chemical Additives to Waste)

Descripción: Este control consiste en la adición de químicos a los desechos de animales, lo que reduce las emisiones de amoniaco (NH3).

Eficiencia de reducción de contaminantes:

NH3: 50%

Costo efectividad: El costo-efectividad depende del tipo de fuente y se presenta en la siguiente tabla (US\$ de 1999).

**Tabla 13-4 Costo Efectividad Chemical Additives to Waste para Fuentes Fijas**

Sub-Categoría	Rubro	Costo efectividad (US\$/ton NH3)
Crianza de animales	Bovinos Total	228
Crianza de animales	Cerdos Total	73
Crianza de animales	Aves Total	1.014

Fuente: Elaboración Propia

### 13.3.1.2 Medidas seleccionadas

Para cada una de las fuentes se identificaron varias medidas por contaminante. No obstante, para ingresar los datos al modelo de cálculos, se seleccionó sólo una medida para cada fuente por contaminante. Lo anterior es un supuesto de trabajo y tiene sentido considerando que normalmente las medidas para un mismo contaminante son excluyentes. Por ejemplo, no es técnicamente posible instalar en una fuente emisora de NOx sistemas SNCR y SCR simultáneamente.

Para realizar dicha selección se utilizó criterio de menor costo efectividad. Adicionalmente, para las medidas que reducen NOx, sólo se consideraron las medidas definidas como ideales para cada industria de acuerdo al estudio *Diseño y Evaluación de las nuevas medidas para fuentes fijas contenidas en el PPDA, Línea de Trabajo N°2: Estimación Global de Costos de Implementación de las exigencias de control de NOx, en grandes emisores del sector industrial*, de Gamma Ingenieros para CONAMA, Abril de 2007.

A continuación se presentan las medidas que fueron seleccionadas para Santiago y Concepción.

Tabla 13-5. Medidas seleccionadas para las Fuentes Fijas. Santiago

Sub-sector	Categoría	Sub-Categoría	Rubro	Medida Seleccionada	Reduce
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas industriales a Petróleo	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas industriales a biomasa	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas industriales a diesel	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas industriales a GLP	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas industriales a GN	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas de calefacción a petróleo	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas de calefacción a biomasa	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas de calefacción a diesel	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas de calefacción a GLP	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Combustión	Combustión Externa Puntual	Calderas de calefacción a GN	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Molibdeno	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Productos de hierro y acero	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Productos de cobre y bronce	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Productos de zinc	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Productos de aluminio	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. metalúrgica secundaria	Productos de Plomo	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de cemento	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de cemento	Selective Non-Catalytic Reduction Urea Based	NOx
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de cal	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de cal	Selective Non-Catalytic Reduction Urea Based	NOx

Sub-sector	Categoría	Sub-Categoría	Rubro	Medida Seleccionada	Reduce
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de yeso	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de vidrio y fritas	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de vidrio y fritas	Selective Catalytic Reduction	NOx
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de ladrillos	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Producción de ladrillos	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Fabricación de productos cerámicos	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Fabricación de productos cerámicos	Low NOx Burner	NOx
Puntuales	Procesos	Ind. de productos minerales	Manejo de áridos	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Industria química	Industria química	Wet ESP - Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. madera y el papel	Fabricación y reciclaje de papel	Dry ESP-Wire Plate Type	MP
Puntuales	Procesos	Ind. aliment. y agropecuaria	Procesamiento de granos	Fabric Filter (Pulse Jet Type)	MP
Areales	Otras	Crianza de animales	Bovinos Total	Chemical Additives to Waste	NH3
Areales	Otras	Crianza de animales	Cerdos Total	Chemical Additives to Waste	NH3
Areales	Otras	Crianza de animales	Aves Total	Chemical Additives to Waste	NH3

Fuente: Elaboración Propia



000320

### 13.3.2 Fuentes móviles

A continuación se presenta una descripción de las medidas consideradas para las fuentes fijas, para las ciudades de Santiago y Concepción.

#### 13.3.2.1 Transporte Privado

v) Nuevas normas de emisión para vehículos nuevos.

Descripción: El objetivo de esta medida es lograr una reducción en emisiones introduciendo normas de emisión más exigentes a los vehículos livianos nuevos que ingresan al parque. En concreto, consiste en la aplicación de la norma Tier2-Euro IV para vehículos a gasolina en lugar de la norma Tier 1 – Euro III actual, y para vehículos diesel la norma Euro V en lugar de la norma Euro IV actual.

Costo: El costo de la medida está asociado al costo incremental de compra y mantención de los nuevos vehículos respecto a aquellos de tecnología inferior.

w) Inspección de emisiones de NOx en Plantas de Revisión Técnica (Programa integral de reducción de emisiones del parque vehicular).

Descripción: El objetivo de esta medida es lograr una reducción en emisiones a través de la identificación y posterior reparación de los mayores emisores de NOx de la flota de vehículos.

Costo: Los costos de la medida provienen de los costos de reparación y cambio del convertidor catalítico (vehículos rechazados), costos incrementales de inspección (flota completa) e inversión en fiscalización.

x) Rediseño del actual sistema de restricción vehicular.

Descripción: Esta medida propone restringir la circulación a un mayor número de vehículos sin sello verde respecto a la restricción actual. La reducción de emisiones se logra gracias a que dejan de circular una fracción de los vehículos más emisores de la flota.

Costo: Los costos de la medida se relacionan a costos percibidos por el automovilista al verse obligado a cambiarse de modo de transporte, costos por no realizar el viaje y costos percibidos al verse obligado a diferir el viaje.



### 13.3.2.2 Transporte Público

y) Nueva norma de emisión para buses nuevos que presten Servicio Urbano

Descripción: El objetivo de esta medida es lograr una reducción en emisiones introduciendo normas de emisión más exigentes a los buses nuevos que ingresan al parque. En concreto, consiste en la aplicación de la norma Euro IV en lugar de la norma Euro III actual, pero también cabe la posibilidad de exigir filtros a los nuevos buses Euro III, lo que se definirá según un análisis costo-beneficio.

Costo: El costo de la medida está asociado al costo incremental de compra y mantención de los nuevos buses Euro IV respecto a aquellos de tecnología Euro III, o asociado al costo de compra y mantención de filtros, en caso de exigirse su incorporación.

z) Exigencia de filtros de post-combustión en buses en circulación.

Descripción: El objetivo de esta medida es lograr una reducción en emisiones de la flota de buses existentes a través del uso de dispositivos de control postcombustión.

La aplicación de lo medida será en función de un análisis costo beneficio que define en qué buses conviene la instalación de filtros post-combustión.

Costo: El costo de la medida está asociado al costo de compra y mantención de los filtros.

### 13.3.2.3 Transporte de Carga

aa) Nueva norma de emisión para camiones nuevos

Descripción: El objetivo de esta medida es lograr una reducción en emisiones introduciendo normas de emisión más exigentes a los camiones nuevos que ingresan al parque. En concreto, consiste en la aplicación de la norma Euro IV en lugar de la norma Euro III actual, pero también cabe la posibilidad de exigir filtros a los nuevos camiones Euro III, lo que se definirá según un análisis costo-beneficio.

Costo: El costo de la medida está asociado al costo incremental de compra y mantención de los nuevos camiones Euro IV respecto a aquellos de tecnología Euro III, o asociado al costo de compra y mantención de filtros, en caso de exigirse su incorporación.

bb) Exigencia de filtros de post-combustión en camiones en circulación.

Descripción: El objetivo de esta medida es lograr una reducción en emisiones de la flota de camiones existentes a través del uso de dispositivos de control postcombustión.

La aplicación de lo medida será en función de un análisis costo beneficio que define en qué camiones conviene la instalación de filtros post-combustión.

Costo: El costo de la medida está asociado al costo de compra y mantención de los filtros.

cc) Revisión de restricción de circulación para camiones según tecnología en la RM.

Descripción: Esta medida reduce emisiones forzando la renovación del parque a través de una revisión de la restricción de circulación para camiones según tecnología de emisión (con y sin sello verde)

Costo: Los costos de la medida provienen principalmente de los costos de adelantar la compra de camiones nuevos.

### 13.3.3 Combustión Residencial de Leña

Dada la complejidad de esta fuente, no fue posible identificar medidas tecnológicas de manera similar a las otras fuentes fijas. Por lo tanto, se realizó un modelo simplificado para poder estimar los potenciales de reducción de emisiones y los costos asociados. Este modelo fue desarrollado en detalle para Santiago, cuyos resultados generales fueron luego extrapolados a Concepción.

#### 13.3.3.1 Supuestos

A continuación se describen los principales supuestos utilizados para formular el mencionado modelo.

**Tabla 13-7. Supuestos utilizados en el modelo para estimar reducciones y costos de combustión residencial de leña**

Supuesto	Valor considerado	Referencia
Número actual de calefactores	59.662 estufas en el área urbana	DICTUC, (2007). P. 108
Distribución actual de calefactores por tipo	Calefactor combustión lenta: 81,3% Calefactor modelo insert: 9,2% Salamandra: 3,9% Chimenea: 5,6%	Gamma (2007). P. 14
Consumo de leña promedio por equipo	1.016 kg/año	Gamma (2007). P. 16
Calefactores en uso	95,5%	Gamma (2007). P. 24
Crecimiento del Stock	8.600 estufas/año	Gamma (2007). P. 26
Crecimiento en las ventas	3,2 %	Gamma (2007). P. 26
Recambio natural de estufas (general)	1,3 %	Supuesto por consultor en base a intención de compra de poseedores de estufas, en Gamma (2007), P.13
Recambio natural de estufas insert	2,6 %	Supuesto por consultor, suponiendo una tasa el doble que el recambio general
Recambio natural de chimeneas y salamandras	3,6 %	Supuesto por consultor, suponiendo una tasa el triple que el recambio general
Proporción de leña seca en el mercado	20% del total de la leña consumida	Supuesto por consultor, similar al valor considerado en CENMA (2007)
Año de publicación de la Norma de Emisión para artefactos de combustión residencial a leña	2.008	Supuesto por el consultor conforme el avance de la elaboración de la norma
Tipo de estufas vendidas	Estufas de combustión lenta hasta publicación de la norma. Luego, estufas con emisión según la indicada en la norma para cada uno de los periodos	Supuesto por el consultor asumiendo cumplimiento de la normativa

Supuesto	Valor considerado	Referencia
Reducción en ventas debido a Norma de Emisión	10% hasta el año 3 desde publicación, 20% desde el año 4	Supuesto por el consultor debido al aumento en precios de las estufas certificadas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13-8. Factores de emisión utilizados en el modelo para estimar reducciones y costos de combustión residencial de leña

Artefacto	Factor de Emisión (g PM10/kg leña)		Referencia
	Leña Seca	Leña Húmeda	
Estufa model insert	8,1	17,3	Para leña seca: valores indicados en CENMA, 2007. Para leña húmeda: valores de DICTUC (2007)
Salamandra	8,5	17,3	
Chimenea	16,6	17,3	
Estufa combustión lenta	7,5	8,7	
Estufa certificada 0*	3,28	4,92	Para leña seca: valores presentados en anteproyecto de la norma, calculados en términos de g/kg considerando 3.500 kcal/kg leña y eficiencia del 70%. Para leña húmeda se supone un 50% más
Estufa certificada 1*	1,64	2,46	
Estufa certificada 3*	0,82	1,23	
Estufa certificada 7*	0,41	0,62	

\* Estufa certificada cumpliendo norma de emisión del año indicado, en referencia a año de publicación de la norma

Fuente: Elaboración Propia

### 13.3.3.2 Medidas analizadas

#### dd) Regulación de la humedad de la leña

Se consideró la exigencia de dar cumplimiento de la Norma Chilena Oficial N° 2907/2005, de acuerdo a la especificación de “leña seca” establecida en dicha norma, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca.

Se supusieron las siguientes proporciones de leña seca con respecto al total consumido:

**Tabla 13-9. Proporción de leña seca supuesta**

000325

Periodo	% Leña seca
2007-2008	20%
2009-2010	40%
2011-2012	60%
2013-adelante	80%

Fuente: Elaboración Propia

De manera análoga al supuesto utilizado en CENMA (2007), a partir del 2013 la participación de la leña seca en el consumo se mantiene estable. Este supuesto de gradualidad y no-cumplimiento total de la medida (100% consumo de leña seca) se considera razonable, en el entendido que la institucionalidad aún no está desarrollada, y que en régimen siempre existe un porcentaje de incumplimiento debido a que la fiscalización no es completa.

Los costos asociados a esta medida se relacionan con el secado de la leña para obtener leña seca. Lobos et al. (2005) estiman que el costo de secado, en el que se deberá incurrir para cumplir con los estándares de calidad de la leña alcanza a \$1.371 por metro estéreo (\$2.285 por m<sup>3</sup>). Para realizar los cálculos se consideró una densidad de 0,8 ton/m<sup>3</sup>.

ee) Programa de recambio acelerado de estufas

Se consideró un programa de recambio acelerado de estufas antiguas por estufas certificadas que cumplan la norma de emisión. Se consideraron como artefactos que puedan ser renovados a las salamandras, estufas simples y estufas a doble cámara (sin norma de emisión) existentes con anterioridad a la entrada en vigencia de la norma de emisión. Se asumió una tasa adicional de recambio de 2,4% (general) y de 5% específicamente para estufas modelo insert y salamandras, lo que da un total de 20.000 recambios adicionales.

Los costos utilizados en el análisis son estimativos y corresponden a los señalados en el estudio de Ambiente Consultores (2007) para el AGIES de la norma de emisión:

000326

**Tabla 13-10. Costos de estufas certificadas**

Tipo de estufa*	Costo (US\$/unidad)
Estufa certificada 0	330
Estufa certificada 1	390
Estufa certificada 3	600
Estufa certificada 7	900

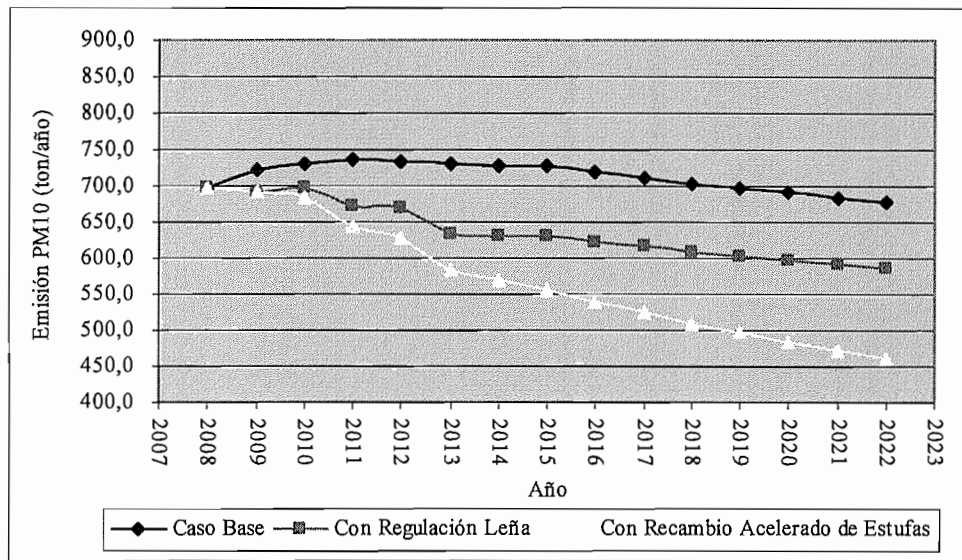
\*Estufa certificada cumpliendo norma de emisión del año indicado en referencia a año de publicación de la norma

Fuente: Elaboración Propia

**13.3.3.3 Resultados para Santiago**

A partir de todos los supuestos señalados, se determinó la reducción de emisiones y los costos efectividad (en términos de US\$/ton) para cada uno de los años de estudio (2008-2022), lo que se puede ver en la siguiente figura.

**Figura 31. Evolución de las emisiones provenientes de la combustión residencial de leña aplicando las medidas consideradas**



Fuente: Elaboración Propia

Para hacerlo comparable a las medidas para las otras fuentes e incluirlo en el modelo general del estudio, se calculó una reducción y un costo efectividad medio, los que se muestran a continuación.

000327

**Tabla 13-11 Reducción y Costo de Efectividad medio de las medidas**

<b>Medida</b>	<b>Reducción media de PM10</b>	<b>Costo efectividad medio (US\$/ton)</b>
Regulación de la humedad de la leña	12%	<b>4.850</b>
Programa de recambio acelerado de estufas	13%	<b>14.535</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Dada la limitante de incorporar al modelo general sólo una medida por fuente y por contaminante, para la combustión residencial de leña se incorporó sólo la medida de regulación de la humedad de la leña.

#### **13.3.3.4 Extrapelación a Concepción**

Para extrapolar los resultados del modelo a la ciudad de Concepción, se tuvo que realizar supuestos generales. Por lo tanto, se consideró que las reducciones para cada una de las medidas serán similares a las de Santiago, pero que los costos efectividad variaban. En el caso de la regulación de la humedad de la leña, se supuso un costo efectividad 10% menor que el de Santiago debido a los costos menores de este combustible en la zona. Por su parte, para el programa de recambio acelerado de estufas se supuso un costo efectividad 10% mayor al de Santiago, lo que se debe a costos mayores de los equipos de calefacción en dicha localidad en relación a Santiago.

### **13.4 Temuco**

En el caso de Temuco, dado que al momento de realización del estudio se encontraba en elaboración el Plan de Descontaminación Ambiental de Temuco y Padre Las Casas, se contaba con un AGIES en el cual se habían determinado los potenciales de reducción y los costos de diversas medidas.

Por lo tanto, en el presente estudio se consideraron varias de las medidas contempladas en dicho plan, y se consideraron como válidos los potenciales de reducción y los costos. Se determinó para cada una de ellas la reducción anual media de contaminantes, calculada como el promedio de las reducciones anuales, y el costo efectividad medio, calculado como el costo anualizado de todos los costos anuales dividido en la reducción media mencionada.

Se debe señalar que en el caso de Temuco, dado lo avanzado del mencionado plan, se ha podido incorporar al análisis de costos no sólo los costos privados sino además los costos sociales asociados a la implementación de las medidas, como por ejemplo, los costos de fiscalización. Como se ha dicho, para las otras localidades, dado que no hay claridad respecto de cómo

efectivamente las autoridades locales implementarán las diferentes medidas, no se han estimado los costos en que éstas puedan incurrir en su implementación y fiscalización.

A continuación se presenta una descripción resumida de las medidas contempladas; para ver el análisis detallado revisar el documento: “Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas”, CENMA, Enero 2007.

### 13.4.1 Medidas consideradas

#### ff) Aislamiento Térmico de Viviendas

Descripción: Se contempla un programa de aislamiento de viviendas existentes. Para esta medida se ha analizado información disponible en la propuesta técnica del estudio “Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque de Construido de Viviendas” elaborada por Ambientes Consultores.

Se ha estimado el impacto de la implementación de un programa de subsidios al aislamiento térmico para viviendas sociales, el que consistiría de un subsidio de \$ 1 millón por una vez y abarcaría mil hogares por año para un plazo de 10 años entre el 2008 y el 2017.

Considerando los antecedentes de Ambiente Consultores se estimó que el monto del subsidio podría permitir el aislamiento de muros y cielo, y con ello estimar una reducción del 35% en el consumo de leña, con el consiguiente impacto en reducción de emisiones.

Reducción media de contaminantes: 114 ton/año de PM10 y PM2,5

Costo efectividad medio: US\$ 27.107 por ton de PM10

#### gg) Programa de compensación de emisiones

Descripción: Esta medida contempla la implementación de sistemas de compensación de emisiones para calderas industriales y de calefacción, y proyectos inmobiliarios.

En relación a las calderas industriales y de calefacción se considera que la exigencia de compensación tendría un bajo impacto sobre el subsector industrial, dada la baja entrada de calderas en el área de Temuco y Padre Las Casas. Por dicha razón, la evaluación se ha centrado en un sistema de compensación de emisiones para proyectos inmobiliarios.

Se consideró como método de compensación el realizarlo a través del recambio de artefactos de combustión a leña por equipos nuevos que cumplan la norma de emisión. En el análisis se



consideró la situación óptima en donde no existen problemas de selección adversa y donde no son considerados los costos de transacción, por lo que las estimaciones sobreestiman beneficios (si parte de la compensación no es efectiva) y subestiman costos (no son considerados los costos de transacción).

Reducción media de contaminantes: 186 ton/año de PM10 y PM2,5

Costo efectividad medio: US\$ 4.722 por ton de PM10

hh) Regulación de la Leña

Descripción: Se consideró la exigencia de dar cumplimiento de la Norma Chilena Oficial N° 2907/2005, de acuerdo a la especificación de “leña seca” establecida en dicha norma, la cual define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca.

En la evaluación, se asumen los factores de emisión EPA utilizados por Sanhueza et al. (2005) para corregir el inventario de emisiones de MP10 residencial del año 2004. Estos consideran valores para artefactos de combustión residencial a leña, tanto respecto a su tipo: húmeda y seca.

Se consideró que el 20% de leña vendida es seca. El costo de la medida corresponde al costo incremental de proveer leña con una humedad inferior al 25% sobre base seca a los hogares que la requieran. Se ha supuesto que hasta el año 2007, el 20% de la leña comercializada en el área de estudio corresponde a leña seca, cifra que aumenta al 40% en el año 2008, al 60% en el año 2009 y al 80% en el año 2010. A partir de este último año la participación de la leña seca en el consumo se mantiene estable.

Los costos asociados a esta medida se asocian al secado de la leña para obtener leña seca. Lobos et al. (2005) estiman que el costo de secado, en el que se deberá incurrir para cumplir con los estándares de calidad de la leña alcanza a \$1.371 por metro estéreo (\$2.285 por metro cúbico).

Reducción media de contaminantes: 568 ton/año de PM10 y PM2,5

Costo efectividad medio: US\$ 1.738 por ton de PM10

ii) Prohibición Chimeneas

Descripción: Esta medida contempla la adquisición de equipos alternativos de calefacción, para sustituir la función de la chimenea. Se considera como sustituto una estufa doble cámara para el año de implementación de la medida, 2008. El costo del artefacto de combustión se estimó en US\$ 300 según antecedentes del AGIES de la norma de emisión para artefactos de combustión residencial a leña.

Reducción media de contaminantes: 55 ton/año de PM10 y PM2,5

Costo efectividad medio: US\$ 2.122 por ton de PM10

jj) Programa de Recambio de Estufas

Descripción: Se ha definido un programa de recambio acelerado de estufas. Entre los años 2009-2018 se considera un recambio gradual de artefactos de combustión residencial a leña que no hayan salido naturalmente en el período 2008-2022. La cantidad de equipos renovados en el período alcanzaría a 12.125 artefactos y corresponde al 50% de los calefactores (no cocinas) no renovados que existen al año 2022.

Se consideran como artefactos que puedan ser renovados por calefactores que cumplan la norma de emisión, tanto a las cocinas como a las salamandras, estufas simples y estufas a doble cámara (sin norma de emisión) existentes con anterioridad a la entrada en vigencia de la norma de emisión.

Los costos utilizados en el análisis son estimativos y corresponden a los señalados en el estudio de Ambiente Consultores (2007) para el AGIES de la norma de emisión. El costo del recambio por año para cada artefacto corresponde al valor del artefacto de combustión, anualizado con una tasa del 10% anual y considerando una vida útil de 20 años.

Reducción media de contaminantes: 278 ton/año de PM10 y PM2,5

Costo efectividad medio: US\$ 3.463 por ton de PM10

kk) Regulación de Emisiones del Sector Industrial

Descripción: La normativa propuesta para fuentes puntuales y grupales tiene como objetivo permitir la reducción de las emisiones del sector, considerando un criterio de gradualidad en la aplicación de las restricciones impuestas y de equidad al considerar su baja participación respecto al total de las emisiones de PM10.

000331

**Tabla 13-12. Propuesta de Normativa en el Sector Industrial**

	Concentraciones PM10 (mg/m3)					
	Puntuales		Grupales		Calefacción	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Fuentes Existentes	S.N. (2008)	200 (2011)	S.N. (2008)	200 (2011)	200 (2008)	56 (2011)
Fuentes Nuevas		112		56		56
Gradualidad (Años)		3		3		3

Fuente: CONAMA IX Región.

Para la evaluación de esta medida se ha optado por considerar en ambos casos, calderas industriales y de calefacción, la incorporación de tecnología de abatimiento para el cumplimiento de las normas de emisión propuestas. Para el caso de calderas industriales se utiliza el costo de multiciclones y para calderas de calefacción el costo de precipitadores electrostáticos.

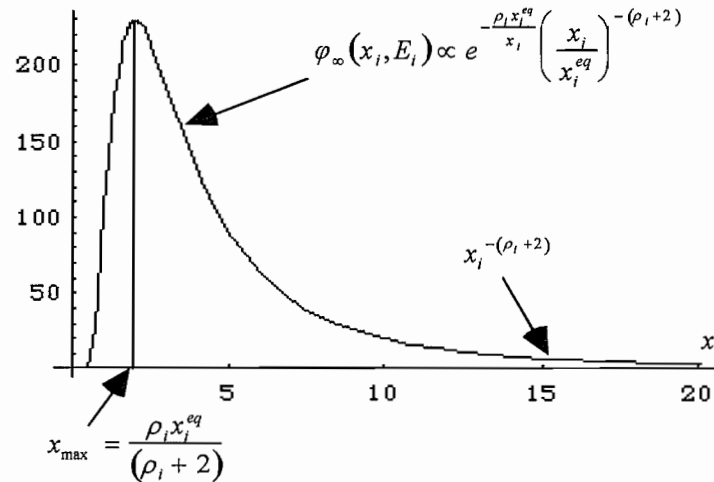
Reducción media de contaminantes: 38 ton/año de PM10 y PM2,5

Costo efectividad medio: US\$ 22.014 por ton de PM10

## 14. Anexo: Ajuste de una distribución a datos diarios

La siguiente sección describe el ajuste de una distribución a los datos de concentraciones diarias, basada en Morel et al. (1999)

La distribución de frecuencia está dada por:



La probabilidad de que la concentración diaria exceda un cierto valor está dada por:

$$Pr[x_i \geq u_i] = \frac{\gamma(1 + \rho_i, \rho_i x_i^{eq} / u_i)}{\Gamma(1 + \rho_i)}$$

Ec 14-1

Donde:

$X_i^{eq}$  = es el promedio anual de las concentraciones

Los parámetros  $X_i^{eq}$  y  $\rho_i$  se obtuvieron del ajuste de los dos primeros momentos (media y varianza) de la distribución, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

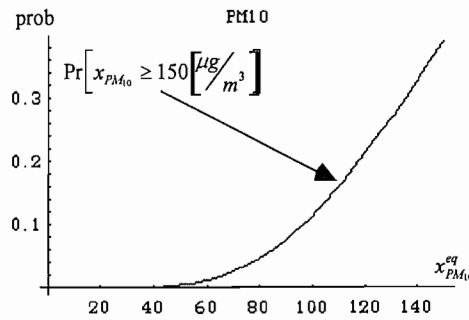
$$\langle x_i \rangle_1 = x_i^{eq} \quad (12)$$

The second parameter  $\rho_i$  can be estimated from the second moment with the knowledge of  $x_i^{eq}$ :

$$\langle x_i \rangle_2 = (x_i^{eq})^2 \frac{\rho_i}{(\rho_i - 1)} \quad (13)$$

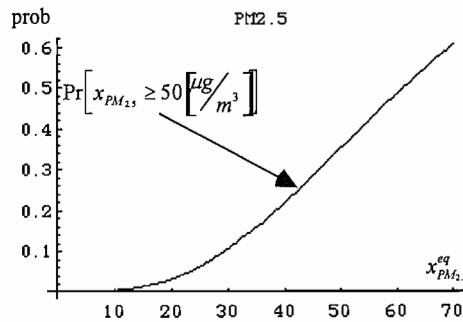
The estimate of the individual parameters like  $E_i$ ,  $\mu_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\delta_i$  and  $\eta_i$  is a different matter, which we discuss later.

Figura 32 Distribución de probabilidad concentración de PM10 sea mayor a estándar de USA



El estándar máximo de USA para PM10 del año 1996, era 150 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pudiendo sobrepasar este nivel como máximo un día al año. Para cumplir con el estándar de USA para la máxima diaria, del año 1974, el valor de la concentración de PM10 diario debe ser de 50 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El valor de hoy en USA es aproximadamente 100 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Figura 33 Distribución de probabilidad concentración de PM2.5 sea mayor a estándar de USA



Para el caso del PM2.5, los estándares de USA permiten exceder al valor de 50 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como máximo 24 horas por año. Para cumplir con el estándar, la concentración de PM2.5 debe ser de aproximadamente 15 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De acuerdo a la estimación de Morel et al. (1999), hoy en día es de 40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## 15. Anexo: Impactos en salud de la contaminación atmosférica por material particulado

Múltiples estudios nacionales e internacionales han mostrado que existe asociación entre el nivel de concentración de ciertos contaminantes, la incidencia de muertes y la incidencia de varias enfermedades cardiorrespiratorias, tanto en niños como en adultos, además de otros efectos como días de restricción de actividad y pérdida de días de trabajo, entre otros.

Los principales contaminantes asociados a efectos en salud son el material particulado (PM) y el ozono. Los efectos de PM y ozono se consideran generalmente independientes, aunque la evaluación de las sinergias entre ambos es un tema aun pendiente.

La siguiente tabla muestra algunos de los efectos a la salud para los que se considera existe asociación con el nivel de contaminación atmosférica.

**Tabla 15-1 Efectos en la salud que han sido relacionados con la contaminación atmosférica**

Efectos asociados con evidencia científica suficiente	Efectos asociados sin evidencia científica suficiente
Mortalidad (adultos mayores)	Inducción de asma
Mortalidad (infantil)	Efectos de desarrollo fetales / neonatales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratorias
Bronquitis – crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas no bronquitis
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias respiratorias	Cáncer pulmonar
Admisiones hospitalarias cardiovasculares	Efectos conductuales (Ej., dificultades de aprendizaje)
Visitas a sala de urgencia	Desordenes neurológicos
Enfermedades respiratorias inferiores	Exacerbación de alergias
Enfermedades respiratorias superiores	Alteración de mecanismos de defensa
Síntomas respiratorios	Daño a células respiratorias
Días de ausentismo laboral y escolar	Menor tiempo de desarrollo de angina
Días con actividad restringida	Cambios morfológicos en el pulmón
Irritación de ojos	Arritmia cardiovascular

Fuente: EPA (1999a)

### 15.1 Efectos del PM10

Dentro del material particulado, la fracción más fina (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e incluso más pequeñas, como sulfatos) ha sido consistentemente asociada a impactos en salud. Aunque los mecanismos fisiológicos de los efectos de PM<sub>10</sub> aun no son comprendidos cabalmente, cientos de estudios epidemiológicos realizados en diferentes partes del mundo han mostrado efectos en poblaciones diversas y en diferentes grupos de edad. Una revisión exhaustiva se encuentra en el documento de Criterios de la USEPA EPA (2004), y en otros estudios recientes NRC (2004; AIRNET (2005).

Uno de los principales aspectos del efecto del material particulado en la salud es que hasta ahora no se ha detectado un nivel bajo el cual estos efectos no se manifiesten, es decir, no se ha detectado un nivel umbral. Debido a que ha sido imposible encontrar este nivel seguro, la OMS no ha propuesto ninguna guía específica para  $PM_{10}$ . Sin embargo, sí se han observado efectos a niveles muy bajos.

Existe también evidencia de que los estratos socio-económicos más bajos son más susceptibles a los efectos del material particulado<sup>28</sup>. En nuestro país también se han encontrado efectos más importantes en los estratos con nivel menor de educación<sup>29</sup>.

## 15.2 Estudios epidemiológicos

En Latinoamérica se han desarrollado muchos estudios que han cuantificado el impacto de la contaminación, principalmente de PM, en la salud. La Organización panamericana de la Salud acaba de publicar recientemente un documento de revisión de estos estudios PAHO (2005).

La mayoría de los estudios se han realizado en tres países, Brasil, Chile y México, y principalmente en las capitales de ellos. El efecto más estudiado ha sido la mortalidad prematura, aunque también se han estudiado visitas a salas de emergencia, admisiones hospitalarias, visitas a consultorios externos y signos y síntomas de morbilidad, además de cambios morfológicos e histopatológicos.

En el 9 se presenta un resumen de estudios epidemiológicos de efectos en la salud relacionados con la contaminación atmosférica en Latinoamérica y el Caribe.

Los resultados reportados por los estudios que han cuantificado cambios son comparables a los reportados en la literatura internacional. Por ejemplo, para mortalidad por todas las causas, el meta-análisis de 5 estudios latinoamericanos reporta un aumento de riesgo de 0.61 (0.16-1.07) % por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$ , lo que están dentro del rango de estimaciones totales similar al de Europa, aunque algo mayor que el reportado para Asia (0.49, 0.23-0.76)%, HEI (2004). Para

---

<sup>28</sup> O'Neill, M. S., M. Jerrett, I. Kawachi, J. I. Levy, A. J. Cohen, N. Gouveia, P. Wilkinson, T. Fletcher, L. Cifuentes y J. Schwartz (2003). "Health, wealth, and air pollution: advancing theory and methods." *Environ Health Perspect* **111**(16): 1861-70, Bell, M. L., M. S. O'Neill, L. A. Cifuentes, A. L. F. Braga, C. Green, A. Nweke, J. Rogat, K. Sibold y with input from participants of the International Symposium of Socioeconomic Factors and Air Pollution Health Effects (2005). "International Symposium on Socioeconomic Factors and Air Pollution Health Effects." *Environmental Science and Technology* **accepted**.

<sup>29</sup> Cifuentes, Vega et al. 1999

personas mayores de 65 años, el riesgo aumenta a 0.89 (0.46-1.24) %. (PAHO, 2005, Cuadro 2-14).

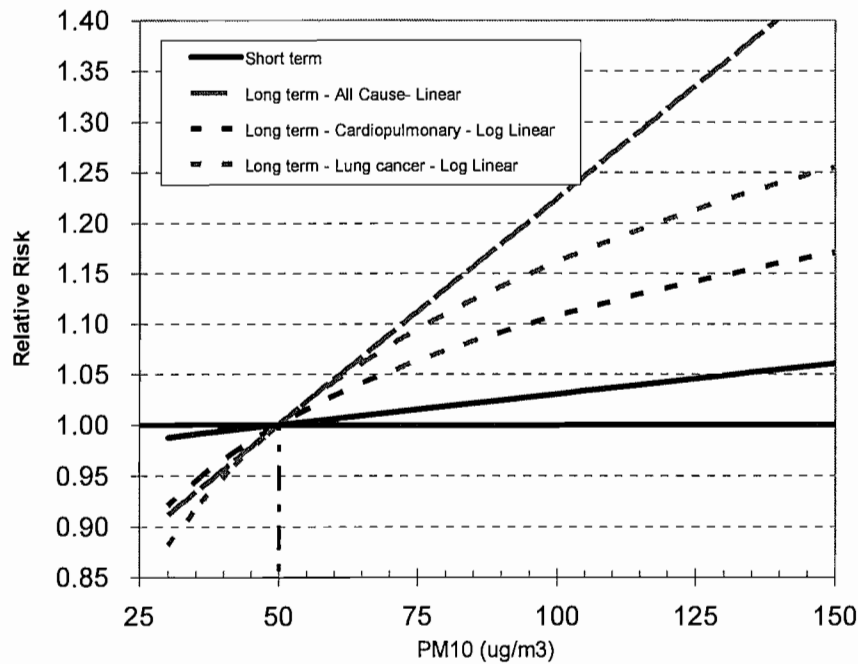
El hecho de que los resultados de los estudios latinoamericanos estén en línea con los resultados de estudios de diversas partes del mundo nos permite extrapolar los resultados para algunos efectos no estudiados en Latinoamérica con cierta tranquilidad. El caso más importante de esta extrapolación es la mortalidad prematura por exposición crónica al material particulado. Este efecto solo se puede estudiar a través de estudios de largo plazo, generalmente de cohorte, que son difíciles y caros de realizar, por lo que sólo se han realizado en Estados Unidos. El estudio más importante de este tipo es el llevado a cabo usando la cohorte de datos de la Sociedad Americana del Cáncer (American Cancer Society, ACS). Estos datos han sido analizados y reanalizados por varios equipos de investigadores Pope et al. (1995; Pope et al. (2002; Pope et al. (2004), proporcionando los resultados más sólidos hasta el momento.

El análisis de estos datos muestra algunos antecedentes que son importantes para la cuantificación de los impactos en salud:

- Para concentraciones bajas, el impacto de la exposición de largo plazo a la contaminación atmosférica puede ser mucho mayor que el impacto de la exposición de corto plazo.
- Para cuantificaciones a concentraciones altas, es necesario considerar una forma funcional logarítmica para la relación concentración-respuesta, como la mostrada en la Figura 34. De otro modo, la extrapolación a concentraciones altas produce resultados no confiables.
- El análisis de los resultados según nivel educacional muestra claramente que los impactos son mayores en aquellos grupos con menor educación, para todos los efectos considerados, como se resume en la Tabla 15-2



Figura 34: Curvas concentración-respuesta para mortalidad resultante de exposiciones de corto y largo plazo



Notas: se observa que para formas lineales, la curva de exposición de largo plazo tiene una pendiente aproximadamente 5 veces mayor que la de corto plazo. Esta diferencia se hace casi nula para cambios porcentuales pequeños cuando se comparan las curvas logarítmicas con la curva de corto plazo.

Fuente: Cifuentes et al. (2005) en base a Cohen et al 2004

Tabla 15-2 Riesgo relativo según nivel educacional de acuerdo al re-análisis del estudio de la ACS (por cada  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  de aumento de  $\text{PM}_{10}$ , adultos mayores de 30 años)

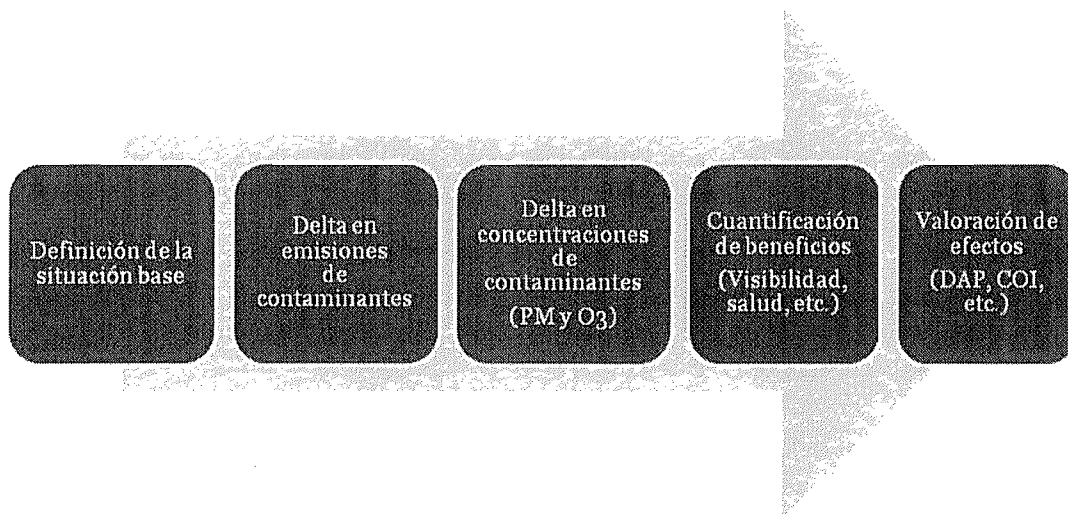
Causa mortalidad	Nivel educacional		
	Menos de High School	High School	Más de High School
Mortalidad todas las causas	1.13 (1.07-1.2)	1.09 (1.03-1.15)	1.02 (0.71-1.07)
Enfermedad cardiorrespiratoria	1.17 (1.08-1.27)	1.13 (1.04-1.22)	1.05 (0.8-1.13)
Enfermedad cardiovascular	1.17 (1.07-1.28)	1.14 (1.05-1.25)	1.09 (1.02-1.17)
Enfermedad respiratoria	1.13 (0.48-1.41)	1.06 (0.62-1.31)	0.65 (0.2-1.01)
Cáncer al Pulmón	1.15 (0.94-1.4)	1.14 (0.77-1.37)	0.65 (0.23-0.71)

Fuente: Estudio ACS, re-análisis Krewski (2003)

## 16. Anexo: Metodología para estimación de riesgos y beneficios

La metodología aplicada en el estudio se basa en el modelo de función de daño (utilizado ampliamente para evaluar medidas que impliquen beneficios ambientales). La Figura 35 muestra las etapas consideradas en la modelación.

Figura 35 Esquema Metodológico del análisis



Fuente: Elaboración propia

El análisis consiste en las siguientes etapas:

1. Estimación de los impactos de la situación sin norma (situación base)
2. Estimación de los impactos en la situación en que se cumple con niveles alternativos de la norma anual y diaria.

En la primera parte determinamos los impactos que tendría la situación actual en las diferentes ciudades si no se tomase ninguna medida para controlar las concentraciones (situación base). En este caso las concentraciones, en general, aumentan.

En la segunda parte se determinan los impactos resultantes de una situación en que las concentraciones ambientales satisfacen los diferentes niveles propuestos para las normas, y el nivel de la norma de PM10 actual, que se toma como base para comparar las alternativas.

Para estimar los cambios en la incidencia de un determinado efecto en la salud, resultante de un cambio en las concentraciones ambientales de un contaminante determinado, se requieren los siguientes datos:

1. Datos de calidad del aire. Se requieren las concentraciones diarias de contaminantes, para estimar los efectos de salud resultantes de una exposición de corto plazo, y el promedio anual de concentraciones, para estimar los efectos resultantes de la exposición de largo plazo
2. Funciones concentración-respuesta. Representan la relación entre los niveles de contaminación y la incidencia del efecto en la salud. Idealmente, estas funciones se deben haber estimado en el mismo lugar para el cual se realiza el análisis, pero a falta de ellas, es posible incorporar funciones estimadas en otras partes, aunque con un aumento en la incertidumbre de las estimaciones<sup>30</sup>.
3. Tasa de incidencia de efectos y población expuesta. Como la mayoría de las funciones C-R entregan el cambio porcentual en la incidencia de los efectos, es necesario conocer el número de efectos que ocurren en la población expuesta, el que se calcula como la tasa de incidencia (efectos por unidad de población) por la población expuesta<sup>31</sup>. Al igual que para las funciones C-R, para la tasa de incidencia es preferible el uso de datos locales, pero a falta de estos se pueden usar tasas de otros lugares, aunque nuevamente, a costa de un aumento en la incertidumbre de las estimaciones<sup>32</sup>. El dato de población, por supuesto, debe ser local.

---

<sup>30</sup> Esta situación debe ser analizada caso a caso, ya que algunos efectos se encuentran profundamente estudiados en muchas ciudades del mundo, y pudiese existir sólo un estudio local. En ese caso, no es tan claro cuál de las dos estimaciones – la local o la transferida de otros lugares – es más incierta.

<sup>31</sup> También se puede usar directamente el número de efectos por año, si estuviera disponible. Sin embargo, para la proyección de los efectos en el tiempo, es más recomendable usar la tasa multiplicada por la población.

<sup>32</sup> En general los datos para los principales efectos, como mortalidad y admisiones hospitalarias, se encuentran disponibles para todas las comunas de Chile, pero algunos efectos, como los días de pérdida de trabajo se encuentran disponibles sólo a nivel nacional. Algunos efectos poco estudiados, como la ocurrencia de días con actividad restringida, no tienen ninguna estimación nacional, por lo que es necesario usar datos del lugar de origen del estudio, la mayoría de las veces, EE.UU.

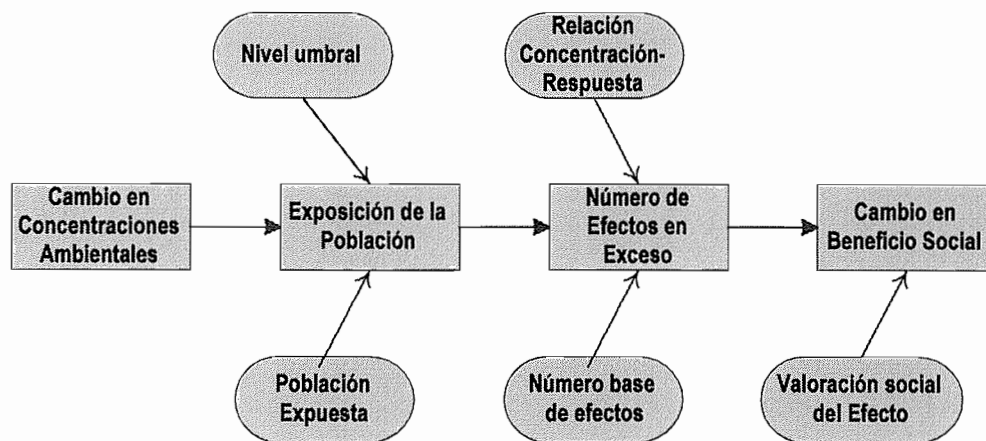
## 16.1 Evaluaciones de impacto en la Salud

El impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población es importante. Gracias a la creciente disponibilidad de estadísticas de salud, recientemente se han realizado varios estudios de Evaluaciones de Impacto de Salud, EIS (Health Impact Assessment, HIA en inglés) que han mostrado la magnitud de los impactos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha mostrado en una reciente publicación (Cohen et al 2005) que a nivel mundial, aproximadamente el 3% de la mortalidad cardiopulmonar, el 5% de la mortalidad de cáncer respiratorio, y el 1% de la mortalidad infantil (de menos de 5 años) debido a infecciones respiratorias agudas son atribuibles a los niveles actuales de contaminación atmosférica. Esto resulta en aproximadamente 800.000 muertes anuales en exceso (el 1.2% de las muertes totales), de las cuales la mayoría ocurre en países en desarrollo.

### 16.1.1 El método de la función de daño

Para poder llevar a cabo una evaluación económica de los impactos en salud, es necesario en primer lugar cuantificar la magnitud de estos impactos en función de la variación en los niveles de contaminación existentes. Para llevar a cabo este paso, en este estudio se utiliza el método conocido como la función de daño que se resume la siguiente figura:

Figura 36 Esquema del método de la función de daño



Fuente: Elaborado en base a Cifuentes et al. (2005)

La función de daño comprende una secuencia de dos o más modelos interrelacionados. En primer lugar se dispone de un modelo que estima los cambios en emisiones producto de cambios

en el nivel de actividad de las fuentes, seguido de un modelo que vincula los cambios en la concentración de contaminantes con cambios en la incidencia de efectos nocivos sobre la salud de la población. Estos modelos reciben el nombre de **funciones dosis – respuesta o concentración-respuesta (CR)**<sup>33</sup>.

### 16.1.2 Funciones Concentración-Respuesta

El análisis de riesgo y su posterior valoración descansa en las funciones Concentración-Respuesta (C-R) que relacionan la incidencia de determinados efectos en salud con los niveles de concentración ambiental de los contaminantes en estudio. El modelo de análisis de riesgo combina la información de los niveles de concentración con datos de incidencia de efectos y de población expuesta para estimar el número de casos anuales que son atribuibles a la contaminación atmosférica.

Las funciones se obtienen, en su mayoría, de estudios epidemiológicos de series de tiempo, de cohorte, o de sección transversal<sup>34</sup>. Los primeros consisten en observar los cambios temporales (generalmente diarios) en la incidencia de efectos en una población (por lo general, una ciudad o comunidad completa) y relacionarlo estadísticamente con los cambios en los niveles de contaminantes. Como la población es la misma, esta actúa como su propio control estadístico. Los mayores efectos de confusión son, en este caso, variables ambientales como temperatura y humedad que al igual que la contaminación, varían en forma diaria.

Los estudios de sección transversal estiman una relación funcional entre la incidencia de un cierto efecto a la salud en un área metropolitana y diversas variables propias del área en cuestión, incluyendo la concentración de contaminantes. Esto se realiza analizando en forma conjunta muchas áreas metropolitanas a la vez. Estos estudios pueden entregar una estimación de efectos de largo plazo, pero son mucho más sensibles el efecto de variables de confusión, por lo que su uso no es tan extendido.

Los estudios de cohorte toman una muestra de individuos, generalmente seleccionada de manera aleatoria, y monitorean su estado de salud durante períodos largos de tiempo (diez o más años), relacionándolo con características de los individuos y con variables ambientales. De esta manera, estiman el efecto que exposiciones de mediano y largo plazo a la contaminación tienen sobre la salud de los individuos. Estos estudios requieren una gran cantidad de recursos, por lo que se han realizado muy pocos, todos ellos en los Estados Unidos.

La mayoría de las funciones C-R son del tipo “riesgo relativo”, estiman el cambio en efectos relativo a una situación considerada como base, generalmente, la tasa de incidencia del efecto observada en la población de análisis. El cambio en el efecto que una población determinada

---

33 También se usa el nombre de exposición-respuesta. Sin embargo, creemos que el nombre concentración-respuesta es más adecuado dado el uso actual que se hace de ellos.

34 Para un listado detallado de estudios desarrollados en Chile y Latinoamérica en general, ver 0: “Resumen estudios epidemiológicos en Latinoamérica, (PAHO, 2005).

experimenta, producto de cambios del nivel de concentración de un contaminante queda dada como:

$$\Delta E_{ij}^k = F(Pop_j^k, IR_{ij}, \beta_{ij}^k, \Delta C^k)$$

Ec 16-1

Donde

- $Pop_j^k$  es el número de personas del grupo j que está expuesta al contaminante k.
- $IR_{ij}$  es la tasa incidencia del endpoint<sup>35</sup> i en la población j.
- $\beta_{ij}^k$  es el riesgo unitario de que el endpoint i afecte una subpoblación j producto de un contaminante k.
- $\Delta C^k$  es el cambio de concentración en el contaminante k.

Esto puede ser reescrito como.

$$\Delta E_{ij}^k = F((Pop_j^k * IF_{ij}^k (IR_{ij}, \beta_{ij}^k)), \Delta C^k)$$

Ec 16-2

Donde  $IF_{ij}^k (IR_{ij}, \beta_{ij}^k)$  es el factor de impacto del endpoint i en la población j producto de un nivel de contaminación k, que incorpora el riesgo unitario  $\beta_{ij}^k$  y la tasa de incidencia  $IR_{ij}$  del efecto.

De acuerdo a esto, los efectos a la salud son cuantificados considerando tres dimensiones principales: (i) efecto analizado (ii) subpoblación estudiada y (iii) contaminante específico asociado<sup>36</sup>.

La siguiente tabla muestra un resumen de endpoints clasificados como cuantificables según el estudio considerando la información disponible.

---

<sup>35</sup> En la literatura los efectos a la salud estudiados son llamados “endpoints”. Los endpoints relacionados con la contaminación atmosférica pueden ser clasificados en cuatro categorías: muerte prematura; acciones médicas, como hospitalizaciones; enfermedades propiamente tales y restricción de actividad (incluyendo días perdidos de trabajo). Pueden ser también clasificados según la naturaleza de sus efectos, en crónicos y agudos; y según sus causas de acuerdo a “The International Classification of Diseases 9th Revision ICD9 The international classification of diseases 9th revision “.

<sup>36</sup> Ver Anexo 1: “Estudios epidemiológicos en Latinoamérica (PAHO, 2005)”.

**Tabla 16-1 Efectos en la salud cuantificables relacionados con la contaminación atmosférica**

Exposición	Tipo de endpoint / Exposición Largo Plazo (LP) - Exposición Corto Plazo (CP)	Endpoint (causa específica)	PM10 - Ciudad/ país donde se obtuvieron las funciones C-R	O3 - Ciudad/ país donde se obtuvieron las funciones C-R	
Largo Plazo	Muerte prematura (LP)	Todas las causas Enfermedad cardiopulmonar Cáncer al pulmón	USA USA USA		
	Enfermedad (LP)	Bronquitis crónica	USA		
Corto Plazo	Muerte prematura (CP)	Mortalidad todas las causas Causas respiratorias Causas cardiorespiratorias	Several LA cities / USA USA USA	Santiago Mexico City Mexico City	
	Acciones médicas (CP)	Admisiones hospitalarias (CP)	Enfermedad cardiovascular	USA	Sao Paulo
			Asma	USA	
			Desorden pulmonar crónico obstructivo	USA	Sao Paulo
			Aritmia	USA	
			Enfermedad isquémica al corazón	Sao Paulo	Sao Paulo
	Acciones médicas (CP)	Visitas a la sala de emergencias (CP)	Causas respiratorias	Sao Paulo/USA	Sao Paulo
Pneumonia			Sao Paulo/USA	Sao Paulo	
Asma(ICD9 493)			Sao Paulo	Mexico City	
Enfermedad isquémica al corazón			Sao Paulo	Mexico City	
Acciones médicas (CP)	Visitas médicas (CP)	Causas respiratorias	Santiago	Santiago	
		Pneumonia and Influenza	USA	Santiago	
		Pneumonia	Santiago	Santiago	
Enfermedad (CP)	Enfermedades respiratorias bajas-RSP	Enfermedades respiratorias bajas-RSP	Santiago	Santiago	
		Sintomas respiratorios altos- RSP	Santiago	Santiago	
Días de actividad restringida (CP)	Días de actividad restringida (CP)	Sintomas respiratorios bajos -RSP	Mexico City	Mexico City	
		Enfermedades respiratorias bajas-RSP	Mexico City	Mexico City	
		Asma (ICD9)	Juarez		
		Ataques asmáticos	USA		
Días de actividad restringida (CP)	Días de actividad restringida (CP)	Bronquitis aguda	USA		
		Días perdidos de trabajo (WLD)	USA		
		Días de actividad restringida (RAD)	USA		
		Días de actividad menor restringida (MRAD)	USA		
Días de actividad restringida (CP)	Días de actividad restringida (CP)	Días con falta de aire	USA		

Fuente: basado en Cifuentes et al. (2005) y en [PAHO, 2005\

### 16.1.3 Población Expuesta y Tasas de Incidencia

Las tasas de incidencia y la población expuesta determinan en conjunto el número base de casos sobre los cuales se aplican los cambios porcentuales. Para obtener las tasas de incidencia se recurrió a los datos de mortalidad y morbilidad del Ministerio de Salud.

#### 16.1.3.1 Población Expuesta

Tabla 16-2 Población según ciudad y grupo de edad

Ciudad	Grupo Edad	1997	2000	2004
<b>Concepcion</b>	0-1 yr	16,445	14,202	11,957
	1-17 yrs	282,666	281,152	248,362
	18-64 yrs	533,982	552,666	530,908
	65+ yrs	54,593	61,776	62,203
	<b>total</b>	<b>887,686</b>	<b>909,796</b>	<b>853,430</b>
<b>Santiago</b>	0-1 yr	83,017	74,501	73,365
	1-17 yrs	1,378,646	1,388,803	1,330,600
	18-64 yrs	2,816,549	2,924,315	3,065,986
	65+ yrs	328,692	359,039	403,064
	<b>total</b>	<b>4,606,904</b>	<b>4,746,658</b>	<b>4,873,015</b>
<b>Temuco</b>	0-1 yr	5,527	5,219	5,200
	1-17 yrs	94,625	99,232	101,955
	18-64 yrs	174,047	186,009	206,688
	65+ yrs	18,005	20,036	23,179
	<b>total</b>	<b>292,204</b>	<b>310,496</b>	<b>337,022</b>
<b>Tocopilla</b>	0-1 yr	465	421	380
	1-17 yrs	8,383	8,279	7,369
	18-64 yrs	14,037	13,955	13,751
	65+ yrs	1,713	1,809	1,865
	<b>total</b>	<b>24,598</b>	<b>24,464</b>	<b>23,365</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Salud



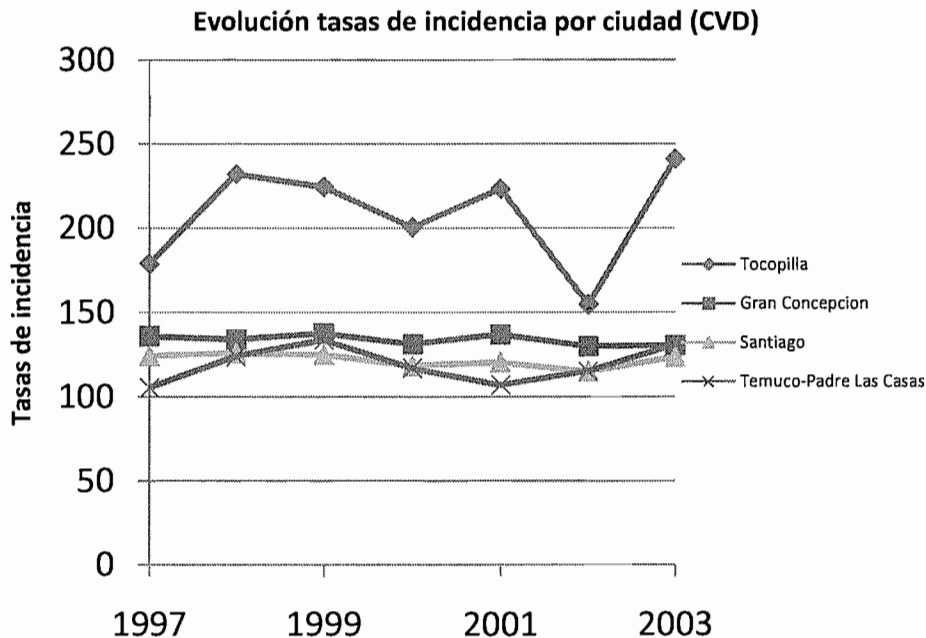
### 16.1.3.2 Tasas de Mortalidad

Las tasas de mortalidad se calcularon para cada una de las comunas analizadas. El número de defunciones se obtuvo directamente de los archivos de certificados de defunciones del Ministerio de Salud. La población se obtuvo, según grupo de edad, del Instituto Nacional de Estadísticas.

Como las tasas se deben proyectar en el tiempo, se ajustó un modelo de regresión para las tasas en función del tiempo. En general, las tasas disminuyen en el tiempo, lo que es consistente con una mejora en la salud general de la población. Para proyectar las tasas en el tiempo, se eligió como año base el 2005, estimando el valor de su tasa. A partir de este valor y del cambio anual se proyectaron las tasas para los años futuros

A continuación las siguientes figuras representan la evolución de las tasas de incidencia mortalidad para diferentes causas.

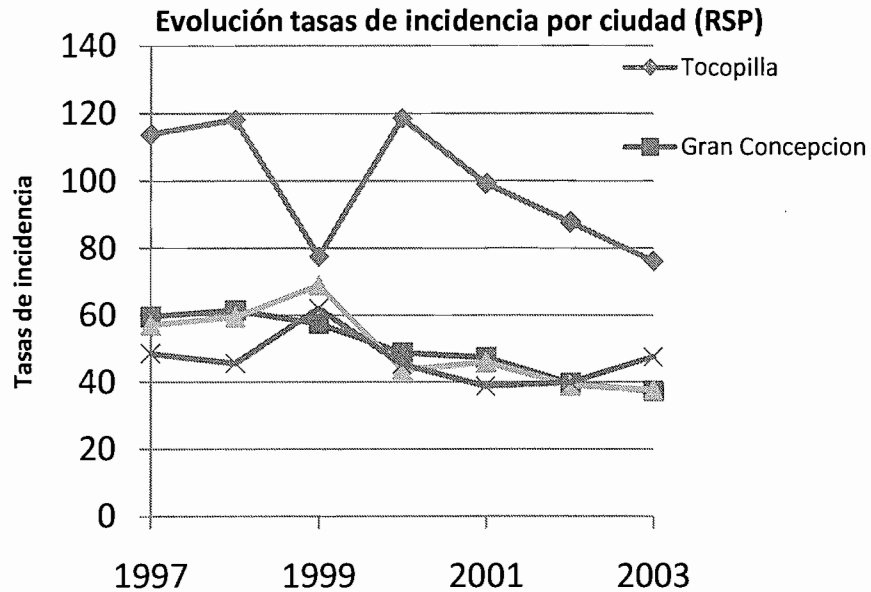
**Figura 37. Tasa de incidencia – Mortalidad Cardiovascular**



Fuente: Elaboración propia a partir de de datos del Ministerio de Salud

000346

**Figura 38. Tasa de incidencia – Mortalidad Respiratoria**



Fuente: Elaboración propia a partir de de datos del Ministerio de Salud

### 16.1.4 Agregación de efectos

Al utilizar la clasificación propuesta en “The International Classification of Diseases 9th Revision (ICD9)”, se debe considerar que algunos de los endpoints son incluidos en varios grupos de forma repetida. Es por esto, que debe tenerse mucho cuidado a la hora de sumarlos en la etapa de agregación de beneficios para evitar problemas de doble conteo. Por ejemplo, las admisiones al hospital por neumonía (ICD 480-487) están incluidas dentro del grupo admisiones al hospital por problemas respiratorios (ICD 460- 519); por consiguiente; ambos grupos no pueden ser sumados directamente.

### 16.1.5 Valoración de efectos en salud

Una vez cuantificada la magnitud de los impactos en salud es necesario llevar estos valores a términos monetarios para poder utilizarlos en un análisis costo beneficio. Los impactos económicos de menores efectos en la salud producto de la contaminación del aire incluyen tres niveles: (i) costo de tratamiento, (ii) productividad perdida y (iii) pérdida de bienestar.

El valor monetario de efectos a la salud puede ser estimado de dos formas: (1) a través de medidas del costo que incluyen el tratamiento de la enfermedad y pérdida de productividad por días no trabajados (método COI, de su sigla en inglés “Cost of illness”) (2) a través de medidas de la disposición a pagar de los individuos por disminuir riesgos a su salud, que incluyen los niveles valorizados por el método COI más la pérdida de bienestar que implica estar enfermo (WTP, de su sigla en inglés “Willingness to pay”).

Para un análisis completo de los beneficios sociales que genera la reducción del nivel de contaminación del aire es necesario disponer de un valor monetario para cada uno de los efectos a la salud cuyo cambio puede ser cuantificado. Idealmente, valores de WTP son las mejores aproximaciones de los beneficios totales de mejoras en la calidad del aire en el bienestar de las personas. Desafortunadamente, estos valores no se encuentran generalmente disponibles para el caso chileno, por lo que en estos casos, valores basados en el método COI fueron utilizados.

Otra opción es transferir valores desde otros contextos (WTP o COI transferidos) reescalando valores unitarios obtenidos en USA para representar la realidad de nuestro país. Basándose en la información recabada en el estudio Cifuentes et al. (2005) fue posible identificar el total de los endpoints cuantificables que es posible valorizar. Se incluye en el 0 (ver Tabla Tabla 16-1 y Tabla 16-4) el listado de valores recopilados en dicho estudio, tanto COI como WTP, según endpoint y grupo etéreo; y un listado de valores transferidos. La Tabla 16-3 del anexo F, muestra un resumen de endpoints clasificados como valorizables que serán los considerados en la evaluación costo beneficio.

La siguiente tabla muestra un resumen de endpoints clasificados como valorizables que fueron considerados en la evaluación costo beneficio.

**Tabla 16-3 Efectos en la salud valorizables relacionados con la contaminación atmosférica**

Efectos a la salud		*Disponibility of values (WTP, COI) / Local (L) or Transferred (T)				
		All	Children	Adult	Elder	
Tipo de endpoints	Endpoint (causa específica)					
Muerte Prematura	Todas las causas	WTP (L)				
Enfermedad	Bronquitis crónica	WTP (T)				
Acciones Médicas	Admisiones hospitalarias	Enfermedad cardiovascular (ICD9 390-429)	WTP (T)			
		Asma	WTP (T)			
		Aritmia (ICD9 427)	COI		COI	
		COPD (ICD 490-496)	WTP (T)			
		Causas respiratorias (ICD9 460-519)	COI		COI	
	Visitas a la sala de emergencia	Enfermedad isquémica al corazón (ICD9 390-429)	WTP (T)			
		Pneumonia (ICD9 480-487)	WTP (T)			
		Asma (ICD9 493)	WTP (T)			
		Causas respiratorias (ICD9 460-519)	WTP (T)			
		Pneumonia (ICD9 480-486)	COI			COI
Visitas médicas	Enfermedades respiratorias bajas-RSP	COI	WTP (T)			
	Síntomas respiratorios altos- RSP (ICD9 460, 465, 487)	COI	WTP (T)		COI	
	Síntomas respiratorios bajos -RSP (ICD9 460, 465, 487)		COI			
Enfermedad	Enfermedades respiratorias bajas-RSP		COI			
	Ataques asmáticos	COI	WTP (T)	WTP (T)		
Días de actividad restringida (RAD)	Bronquitis aguda	WTP (T)				
	Días de trabajo perdido (WLD)	COI				
	Días de actividad restringida (RAD)	WTP (T)				
	Días de actividad menor restringida (MRAD)	WTP (T)				
	Días con falta de aire	WTP (T)				

\* Se privilegiará la disponibilidad de valoraciones de la disposición al pago (WTP) de los individuos, ya sea local o transferida.

**Fuente: Elaborado en base a Cifuentes et al. (2005)**

### 16.1.5.1 Transferencia de valores de WTP

Como se observa claramente en las tablas anteriores no es posible disponer de valores estimados en Chile para cada uno de los endpoints estudiados, y para algunos endpoints específicos ni siquiera es posible disponer de valores estimados en Latinoamérica. En estos casos es necesario transferir valores desde otras ciudades o países, usando la siguiente ecuación:

$$WTP_{Chile} = WTP_{PaisBase} * (IPC_{Chile} / IPC_{PaisBase})^\eta$$

Ec 16-3

Donde IPC es el ingreso per cápita del país correspondiente y  $\eta$  es la elasticidad de la demanda con respecto al ingreso por salud. La hipótesis subyacente en el método de transferencia de beneficios es que las diferencias en valoración pueden ser explicadas principalmente debido a diferencias en ingresos entre ambos países.

Una elasticidad de 1 significaría que los valores de WTP transferidos son proporcionales a las diferencias en ingreso, mientras que una elasticidad de 0 implicaría que la demanda por salud no depende del ingreso; por lo que los valores de WTP transferidos serían los mismos para la ciudad analizada que para la ciudad base. Estudios de disposición al pago han estimado la elasticidad de la demanda con respecto al ingreso en un rango que va desde 0.2 a valores mayores a 2 Alberini et al. (1997).

**Tabla 16-4 Valores unitarios de WTP transferidos de estudios en Latinoamérica (US\$ per 1000 \$IPC)**

Endpoint	Age Group	Latin-American Studies		
		Mid	Number of studies	Range
<b>Reductions in Risk of Death</b>				
Statistical Life	All	96.465	2	64172 to 128757
<b>Chronic Illness</b>				
Chronic Bronchitis	All	9.263	2	3551 to 14975
<b>Hospital Admissions</b>				
Pneumonia (ICD 480-487)	All	30,6	2	19 to 42
COPD (ICD 490-496)	All	30,6	2	19 to 42
Asthma (ICD 493)	All	30,6	2	19 to 42
CVD (ICD 390-429)	All	30,6	2	19 to 42
Congestive Heart Failure (ICD 428)	All	30,6	2	19 to 42
Ischemic Heart Failure (ICD 410-414)	All	30,6	2	19 to 42
<b>Emergency Room Visits</b>				
Respiratory (ICD 460-519)	All	15,8	2	10 to 22
Asthma (ICD 493)	All	15,8	2	10 to 22
<b>Illness</b>				
Asthma Attacks	Adult	1,9	1	-
<b>Restriction in Activity</b>				
Restricted Activity Days	All	5,0	extrap.	-
Minor Restricted Activity Days	Adult	2,6	2	2.54 to 2.66

**Fuente:**

### 16.1.5.2 Transferencia de costos médicos

Información de valores COI puede ser transferida de ser necesario. A continuación se presentan los resultados obtenidos en Cifuentes et al. (2005).

**Tabla 16-5 Valores de costos médicos basados en estimaciones COI para Latinoamérica (US\$ per caso para PPPI de \$1000)**

Endpoint	Age Group	Number of estimates	Average	Mid	Range	Uncertain Distribution
<b>Hospital Costs</b>						
Chronic Bronchitis	All	3	609,4	251,3	19 to 1558	Triangular( 19, 251, 1558)
<b>Hospital Admissions</b>						
Respiratory ( ICD 460-519)	All	3	164,4	137,1	137 to 192	Triangular( 137, 137, 192)
	Elder	1	137,1			
Pneumonia (ICD 480-487)	All	3	281,6	185,3	137 to 522	Triangular( 137, 185, 522)
	Elder	1	137,1			
COPD (ICD 490-496)	All	2	1.037,6		517 to 1558	Uniform( 517, 1558)
Asthma (ICD 493)	Adult	1	137,1			
	All	3	201,2	137,1	53 to 414	Triangular( 53, 137, 414)
	Children	1	137,1			
Cardiovascular disease (ICD 390-429)	All	4	592,1	724,1	308 to 956	Triangular( 308, 724, 956)
	Elder	1	307,9			
Congestive Heart Failure (ICD 428)	All	1	1.167,3			
	Elder	1	164,1			
Ischemic Heart Failure (ICD 410-414)	All	1	744,3			
	All	1	307,9			
Dysrhythmias (ICD 427)	All	1	307,9			
	Elder	1	307,9			
<b>Emergency Room Visits</b>						
Respiratory ( ICD 460-519)	All	3	12,6	8,0	6 to 24	Triangular( 6, 8, 24)
Pneumonia (ICD 480-486)	All	1	6,1			
	Elder	1	6,1			
Upper respiratory symptoms (ICD 460, 465, 487)	All	1	6,1			
	Elder	1	6,1			
Asthma (ICD 493)	Adult	1	6,1			
	All	3	15,6	12,8	6 to 28	Triangular( 6, 13, 28)
	Children	1	6,1			
<b>Medical Visits</b>						
Lower respiratory symptoms	Children	1	4,1			
Upper respiratory symptoms	Children	1	4,1			
<b>Illness and Symptoms</b>						
Asthma Attacks	All	1	29,6			
Respiratory Symptoms	All	1	0,9			

Fuente: Elaborado en base a Cifuentes et al. (2005)

### 16.1.5.3 Productividad Perdida

Valores para la productividad perdida son computados a través del promedio de días perdidos de trabajo producto de ocurrencia de un evento por el salario promedio diario de la ciudad. Los días de trabajo perdido son representados principalmente con el periodo en que el individuo se ve obligado a permanecer hospitalizado. Probablemente individuos que requieren un periodo de hospital requerirán un periodo de convalecencia, aumentando su productividad perdida. Como esta información no estaba disponible en Cifuentes et al. (2005) se asumió un periodo de convalecencia de la mitad del periodo de hospitalización. A continuación se presentan las estimaciones presentadas en dicho estudio.

**Tabla 16-6 Duración promedio de enfermedades clasificadas en la categoría de admisiones hospitalarias (días por caso)**

Endpoint	Santiago			
	All	Children	Adult	Elder
Chronic Bronchitis			10yr	10yr
<i>Hospital Admissions</i>				
CVD (ICD 390-429)	8,4	8,1	8,2	9,3
Congestive Heart Failure				
AMI				
Dysrhythmias (ICD 427)	6,8		6,8	9,3
RSP (ICD 460-519)	8,8	8,2	8,9	9,0
Pneumonia (ICD 480-487)	6,9		6,9	11,6
Asthma (ICD 493)	6,8	5,3	7,3	6,7
COPD				

(\*) Corresponds to total disability period, not only hospital stay

Sources:

Santiago: averages from the whole country, from the 1996 Hospital Discharges database from the Ministry of Health computed in Cifuentes, 2001.

### 16.1.6 Valoración de Beneficios

Finalmente para calcular el beneficio social de las reducciones de emisiones, necesitamos el beneficio social de la reducción de concentraciones ambientales de PM<sub>2.5</sub>, que corresponde a los costos evitados por la exposición a una menor concentración de PM<sub>2.5</sub>. En un estudio reciente, uno de los autores actualizó los beneficios sociales para 39 ciudades de Latinoamérica, entre las que se encontraba Santiago. Los valores se calcularon para dos escenarios de funciones de daño y de valoración: el primero basado en estudios de Latinoamérica solamente (escenario LAC) y el segundo basado en estudios de Estados Unidos (escenario LAC) Los valores marginales, en dólares por µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> de promedio anual reducidos se presentan en la siguiente tabla, para valores basado en disposición al pago (WTP) y costo de la enfermedad (COI). Estos valores incluyen, para el caso de COI, el tratamiento de la enfermedad y pérdida de productividad por días no trabajados y para el caso de WTP, la disposición a pagar de los individuos por disminuir

riesgos a su salud, que incluyen los niveles valorizados por el método COI más la pérdida de bienestar que implica estar enfermo. (ver 16.1.5)

**Tabla 16-7. Valoración marginal de reducciones de concentraciones anuales de PM<sub>2.5</sub> (millones de dólares de 2005 por µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> reducido)**

Tipo de Valor	Escenario	
	LAC	USA
WTP	18	270
COI	1.5	21

**Fuente: Cifuentes et al, 2005.**

Es importante destacar que el escenario basado en los valores de USA produce beneficios extremadamente altos.

Estos valores son los utilizados para calcular los beneficios sociales de la reducción de emisiones obtenidas. Los valores presentados en la tabla son valores promedio para todo el año. En las situaciones de emergencia, los valores son proporcionalmente mayores. Los valores fueron proyectados en el tiempo usando la variación del Ingreso per Cápita (en dólares o pesos reales).

## **MINUTA: Informa sobre el estado actual del proceso de formulación Norma de Calidad Primaria de Material Particulado Fino PM 2.5 al 24 de septiembre de 2008**

### **1. Programa priorizado**

La Norma de Calidad Primaria de Material Particulado Fino PM<sub>2,5</sub>, fue incorporada en el Cuarto Programa Priorizado de Normas, según consta en el Acta del Consejo Directivo de CONAMA, de fecha 26 de marzo de 1999, a través del Acuerdo N° 99. Esta norma fue solicitada por el Ministerio de Salud y por la Dirección Regional de la CONAMA de la Región Metropolitana.

El proceso de elaboración del anteproyecto de la norma se inició formalmente el 7 de Agosto de 2000, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710 de fecha 19 de julio de 2000, de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

### **2. Comité Operativo**

El Comité Operativo de la norma fue constituido por Acuerdo N° 156/2000 del Consejo Directivo de la CONAMA. Según este Acuerdo, el Comité Operativo está integrado por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Minería, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Obras Públicas, el Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, la Comisión Nacional de Energía y por la Intendencia de la Región Metropolitana.

### **3. Estudios realizados**

El estudio realizado a la fecha es el que se señalan a continuación:

"Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM<sub>2.5</sub>". Realizado por la División de Medio Ambiente del DICTUC, encargado por CONAMA el día 5 de diciembre de 2006 y finalizado el día 12 de septiembre de 2008, éste entrega como resultado principal la evaluación social y económica de diferentes escenarios de norma de PM<sub>2.5</sub>, específicamente para tres niveles distintos (los propuestos por la OMS) y con distinta gradualidad en su aplicación. También se presenta una revisión de la normativa existente en otros países del mundo, se estiman los niveles de riesgo a que está sometida la población del país, e identifica las principales fuentes emisoras y las tecnologías de reducción disponibles, con sus costos asociados, entre otros aspectos.

El estudio recomienda avanzar en la regulación del PM<sub>2.5</sub>, en base a las siguientes conclusiones principales:

- La normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas, Internacionalmente, para PM<sub>2.5</sub> se observan niveles de norma entre 20 y 15 µg/m<sup>3</sup> anual, aun cuando las recomendaciones de la OMS apuntan a un valor final de 10 µg/m<sup>3</sup> promedio anual.
- Respecto al riesgo se concluye que debido a la inexistencia de un nivel umbral bajo el cual no se observen efectos negativos para la salud, se debe perseguir el objetivo de reducción de exposición de la población además de un límite máximo. Los riesgos de exposición de largo plazo son altos, y afectan a toda la población.
- Respecto a los beneficios, estos dependen de la cantidad de población expuesta, pero son similares a los costos de cumplimiento. Los costos de cumplimiento bajan en el tiempo, permitiendo una mejor relación Costo/ beneficio en el mediano plazo.
- Se observan altos beneficios en salud en zonas de mayor concentración poblacional como es el caso de la región Metropolitana.



#### 4. Estudios pendientes por realizar

- Se iniciará el estudio "Análisis General de Impacto Económico y Social del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM2.5", sus conclusiones y resultados serán un importante insumo en el desarrollo del anteproyecto final de la norma, el estudio tiene una duración de 60 días y se realizará a través de contratación directa por DICTUC. Actualmente se espera dar inicio formal con la firma de la resolución de contratación pronta a emitirse a fines de septiembre. Se adjunta Términos de Referencia.

#### 5. Hitos y plazos

En enero de 2001, el Comité Operativo resuelve solicitar una prórroga del proceso de elaboración del anteproyecto de la norma. De este modo, mediante la Resolución Exenta N° 022/2001, de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, se amplió el plazo para la preparación del anteproyecto de norma en 30 meses, a partir del 4 de enero de 2001. Las razones que se tuvieron en consideración para resolver esta ampliación, fueron las siguientes:

- a) Era necesario generar información adicional que respaldara, particularmente, la evaluación económica de la norma, en tanto se preveía que el impacto sería importante en todo el país.
- b) Era fundamental el desarrollo de los siguientes estudios: i) diagnóstico de calidad de aire para material particulado PM2,5; ii) estudio de las fuentes de emisión y de generación de aerosoles secundarios a nivel nacional; iii) estudios de composición química de PM2,5 y; iv) estudio para establecer una metodología para la medición de PM2,5.
- c) En ese momento no existían en el mundo normas de PM2,5 vigentes, por lo cual no se contaba con un referente internacional válido. Tanto en Europa como en Estados Unidos, se estaban llevando a cabo programas para la generación de información que permitiera llenar los vacíos que impedían la puesta en vigencia de una norma de PM2,5 en esos países.

Con anterioridad a que se cumplieran los plazos establecidos en la Resolución Exenta N° 022/2001 para la entrega del anteproyecto de norma, la Dirección Ejecutiva de CONAMA volvió a evaluar la existencia de información necesaria para normar, concluyéndose que aún no se contaba con los antecedentes que se pretendió generar, dado que no se obtuvieron los presupuestos necesarios para el desarrollo de los estudios.

En razón de lo anterior, el 14 de enero de 2004 se solicitó nuevamente una prórroga del proceso de elaboración del anteproyecto de norma. Es así como mediante la Resolución Exenta N° 015/2004, de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, se amplió el plazo para la preparación del anteproyecto de la citada norma en 36 meses. Las razones que se tuvieron en consideración para resolver esta ampliación, fueron las siguientes:

- a) No existían en el país, antecedentes suficientes que permitieran conocer el estado de la contaminación por PM2,5, su origen y fuentes contaminantes. Por lo tanto, no era posible hacer una buena evaluación del impacto económico y social que tendría esta norma.
- b) Las dos normas de PM2,5, existentes en el mundo en ese momento, deberían ser cumplidas después del 2010, y el resto de los países se encontraba generando la información necesaria para evaluar la aplicabilidad de esta norma y los niveles de riesgo que implican los distintos valores. Dado lo anterior, el camino definido a nivel internacional era proteger a la población a través de una norma de PM10 más estricta. Debido a todo esto, se planteó la conveniencia de esperar a que los países más desarrollados generasen los estudios y la experiencia necesaria, antes de aplicar la norma en nuestro país.

- c) Teniendo una norma de PM10 vigente, era posible controlar y reducir la fracción fina a través de medidas que apuntasen a la reducción de emisiones directas antropogénicas y a las emisiones de gases precursores de material particulado.
- d) Se consideró necesario establecer un programa de generación de información, invertir en equipamiento para medir PM2.5 y en capacitación.

A fines del año 2006, la Dirección Ejecutiva de CONAMA decidió encargar el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5" en virtud de la gran cantidad de antecedentes generados, tanto a nivel internacional como nacional en materias de regulación del material particulado fino PM2.5, y de la proximidad del vencimiento del plazo de elaboración de anteproyecto, fijada para Enero de 2008.

#### **7. Prorrogas realizadas en el proceso**

- Resolución Exenta N° 22 del 4 de enero del 2001
- Resolución Exenta N°15 del 14 de enero del 2004
- Resolución Exenta N° 3708 del 29 de diciembre del 2006
- Resolución exenta N°1818 del 2 de agosto del 2007.
- Resolución exenta N°1293 del 18 de abril de 2008, amplía plazo hasta 30 de octubre de 2008.

#### **8. Próximos pasos**

Los próximos pasos serán continuar las reuniones con el Comité Operativo, cuyas reuniones se reactivaron en el mes de junio del presente año, y elaborar el anteproyecto en base a los resultados del estudio "Análisis General de Impacto Económico y Social del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM2.5" en cuya realización se han programado reuniones periódicas con la contraparte técnica del Estudio y la participación activa de la Dirección Ejecutiva.

Según los antecedentes expuestos, se solicitará ampliar nuevamente el plazo para la preparación de dicha norma hasta el día 26 de febrero de 2009, es decir en 85 días a partir del día 30 de octubre de 2008, fecha en que vencerá el actual plazo. Lo anterior se justifica mediante un cronograma de las actividades pendientes para la preparación del anteproyecto.

#### **5. Cronograma**

Cronograma de las actividades pendientes para la preparación del anteproyecto y cumplimiento con el nuevo plazo solicitado es el siguiente:

**Cronograma Norma de Calidad Primaria para PM2.5**

	Oct 08	Nov 08	Dic 08	Ene 09	Feb 09
Desarrollo del Estudio Análisis Impacto Económico y Social del anteproyecto (AGIES) 60 días	X	X			
Reuniones periódicas con D. Ejecutiva, Comité Técnico del Estudio y Consultor.	X	X			
Preparación Anteproyecto por Comité Operativo		X	X	X	X
Reuniones con Comité Operativo	X	X	X	X	X
Publicación de Anteproyecto de Norma					X

DCF..//

000005

000356

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **CONTRATACIÓN DIRECTA**

#### **Análisis General de Impacto Económico y Social del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM2.5**

##### **I Antecedentes y justificación**

El proceso de elaboración del anteproyecto de la norma se inició formalmente el 7 de Agosto de 2000, con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución de Inicio N° 710 de fecha 19 de julio de 2000, de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Esta norma fue incorporada en el Cuarto Programa Priorizado de Normas, en el año 1999 a solicitud del Ministerio de Salud y por la Dirección Regional de la CONAMA de la Región Metropolitana.

El proceso normativo fue prorrogado hasta Enero de 2007, con el fin de generar los antecedentes necesarios, en especial de los niveles del contaminante en el país y de las fuentes emisoras.

A fines del año 2006, la Dirección Ejecutiva de CONAMA decidió encargar el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", en virtud de la gran cantidad de antecedentes generados, tanto a nivel internacional como nacional en materias de regulación del material particulado fino PM2.5, y de la proximidad del vencimiento del plazo de elaboración de anteproyecto, fijada para Enero de 2008.

El estudio fue realizado por la División de Medio Ambiente del DICTUC, y entrega como resultado principal la evaluación social y económica de diferentes escenarios de norma de PM2.5, específicamente para los tres niveles propuestos por la Organización Mundial de Salud (OMS) y con distinta gradualidad en su aplicación. También se presenta una revisión de la normativa existente en otros países del mundo, se estiman los niveles de riesgo a que está sometida la población del país, e identifica las principales fuentes emisoras y las tecnologías de reducción disponibles, con sus costos asociados, entre otros aspectos.

El estudio recomienda avanzar en la regulación del PM2.5, en base a las siguientes conclusiones principales:

- La normativa internacional ha evolucionado hacia normas progresivamente más estrictas, para PM2.5 se observan niveles de norma entre 20 y 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anual, aun cuando las recomendaciones de la OMS apuntan a un valor final de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio anual.
- Respecto al riesgo se concluye que debido a la inexistencia de un nivel umbral bajo el cual no se observen efectos negativos para la salud, se debe perseguir el objetivo de reducción de exposición de la población además de un límite máximo. Los riesgos de exposición de largo plazo son altos y afectan a toda la población.
- Todos los escenarios evaluados dan un beneficio neto positivo.

El Comité operativo que trabaja actualmente en la norma está en proceso de definir el límite final y la gradualidad con que se aplicará esta norma. Este determinará el anteproyecto que se llevará a Consulta Pública y que será necesario evaluar desde el punto de vista de su impacto económico y social.

El procedimiento establecido en el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS 93/95 del Ministerio SEGPRES), indica que deberá desarrollarse el Análisis General del Impacto Económico y Social (art. 15). De acuerdo al reglamento, "dicho estudio deberá evaluar los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas, los costos y beneficios a el o los emisores que deberán cumplir la norma; y los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma".

## **II Perfil de Consultor y justificación de la contratación directa**

Existen los siguientes argumentos para dar carácter de urgencia a este estudio y que justifican la contratación directa:

- a) Esta norma fue incorporada en el 4º Programa Priorizado de Normas el año 1999, a solicitud del Ministerio de Salud y por la Dirección Regional de la CONAMA de la Región Metropolitana. Con el fin de generar los antecedentes necesarios en especial de los niveles del contaminante en el país y de las fuentes emisoras, el proceso normativo de elaboración de anteproyecto fue prorrogado hasta diciembre de 2008, mes en que se debe contar con una versión de anteproyecto definitivo, el cual debe estar evaluado en los términos que se plantean en este estudio.
- b) Por otra parte, sólo en agosto de 2008, se da por finalizado el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", insumo principal para elaborar el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM2.5.
- c) El presente estudio atiende al requerimiento señalado en el artículo 15 del D.S. 93/95, que establece el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión.
- d) La Ministra y la Dirección Ejecutiva de la CONAMA han dado máxima prioridad a este proceso normativo, el cual se ejecuta a través del Dpto. Control de la Contaminación. La urgencia de contar con esta normativa, se debe a que la experiencia en gestión y control de la contaminación por material particulado en los distintos centros urbanos e industriales, han demostrado que el problema de contaminación es por material particulado fracción fina, es decir menor a 2,5 µm. Esta fracción, 100% respirable, es originada principalmente por procesos y actividades de combustión, tanto por emisiones directas de material particulado o por precursores que participan en su formación. Contar con esta norma es de suma urgencia pues permitirá realizar una eficiente y efectiva gestión para el control de la contaminación. Por lo tanto, esta norma es de gran importancia para la visión estratégica medioambiental que tendrá en el mediano y largo plazo el país.
- e) En virtud de lo anterior y considerando que es indispensable ejecutar este estudio dentro de este año y que, como se señaló en la letra b) precedente, la información fundamental para el presente estudio, estuvo disponible sólo en agosto, se estima

que, dada la urgencia, debemos recurrir a una contratación directa ya que no es posible realizar una licitación pública porque no se contaría con sus resultados dentro de los plazos previstos. Cabe señalar que tampoco fue posible llamar antes a la licitación porque la institución tuvo durante mediados de julio y mediados de agosto sistemáticos problemas con el Portal Mercado Público.

- f) En este sentido, se propone la contratación directa con DICTUC, representada técnicamente a través del Sr. Luis Abdón Cifuentes (PhD), ya que se ha evaluado como el único que da garantía para obtener el producto que se requiere en el plazo indicado. Con respecto al currículum del consultor se puede señalar que es ingeniero civil de la P. Universidad Católica de Chile, Master en Ciencias y Ph.D en Ingeniería y Políticas Públicas de la Universidad Carnegie Mellon. En su labor como docente incluye cursos de Gestión Ambiental, Análisis de Riesgo, Economía Ambiental y Evaluación de Proyectos. Ha guiado numerosas tesis de Magíster y Doctorado en esos ámbitos, además de impactos de la contaminación atmosférica y percepción de riesgo. Ha sido consultor de CEPAL, asesor de la "Clean Air Initiative for Latin American Cities" del Banco Mundial, del Banco Interamericano de Desarrollo. Autor principal del 3er y 4o Informe del PICC y ha participado activamente en la "Integrated Environmental Strategies" de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. En el ámbito público ha realizado estudios para CONAMA, CNE y SECTRA. Por otra parte, es miembro de la Sociedad de Análisis de Riesgo, la Air and Waste Management Association y la International Society of Environmental Epidemiology, entre otras. Es Gerente de la División del Centro Ambiental - DICTUC S.A., consultora de la cual se puede mencionar ha realizado un número importante de estudios de apoyo y fundamento técnico en el área de regulación medioambiental en el país, siendo el de mayor importancia por su relación directa con el presente Estudio el "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la *norma de calidad primaria de PM2.5*", el cual serviría de insumo para el cumplimiento de los objetivos del presente estudio.

Justificado en lo anteriormente expuesto, se evalúa pertinente una contratación directa dado dos criterios de requerimiento de este estudio: experto en la materia y plazos urgentes.

### **III. Objetivos**

#### **Objetivo General**

- Evaluar el impacto económico y social de la norma propuesta en el anteproyecto, considerando la información de base generada en el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5".

#### **Objetivos específicos**

- Contar con un análisis que permita extender la evaluación a otras ciudades, que dispongan o no de información. Par esto se deberá actualizar las bases de datos de monitoreo y analizarse en el caso de las ciudades que no cuenten con mediciones, a qué ciudades con información pueden ser homologadas.

- Contar con un análisis que parta del supuesto que en el caso que la norma diaria sea más eficiente, estudiar en que ciudades sería activa y qué norma sería más exigente aún (beneficios extra), la norma diaria o anual.
- Contar con análisis detallado sobre la estimación de costos para la zona norte del País, agregando costos de otras dos ciudades del norte, considerando una ciudad que no sea una mega fuente (Antofagasta y Calama). El cual considere contrastar los resultados obtenidos con la curva de costos estimada para Tocopilla (mega fuente) para destacar las diferencias en costos de reducción.
- Contar con un análisis detallado sobre la estimación de costos, agregando costos de una ciudad en la Zona Central en que no hayan sido tomadas muchas medidas de control aún (Talca o Rancagua).
- Agregar al análisis los beneficios de mejorar la visibilidad y reducir el efcto de deterioro sobre los materiales por PM2.5. Se facilitará al consultor información de información de la Dirección Meteorológica con respecto a visibilidad en diferentes puntos para la ciudad de Santiago.

#### **IV. Localización Geográfica y Cobertura del Estudio**

El Estudio deberá considerar la información existente, su análisis debe comprender y tener una cobertura nacional y debe representar las distintas situaciones de contaminación por material particulado fino y grueso que pueden darse en el país.

#### **V. Actividades a realizar**

##### Actividad 1:

Actualizar las concentraciones de ciudades con datos que dispone CONAMA. Se requerirá incorporar información de concentraciones de PM2.5 y PM10 de las siguientes ciudades:

- Calama
- Arica
- Iquique
- Talca

Y de cualquier otra ciudad en que se disponga de información para ambas fracciones del PM10.

##### Actividad 2:

Utilizar y analizar la información disponible de composición química de PM10 y PM2.5. Al menos deberán utilizarse las tortas construidas para Iquique, Rancagua, Viña del Mar y Temuco, Calama y Tocopilla, y de cualquier otra ciudad en que se disponga de información.

##### Actividad 3:

Realizar análisis de la norma de PM10 (para efectos agudos respiratorios) versus la norma de PM2.5. Recopilar información de costos y efectividad de las medidas actualmente utilizadas en Chile para controlar la fracción gruesa, por ejemplo, medidas consideradas por el sector minero: manejo de polvo en labores de explotación y otros, Aspirado de calle Región Metropolitana, Lavado de Calles, Pavimentación, Forestación.

Actividad 4:

Considerar medidas que sólo reducen PM10 para estudiar si es económicamente más conveniente y más eficiente que una norma de PM2.5 (si la norma de PM10 está activa quizás no reduce primero PM2.5):

- a. Analizar la conveniencia de que ambas normas funcionen simultáneamente.
- b. Estudiar qué pasaría con las emisiones de PM10 si se sacara la norma para este contaminante y sólo estuviera vigente una norma para el PM2.5

Actividad 5:

Estimar las curvas de costo marginal de reducción de fracción fina versus reducción de fracción gruesa y simular la decisión del emisor.

Actividad 6:

Actualizar las medidas de fuentes móviles y fijas de Santiago para ser consistentes con las normas propuestas en el PPDA. (Plan de Prevención y Descontaminación de Santiago)

Actividad 7:

Determinar alternativas de norma diaria y anual más eficiente para Chile (según riesgos y según costo beneficio):

- Determinar reducción de enfermedades y muertes diarias de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2.5 reducido.
- Determinar el beneficio en efectos en salud de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diario de PM2.5 reducido.
- Determinar el costo de implementar una norma de PM2.5 en Chile.

Actividad 8:

Realizar un análisis distributivo de las concentraciones de material particulado PM2.5 a nivel de zonas (grupos de comunas) definidas en base a criterios socio económico para la ciudad de Santiago:

Análisis de Riesgos por Comunas que se agruparían de la siguiente manera:

B1: Las Condes, La Reina, Ñuñoa, Providencia, Vitacura.

B2: Cerrillos, Estación Central, Independencia, Maipú, Recoleta, Santiago.

B3: La Cisterna, La Florida, Macul, San Miguel

B4: Cerro Navía, Conchalí, Huechuraba, Lo Prado, Quilicura, Quinta Normal, Renca.

B5: El Bosque, La Granja, La Pintana, Lo Espejo, Pedro Aguirre Cerda, San Joaquín, San Ramón.

Para ello se debe:

- Mostrar por grupo los niveles de concentración de PM2.5 diarios para observar las zonas más afectadas.
- Mapear la exposición por zona en base a simplificaciones varias.



- Estudiar el impacto de la norma para cada zona para cada una de las zonas definidas.
- Análisis de la exposición de PM2.5 para cada una de las zonas definidas.

**Actividad 9:**

Profundizar en el análisis de Gestión de Episodios:

- Estudiar la eficiencia de diferentes alternativas de límites para alertas, preemergencias y emergencias. Y determinar según criterios de riesgo y ACB la alternativa más eficiente en base a las medidas ya consideradas.
- Proponer niveles para las medidas ya definidas para alcanzar el punto de eficiencia.
  - Restricción vehicular (considerando más dígitos)
  - Fuentes fijas (considerando más fuentes)

**Actividad 10:**

Determinar los límites de concentración para gestión de episodio de la norma diaria de PM2.5., en base a criterios de riesgo y a criterio Costo y Beneficio

**Actividad 11:**

Estimar los costos asociados a la gestión de episodios.

- Costos de la restricción vehicular para fuentes móviles
- Costos de paralización de fuentes fijas
- Costos de restricciones en el uso de calefacción a leña.

**VI. Plazo de ejecución:**

La duración del estudio será de 60 días a contar de la Resolución que apruebe el contrato.

**VII. Resultados Esperados**

- Identificación y estimación de los impactos económicos y sociales, costos y beneficios para los emisores y afectados en cada escenario regulatorio desarrollado y sus efectos distributivos.
- Estimación detallada de los impactos económicos y sociales, costos y beneficios para emisores, afectados y sistema de fiscalización causados por la implementación de la norma propuesta en el anteproyecto.
- Evaluación económica del impacto de cada escenario, indicando el grado de certeza esperado y un análisis de sensibilidad.
- Recomendaciones de implementación de un escenario norma en base a los resultados del estudio.

**VIII. Modalidad de Ejecución**

Contratación Directa

**IX. Contraparte técnica**

La contraparte técnica de este estudio será designada por el Jefe del Dpto. Control de la Contaminación.

**X. Informes**

El consultor deberá entregar un informe de avance y un informe final.

**Informe de Avance:**

El consultor deberá entregar un informe de avance para revisión el día 35, a contar de la Resolución que apruebe el contrato, el cual debe contener un avance de un 50% en cuanto a los resultados esperados de este estudio.

**Informe Final:**

El consultor deberá entregar un informe final para revisión el día 50, a contar de la Resolución que apruebe el contrato, el cual debe contener en forma completa los resultados que dan respuesta a los objetivos de este estudio.

El informe final debe contemplar un resumen ejecutivo.

Los informes deben ser entregados por oficina de partes Teatinos 258, a nombre de Hans Willumsen, Jefe del Dpto. Control de la Contaminación en 3 copias papel, 2 a color y uno B/N, con su correspondiente respaldo magnético en extensión \*.pdf y \*.doc. Además, se deben acompañar las planillas Excel \*.xls que se generen para la evaluación social y económica.

El consultor debe contemplar disponibilidad para participar durante la ejecución del estudio, en reuniones programadas cada dos semanas con la Dirección Ejecutiva de la CONAMA y con la contraparte técnica del estudio, con objeto de discutir sobre los avances del estudio. Para esto se confeccionará un calendario de reuniones que será consensuado junto al consultor.

Posteriormente, una vez finalización el estudio, debe tener disponibilidad para presentar los resultados al Comité Operativo, autoridades o grupos de interés. Todas las reuniones serán coordinadas por la contraparte técnica de CONAMA, previendo la disponibilidad del consultor.

**XII. Presupuesto y forma de pago**

Se considera un total de \$ 8.000.000 (ocho millones de pesos) para la ejecución de este estudio y su forma de pago será de acuerdo a lo siguiente:

Pago	Monto \$ (peso chileno)
<b>1er pago:</b> contra entrega y aprobación del del 1er informe de avance.	5.000.000
<b>Ultimo pago:</b> contra entrega y aprobación del Informe Final.	3.000.000
<b>Total</b>	8.000.000

El monto deberá imputarse al Programa 03, subtítulo 22, ítem 11, asignación 001, meta 14, del presupuesto del Departamento de Control de la Contaminación.

..//

000363

REPÚBLICA DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
RGR/HWA

AMPLIA PLAZO PARA PREPARACIÓN DE  
ANTEPROYECTO DE NORMA DE CALIDAD  
PRIMARIA PARA MATERIAL PARTICULADO FINO  
(MP 2,5).

14 OCT. 2008

SANTIAGO,

RESOLUCIÓN EXENTA N° 3913

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; el Decreto Supremo N°93 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; la Resolución Exenta N°156 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, de fecha 7 de julio de 2000, publicada en el Diario Oficial el 7 de agosto del mismo año, que dio inicio a la elaboración de la norma.

CONSIDERANDO:

Que el plazo para la elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino fue ampliado por las Resoluciones Exentas N°22/01, N°15/04, N°3708/06, N°1818/07 y N°1293/08, todas de la Dirección Ejecutiva de CONAMA. El plazo fijado en la última resolución mencionada vence el 30 de octubre del presente.

Que se desarrolló el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", elaborado por el DICTUC, cuyo informe final se recepcionó conforme el 12 de septiembre del presente.

Que los resultados del mencionado Estudio son un insumo necesario para avanzar en el desarrollo del anteproyecto de la norma y discutir sobre los escenarios regulatorios.

Que a inicios de octubre se dio comienzo al Estudio Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES), cuya duración es de 60 días.

Por todo lo anterior, es que se requiere contar con un plazo adicional para la entrega del anteproyecto de la norma.

RESUELVO:

Ampliase el plazo para la preparación del anteproyecto de la Norma Calidad Primaria Para Material Particulado Fino (MP 2,5), hasta el día 20 de febrero de 2008.

Anótese, comuníquese, y archívese.

  
ALVARO SAPAG RAJEVIC  
DIRECTOR EJECUTIVO  
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
DIRECTOR EJECUTIVO

CRF/AFR/MJC  
Distribución:

- División Jurídica, CONAMA.
- Departamento de Control de la Contaminación, CONAMA.
- Expediente Público de la Norma.
- Comité Operativo de la Norma.

Lo que transcribo a Ud  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.  
NURY VALBUENA OVEJERO  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

## COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

APRUEBA Y FUNDAMENTA  
CONTRATO QUE INDICA

SANTIAGO, 15 OCT. 2008

RESOLUCIÓN EXENTA Nº 3925

## VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N°20.232, de Presupuesto del Sector Público; la Resolución N°520, de la Contraloría General de la República; la Ley de Bases Generales de la Administración del Estado; la Ley N° 19.886, de Bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios y su Reglamento; el Memorándum N°17.962/08; las facultades que me confiere la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y

## CONSIDERANDO:

1.- Que, la Comisión Nacional del Medio Ambiente requiere evaluar el impacto económico y social de la norma propuesta en el anteproyecto, considerando la información de base generada en el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", y, entre otros, se requiere:

- Contar con un análisis que permita extender la evaluación a otras ciudades, dispongan o no de información. Para esto se deberá actualizar las bases de datos de monitoreo y analizar en el caso de las ciudades que no cuenten con mediciones, a qué ciudades con información pueden ser homologadas;
- Contar con un análisis que parta del supuesto que, en el caso que la norma diaria sea más eficiente, estudiar en qué ciudades sería activa y qué norma sería más exigente aún (beneficios extra), la norma diaria o anual;
- Contar con análisis detallado sobre la estimación de costos para la zona norte del País, agregando costos de otras dos ciudades del norte, considerando una ciudad que no sea una mega fuente (Antofagasta y Calama). El cual considere contrastar los resultados obtenidos con la curva de costos estimada para Tocopilla (mega fuente) para destacar las diferencias en costos de reducción;
- Contar con un análisis detallado sobre la estimación de costos, agregando costos de una ciudad en la Zona Central en que aún no hayan sido tomadas muchas medidas de control (Talca o Rancagua) y;
- Agregar al análisis los beneficios de mejorar la visibilidad y reducir el efecto de deterioro sobre los materiales por PM2.5. Se facilitará al consultor información de información de la Dirección Meteorológica con respecto a visibilidad en diferentes puntos para la ciudad de Santiago.

2.- Que, la norma de calidad primaria de PM2.5, fue incorporada en el 4° Programa Priorizado de Normas el año 1999, a solicitud del Ministerio de Salud y de la Dirección Regional de la CONAMA Región Metropolitana, con el fin de generar los antecedentes

antecedentes necesarios, en especial, de los niveles del contaminante en el país y de las fuentes emisoras; el proceso normativo de elaboración de anteproyecto fue prorrogado hasta diciembre de 2008, mes en que se debe contar con una versión de anteproyecto definitivo, el cual debe estar evaluado en los términos que se plantean en este estudio;

3.- Que, sólo en agosto de 2008, finalizó el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM<sub>2.5</sub>", insumo principal para elaborar el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM<sub>2.5</sub>;

4.- Que, la Ministra y la Dirección Ejecutiva de la CONAMA, han dado máxima prioridad a este proceso normativo, el cual se ejecuta a través del Departamento de Control de la Contaminación de la institución. La urgencia de contar con esta normativa, se debe a que la experiencia en gestión y control de la contaminación por material particulado en los distintos centros urbanos e industriales, han demostrado que el problema de contaminación es por material particulado fracción fina, es decir menor a 2,5 pm. Esta fracción, 100% respirable, es originada principalmente por procesos y actividades de combustión, tanto por emisiones directas de material particulado o por precursores que participan en su formación. Contar con esta norma es, consecuentemente, de suma urgencia pues permitirá realizar una eficiente y efectiva gestión para el control de la contaminación. Por lo tanto, esta norma es de gran importancia para la visión estratégica medioambiental que tendrá en el mediano y largo plazo el país;

5.- Que, en virtud de lo anterior y considerando que es indispensable ejecutar este estudio dentro de este año y que, como se señaló precedente, la información fundamental para el presente estudio, estuvo disponible sólo en agosto, se estima que, dada la urgencia, debemos recurrir a una contratación directa ya que, no es factible realizar la contratación por medio del Catálogo de Convenios Marcos del Sistema de Compras Públicas de Mercado Público, porque el producto no se encuentra disponible y tampoco es posible realizar una licitación pública porque no se contaría con sus resultados dentro de los plazos previstos. Cabe señalar que tampoco fue posible llamar antes a la licitación porque la institución tuvo durante mediados de julio y mediados de agosto sistemáticos problemas con el Portal Mercado Público;

6.- Que, en este sentido, se propone la contratación directa con DICTUC, representada técnicamente a través del Sr. Luis Abdón Cifuentes (PhD), ya que se ha evaluado como el único que da garantía para obtener el producto que se requiere en el plazo indicado. Con respecto al currículo del consultor se puede señalar que es ingeniero civil de la P. Universidad Católica de Chile, Master en Ciencias y Ph.D en Ingeniería y Políticas Públicas de la Universidad Carnegie Mellon. En su labor como docente incluye cursos de Gestión Ambiental, Análisis de Riesgo, Economía Ambiental y Evaluación de Proyectos. Ha guiado numerosas tesis de Magister y Doctorado en esos ámbitos, además de impactos de la contaminación atmosférica y percepción de riesgo. Ha sido consultor de CEPAL, asesor de la "Clean Air Initiative for Latin American Cities" del Banco Mundial, del Banco Interamericano de Desarrollo. Autor principal del 3er y 4o Informe del PICC y ha participado activamente en la "Integrated Environmental Strategies" de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. En el ámbito público ha realizado estudios para CONAMA, CNE y SECTRA. Por otra parte, es miembro de la Sociedad de Análisis de Riesgo, la Air and Waste Management Association y la International Society of Environmental Epidemiology, entre otras. Es Gerente de la División del Centro Ambiental - DICTUC S.A., consultora de la cual se puede mencionar ha realizado un número importante de estudios de apoyo y fundamento técnico en el área de regulación

medioambiental en el país, siendo el de mayor importancia por su relación directa con el presente Estudio el "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la *norma de calidad primaria de PM2.5*", el cual serviría de insumo para el cumplimiento de los objetivos del presente estudio y;

7.- Que, el artículo 8, letras c) y principalmente la letra g) de la Ley N°19.886, de Compras Públicas y el artículo 10 N°3 y fundamentalmente lo previsto en el N°7 letra f) de su Reglamento, hacen procedente la contratación directa en casos de urgencia, y cuando por la magnitud e importancia que implica la contratación se hace indispensable recurrir a un proveedor determinado en razón de la confianza y seguridad que se derivan de su experiencia comprobada en la provisión de los bienes o servicios requeridos, y siempre que se estime fundadamente que no existen otros proveedores que otorguen esa seguridad y confianza, como ocurre en la especie.

#### RESUELVO :

1. Apruébase el Contrato denominado "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", suscrito con fecha 23 de septiembre de 2008, entre la Comisión Nacional del Medio Ambiente, representada por su Director Ejecutivo, don Álvaro Sapag Rajevic y DICTUC S.A., representado por don Jaime Ignacio Retamal Piuto.

2. El monto de dicho contrato es la suma de \$8.000.000 (ocho millones de pesos) impuesto incluido, suma que se pagará en una primera cuota, por la suma de \$5.000.000 (cinco millones de pesos), una vez aprobado el primer informe de avance y una segunda cuota y final de \$3.000.000 (tres millones de pesos), una vez aprobado el informe final. Todos estos pagos requerirán además la entrega de las respectivas facturas.

3. Impútese el gasto que demande el pago del presente contrato al Programa 03, Subtítulo 22, Ítem 11, Asignación 1 del Presupuesto vigente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Anótese, Comuníquese, Archívese



SD

Distribución:

Dirección Ejecutiva.  
Departamento de Administración y Finanzas.  
Departamento de Planificación, Presupuesto y Control de Gestión.  
Unidad de Gestión de Contratos.  
Departamento de Control de la Contaminación  
División Jurídica.  
Interesado.  
Oficina de Partes.

Lo que transcribo a Ud.  
para su conocimiento  
saluda atentamente a Ud.  
NURY VALBUENA OVEJERO  
Oficial de Partes  
Comisión Nacional del  
Medio Ambiente (CONAMA)

000367

**Contrato**

**"Análisis General de Impacto Económico y Social del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM 2.5"**

En Santiago, a 23 de septiembre de 2008, entre la **COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE**, en adelante CONAMA, RUT N° 72.443.600-5, representada por su Director Ejecutivo, don **ÁLVARO SAPAG RAJEVIC**, cédula nacional de identidad N°8.535.667-4, ambos domiciliados en Teatinos N°258, comuna y ciudad de Santiago, por una parte, y por la otra, la sociedad **DICTUC S.A.**, RUT N°96.691.330-4, representada por don **JAIME IGNACIO RETAMAL PINTO**, cédula de identidad N°11.657.136-6, en adelante, indistintamente "la empresa", ambos domiciliados en Av. Vicuña Mackenna N°4860, comuna de Macul, Santiago, se acuerda lo siguiente:

**PRIMERO:** La Comisión Nacional del Medio Ambiente requiere evaluar el impacto económico y social de la norma propuesta en el anteproyecto, considerando la información de base generada en el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5", y, entre otros, se requiere:

- Contar con un análisis que permita extender la evaluación a otras ciudades, dispongan o no de información. Para esto se deberá actualizar las bases de datos de monitoreo y analizar en el caso de las ciudades que no cuenten con mediciones, a qué ciudades con información pueden ser homologadas;
- Contar con un análisis que parta del supuesto que, en el caso que la norma diaria sea más eficiente, estudiar en que ciudades sería activa y qué norma sería más exigente aún (beneficios extra), la norma diaria o anual;
- Contar con análisis detallado sobre la estimación de costos para la zona norte del País, agregando costos de otras dos ciudades del norte, considerando una ciudad que no sea una mega fuente (Antofagasta y Calama). El cual considere contrastar los resultados obtenidos con la curva de costos estimada para Tocopilla (mega fuente) para destacar las diferencias en costos de reducción;
- Contar con un análisis detallado sobre la estimación de costos, agregando costos de una ciudad en la Zona Central en que aún no hayan sido tomadas muchas medidas de control (Talca o Rancagua) y;
- Agregar al análisis los beneficios de mejorar la visibilidad y reducir el efecto de deterioro sobre los materiales por PM2.5. Se facilitará al consultor información de información de la Dirección Meteorológica con respecto a visibilidad en diferentes puntos para la ciudad de Santiago.



**SEGUNDO:** Por el presente instrumento CONAMA contrata a DICTUC S.A., quien acepta, y



LC

*Handwritten signature*

000368

se obliga a realizar el trabajo descrito precedentemente, con estricta sujeción a las condiciones acordadas en el presente contrato y en los Términos de Referencia, especialmente a los objetivos, resultados esperados y actividades contenidas en ellos, documento que forma parte integrante de este contrato.

**TERCERO:** El presente contrato tendrá una duración de sesenta días a contar de la resolución que lo apruebe.

**CUARTO:** La contraparte técnica de este estudio estará compuesta por dos profesionales del Departamento de Control de la Contaminación, designados por el Jefe del Departamento y que tendrá las facultades de control, inspección, evaluación del avance y calidad de los servicios y trabajos a efectuar.

**QUINTO:** La empresa deberá entregar un primer informe de avance de las actividades a los 35 días y un informe final a los 50 días, ambos contados desde la resolución que aprueba el presente contrato, y cuyo contenido se señala en los Términos de Referencia. Los Informes referidos deberán ser entregados en la Oficina de Partes de la CONAMA, en la forma indicada en los Términos de Referencia. Su evaluación estará a cargo de la contraparte técnica señalada en la cláusula precedente.

**SEXTO:** CONAMA pagará por el estudio encomendado la suma total y única de \$8.000.000 (ocho millones de pesos) impuesto incluido, suma que se pagará en una primera cuota, por la suma de \$5.000.000 (cinco millones de pesos), una vez aprobado el primer informe de avance y una segunda cuota y final de \$3.000.000 (tres millones de pesos), una vez aprobado el informe final. Todos estos pagos requerirán además la entrega de las respectivas facturas.

Se deja constancia que CONAMA no podrá efectuar pago alguno a la empresa mientras no se encuentre totalmente tramitado el acto administrativo que apruebe este contrato. Sin perjuicio de lo anterior, en aplicación del artículo 19 bis, inciso primero, del Decreto Ley N°1.263, Ley Orgánica de la Administración Financiera del Estado, CONAMA sólo responderá de las inversiones hasta la concurrencia de los fondos que se consulten para estos efectos en cada año, en el respectivo presupuesto.

**SÉPTIMO:** Para garantizar el fiel cumplimiento de este contrato, DICTUC S.A. hace entrega de una Boleta de Garantía o Vale Vista Bancario, por la suma de \$800.000 (ochocientos mil pesos), a nombre de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, con una vigencia que excede en 60 días la duración de este contrato. Si eventualmente fuese necesario un aumento del plazo del contrato, la Garantía deberá ajustarse a dicho aumento, facultándose a la CONAMA para el cobro de la garantía original de no procederse a la prórroga según lo indicado.

**OCTAVO:** Tanto DICTUC S.A., como los profesionales que ejecuten el trabajo, deberán guardar la debida confidencialidad respecto de los antecedentes que se sometan a su consideración.



Handwritten signature



**NOVENO:** Toda información y materiales utilizados por la empresa, tales como textos, tablas, planos, modelos, programas, aplicaciones computacionales, fotografías, medios audiovisuales u otros proporcionados por CONAMA son de su propiedad, no pudiendo ser utilizados sin su autorización expresa.

Por otra parte, los informes, antecedentes, datos y cualquier otro tipo de información que se generen como resultado de los servicios encomendados, serán de exclusiva propiedad de CONAMA, no pudiendo ser utilizadas para ningún efecto sin la autorización expresa de ésta. La empresa, igualmente, se obliga a mantener la más absoluta reserva y confidencialidad acerca de toda la información generada.

**DÉCIMO:** Bajo ninguna circunstancia DICTUC S.A. podrá traspasar, ceder o transferir, total o parcialmente, la responsabilidad de la ejecución de los servicios encomendados por el presente contrato.

**DÉCIMO PRIMERO:** Si DICTUC S.A. no cumple lo convenido en los plazos indicados, sin causa justificada, a consideración de CONAMA, ésta quedará facultada para cobrar una multa por cada día de atraso, equivalente al 3/1000 (tres por mil) del monto del contrato. CONAMA hará efectiva esta multa, descontando su valor del pago respectivo, sin perjuicio de su derecho de poner término anticipado al contrato.

**DÉCIMO SEGUNDO:** Al menos en los siguientes casos de incumplimiento CONAMA podrá declarar administrativa y unilateralmente el término anticipado del mismo:

- a) Si la empresa no destina recursos materiales o humanos suficientes para el normal desarrollo del estudio, en términos que se haga difícil o imposible la ejecución de lo pactado dentro del plazo estipulado.
- b) Si la calidad del trabajo no satisface las exigencias mínimas para los objetivos tenidos en consideración al solicitar su realización.
- c) Si la empresa no inicia el trabajo oportunamente o lo paraliza sin causa justificada.
- d) Si la empresa no acata las instrucciones que imparta CONAMA, en conformidad con las facultades que le otorgan el presente contrato y documentos integrantes.
- e) Si la empresa infringe en cualquier forma lo estipulado en el contrato y sus documentos integrantes.
- f) Si las multas a que se refiere la cláusula décima sobrepasan el 20% del monto total del contrato.
- g) Si se verificase cualquier otro incumplimiento grave imputable a la empresa que impida o dificulte gravemente la oportuna y correcta ejecución de la consultoría contratada.

De producirse la situación referida precedentemente, DICTUC S.A. no tendrá derecho a indemnización y no se le cursará el respectivo pago, asimismo procederá el cobro de la garantía dada por ésta para garantizar el cumplimiento del contrato. Lo anterior, sin perjuicio de las acciones legales que procedan.



ALC

B

**DÉCIMO TERCERO:** La información, programas y documentos que se generen como resultado del presente contrato, serán de exclusiva propiedad de CONAMA, no pudiendo DICTUC S.A., ni sus profesionales, hacer uso de dicho material, sin autorización previa por escrito de CONAMA.

**DÉCIMO CUARTO:** Para todos los efectos legales derivados del presente contrato, las partes fijan su domicilio en la ciudad y comuna de Santiago y se someten a la jurisdicción de sus Tribunales Ordinarios de Justicia.

**DÉCIMO QUINTO:** El presente contrato se suscribe en cuatro ejemplares del mismo tenor y fecha, quedando dos en poder de cada parte.

**DÉCIMO SEXTO:** La personería de don Álvaro Sapag Rajevic, Director Ejecutivo de CONAMA, consta en D.S. N°75, de 3 de agosto de 2007, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. La personería de don Jaime Ignacio Retamal Pinto, para representar a DICTUC S.A., consta en Escritura Pública de 1 de diciembre de 2006, autorizada ante don Sergio Rodríguez Garcés, Notario Titular a cargo de la Décima Notaría de Santiago, mediante la cual se redujo a escritura pública el Acta de la Centésima Vigésima Cuarta Sesión Ordinaria de Directorio de DICTUC S.A.



COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
 ALVARO SAPAG RAJEVIC  
 Director Ejecutivo  
 Comisión Nacional del Medio Ambiente



JAI ME IGNACIO RETAMAL PINTO  
 DICTUC S.A.

DICTUC S.A.  
 ASESOR JURIDICO

DICTUC S.A.  
 GERENCIA MARKETING  
 4

DICTUC S.A.  
 GERENCIA FINANZAS



COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
 COMISION JURIDICA



000371

**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
CONSEJO DIRECTIVO**

**ACTA DE SESION ORDINARIA N° 7 /2008**

En Santiago de Chile, a 29 de Diciembre de 2008, en las dependencias de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, siendo las 11:30 horas, se abre la Séptima Sesión Ordinaria del presente año, del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Preside la sesión la Ministra Presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Sra. Ana Lya Uriarte Rodríguez y actúa como Secretario el Director Ejecutivo de dicha Comisión, Sr. Álvaro Sapag Rajevic.

**1.- INTEGRANTES ASISTENTES:**

Asisten a la sesión los siguientes Ministros:

- Ministra de Agricultura, Sra. Marigen Hornkohl Venegas.
- Ministra de Bienes Nacionales, Sra. Romy Schmidt Crnosija.
- Ministra de Vivienda y Urbanismo, Sra. Patricia Poblete Bennett.
- Ministro de Salud, Sr. Álvaro Erazo Latorre.
- Ministra de Planificación y Cooperación, Sra. Paula Quintana Meléndez.
- Ministro de Minería, Sr. Santiago González Larraín.

Asimismo, estuvieron presentes en la sesión: El Ministro de Energía, Sr. Marcelo Tokman Ramos; el Subsecretario del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Sr. Raúl Erazo Torricelli; el Subsecretario del Ministerio de Obras Públicas, Sr. Juan Eduardo Valdivia; el Sr. Rodrigo Guzmán Rosen, Jefe del Departamento Jurídico de Conama; el Sr. Hans Willumsen Alende, Jefe del Departamento de Control de la Contaminación de Conama; el Sr. Miguel Stutzin Schottlander, Jefe del Departamento de Recursos Naturales de Conama; el Sr. Alejandro Smythe, Director Regional de la Conama Región Metropolitana.

**2.- ORDEN DEL DÍA:**

**I.- Propuesta definitiva asociada al Cuarto Proceso de Clasificación de Especies de Flora y Fauna.**

Luego de la exposición llevada adelante por el Sr. Charif Tala González, del Departamento de Recursos Naturales de la Conama, el Consejo Directivo aprueba la propuesta de clasificación de especies de flora y fauna vinculadas al Cuarto proceso. (Acuerdo N° 394/2008, que se anexa a la presente acta y que forma parte integrante de la misma).

**II.- Propuesta de Lista Priorizada asociada al Quinto Proceso de Clasificación de Especies de Flora y Fauna e inicio del procedimiento respectivo.**

Luego de la exposición llevada adelante por el Sr. Charif Tala González, el Consejo Directivo aprueba la propuesta de una lista priorizada de especies de flora y fauna a clasificar en un Quinto Proceso de Clasificación, y en consecuencia, iniciar el procedimiento de clasificación de dichas especies. (Acuerdo N° 395/2008, que se anexa a la presente acta y que forma parte integrante de la misma).

**III.- Antecedentes asociados al Anteproyecto para la segunda actualización del Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférico de Santiago.**

El Sr. Smythe expone en primer lugar sintéticamente sobre el proceso de actualización del Plan, recordando el origen de este instrumento y las distintas modificaciones que ha experimentado desde el año 1998, dando cuenta además del proceso de participación ciudadana y de las opiniones vertidas tanto por el Consejo Consultivo Nacional de la Conama, cuanto por el Consejo Consultivo Regional.

Enseguida se refiere a los resultados concretos que ha tenido la implementación del Plan, fundamentalmente entre los años 1997 y 2006, expresando que de ello se infiere una tendencia a la baja de los principales contaminantes criterio. Asimismo, alude a la evolución del PM 2,5 y PM 10 en el periodo comprendido entre 1989 y 2007, para concluir, en esta parte, que el principal problema de la Región Metropolitana se relaciona con el material particulado, sin que ello implique desconocer los claros avances sobre la materia.

Prosigue manifestando que el objetivo de la nueva actualización del Plan es concentrarse en el control de las emisiones de los contaminantes prioritarios, como son el material particulado, el SO<sub>2</sub>, el NO<sub>X</sub> y los COV'S. A su vez, da cuenta de la distribución en el aporte a la formación de partículas (buses, 8%; otras fuentes, 24%; camiones, 15%; hogares, 11%; autos y motos, 18%; industria, 24%).

Por otra parte, expone sintéticamente las medidas que se están analizando para las áreas de transporte, industria y emisiones de los calefactores a leña, agregando que se contemplarían otras medidas puntuales, como la minimización de quemas agrícolas, planes asociados a maquinarias fuera de ruta, generación de áreas verdes, ciclorutas, lavado y aspirado de calles, control de contaminación intradomiciliaria, participación ciudadana y educación ambiental y financiamiento permanente del Plan.

Finaliza haciendo una mención al resultado del Análisis General del Impacto Económico y Social del Anteproyecto.

Luego de un breve intercambio de opiniones entre los integrantes del Consejo, que abordan puntos sobre la planificación territorial sustentable, las medidas de incentivo asociadas al uso de la leña, y a las quemas agrícolas, entre otros, se da por cerrado el punto de la Tabla, el que será reabierto una vez que se presente formalmente a consideración del Consejo del Proyecto de Actualización del Plan.

#### **IV.- Estado de tramitación del anteproyecto de norma primaria de calidad ambiental de PM 2,5.**

El Sr. Willumsen expone en primer término sobre los antecedentes preliminares asociados a este proceso regulatorio, para luego referirse brevemente a los estudios realizados por el DICTUC acerca de los tres escenarios posibles que podría asumir la norma bajo examen, estudio que aborda también la normativa comparada sobre esta materia. En función de lo anterior, también expone acerca de los resultados preliminares del Análisis Costo-Beneficio asociados a cada uno de los tres posibles escenarios para utilizar en la norma.

Finaliza su exposición fijando las siguientes conclusiones: a) Que el material particulado 2,5, presenta niveles en Chile que superan lo recomendado internacionalmente; b) Que su regulación presenta una importante rentabilidad social; c) Que su regulación permite focalizar acciones sobre la fracción más agresiva del material particulado; y d) Que la regulación precisa de esfuerzos de todos los sectores económicos.

La Sra. Ministra Presidente del Consejo manifiesta que se trata de una regulación que reviste particular relevancia, de modo que solicita a los integrantes del Consejo puedan instruir a los respectivos representantes del Comité Interministerial, en orden a que les den la máxima prioridad y atención al tema bajo examen, de modo de poder aunar esfuerzos que permitan contar prontamente con un anteproyecto sobre esta materia.

Siendo las 13:30 horas y no habiendo más puntos que tratar, se levanta la sesión.



**ANA LYA URIARTE RODRÍGUEZ**

Presidenta del Consejo Directivo

Ministra Presidenta de la Comisión Nacional del Medio Ambiente



**ÁLVARO SAPAG RAJEVIC**

Director Ejecutivo

Secretario Consejo Directivo

Comisión Nacional del Medio Ambiente

  
RGR



GOBIERNO DE CHILE  
CONAMA

# Reunión de Consejo de Ministros Norma de calidad primaria de Material Particulado Fino ( MP2.5)

29 de diciembre de 2008

## Antecedentes del proceso normativo

- La Norma de Calidad Primaria de Material Particulado Fino PM2,5, fue incorporada en el Cuarto Programa Priorizado de Normas, según consta en el Acta del Consejo Directivo de CONAMA (26 de marzo de 1999, Acuerdo N° 99).
- Esta norma fue solicitada por el Ministerio de Salud y por la Dirección Regional de la CONAMA de la RM

REPÚBLICA DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE  
DA INICIO A LA DICTACIÓN DE LA NORMA  
DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL  
PARTICULADO FINO: MP2,5.

GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

Santiago, 19 de julio de 2000

EXENTA N°: 0710

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N°18.300, sobre Bases del Medio Ambiente; lo prescrito en el Decreto Supremo 93, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que aprueba el Reglamento para la Dicción de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión; y

CONSIDERANDO:

Que en sesión de 26 de marzo de 1999, el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, aprobó el Cuarto Programa Priorizado de Normas, propuesto por su Director Ejecutivo. Que con fecha 15 de Abril de 1999 se publicó por aviso en extracto en el Diario Oficial el Cuarto Programa Priorizado de Normas.

Que de conformidad con lo preceptuado en el artículo 11° del Decreto Supremo 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, corresponde a esta Dirección Ejecutiva dictar la resolución pertinente que permita dar inicio al proceso de elaboración del anteproyecto de norma.

RESUELVO:

1°.- Iníciase el procedimiento de elaboración de la Norma de Calidad Primaria Para Material Particulado Fino: MP2,5.

2°.- Fórmese un expediente para la tramitación del proceso de elaboración de la referida norma.

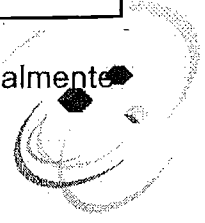
3°.- Fijase como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre los contaminantes a normar, el día número 70, contado desde la fecha de publicación de la presente resolución en un diario o periódico de circulación nacional. Cualquier persona natural o jurídica podrá, dentro del plazo señalado precedentemente, aportar antecedentes técnicos, científicos y sociales sobre la materia a normar.

4°.- Publíquese la presente Resolución en el Diario Oficial y en un diario o periódico de circulación nacional.

Antes, comuníquese, publíquese y archívese.

ADRIANA HOFFMANN JACOBY  
DIRECTORA EJECUTIVA

Proceso se inició formalmente  
el 7 agosto del 2000



## Prórrogas efectuadas en el proceso

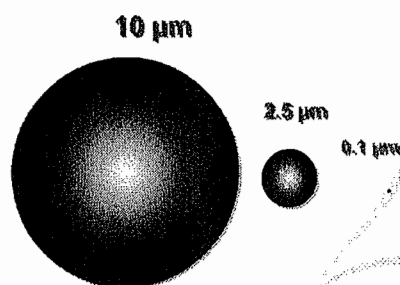
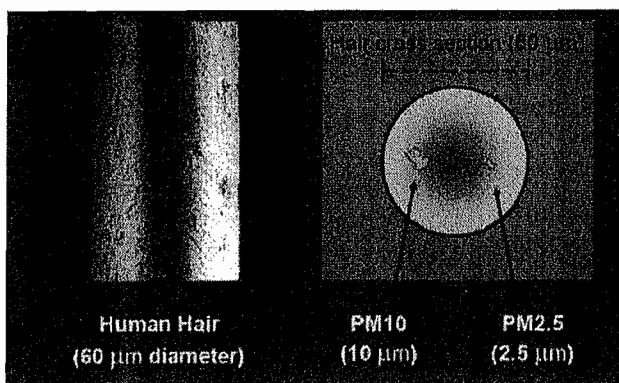
- Resolución Exenta N° 22 del 4 de enero del 2001
- Resolución Exenta N°15 del 14 de enero del 2004
- Resolución Exenta N° 3708 del 29 de diciembre del 2006
- Resolución Exenta N°1818 del 2 de agosto del 2007.
- Resolución Exenta N°1293 del 18 de abril de 2008
- Resolución Exenta N° 3913 del 14 de octubre de 2008, que amplía el plazo para la elaboración del anteproyecto hasta el **20 de febrero de 2009.**

## Reactivación del proceso

- Se registran avances generados a nivel internacional en materias de regulación del material particulado fino PM2.5
- Se cuenta con información sobre PM2.5 en algunas zonas del país.
- Fines del 2006, la Dirección Ejecutiva de CONAMA decidió encargar el estudio "Análisis de antecedentes para la evaluación de escenarios en la elaboración de la norma de calidad primaria de PM2.5"

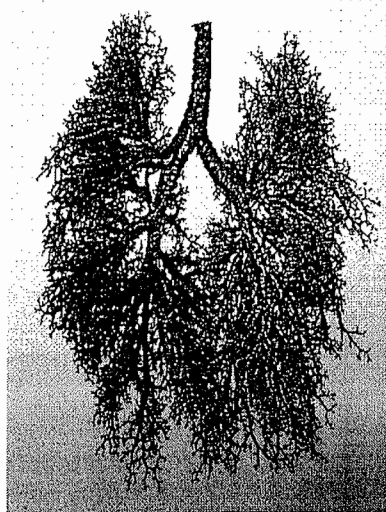
## Características del PM2.5

Son partículas líquidas o sólidas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones y constituyen un subconjunto del material particulado respirable PM10



## Características del PM2.5

- Efecto a la salud es más agresivo que el PM10.
  - Enfermedades cardiovasculares
  - Penetra en alvéolos
  - Aumenta mortalidad en 1.2% por cada 10 ug/m<sup>3</sup>)
- Tiene vida media más larga, transportándose a largas distancias.
- **El PM2.5 primario**
  - proviene principalmente de las emisiones de combustión de fósiles y de biomasa (motores diesel, quema de leña, etc.) y polvo natural.
- **El PM2.5 secundario**
  - se origina por la transformación química de emisiones gaseosas tales como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y VOCs





## Resumen de Normativa Internacional para PM2.5 (fines de 2007)

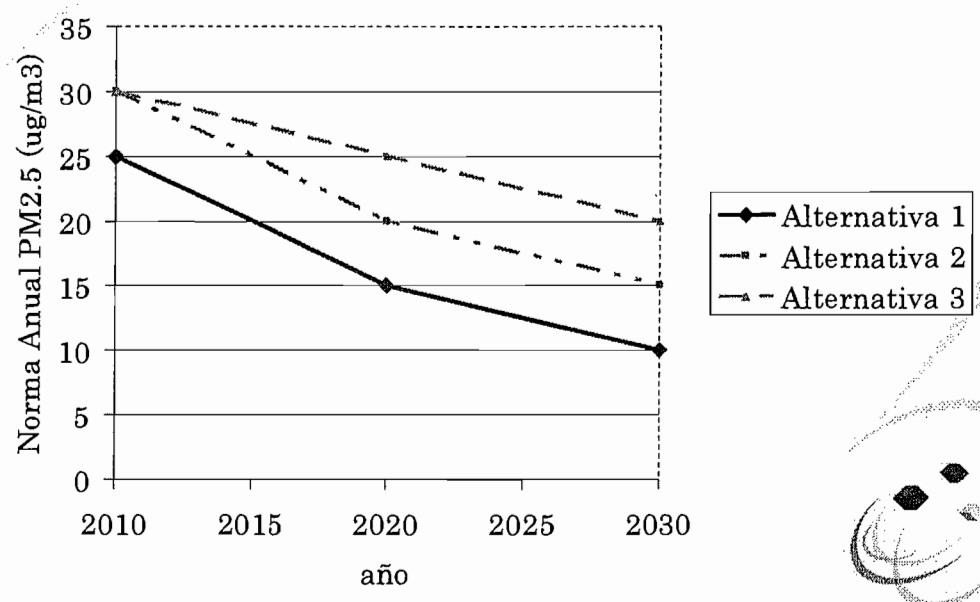
País	Año aplicación	Nivel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				Referencia
		PM10		PM 2.5		
		24-h	anual	24-h	anual	
EE.UU.	1996	150	50	65	15	(EPA 1997)
	2006	150	revocada	35	15	(EPA 2006)
Canadá	2010	120*	70*	30	15**	(Canadian Council of Ministers of the Environment 2000)
Newfoundland y Labrador, Canadá	2000	50	no hay	25	no hay	(Newfoundland and Labrador Government 2004)
California, EE.UU.	2002	50	20	25	12	(California Environmental Protection Agency 2002)
Ecuador	2003	150	50	65	15	(Ministerio del Ambiente de Ecuador 2003)
Australia	2004	50	no hay	25	8	(National Environment Protection Council of Australia 2003)
México	2005	120		65	15	(Secretaría de Salud de México 2005)
OMS	2005	50	20	25	10	(World Health Organization 2005)
OI-1		150	70	75	35	
OI-2		100	50	50	25	
OI-3		75	30	37,5	15	

## Situación normativa actual

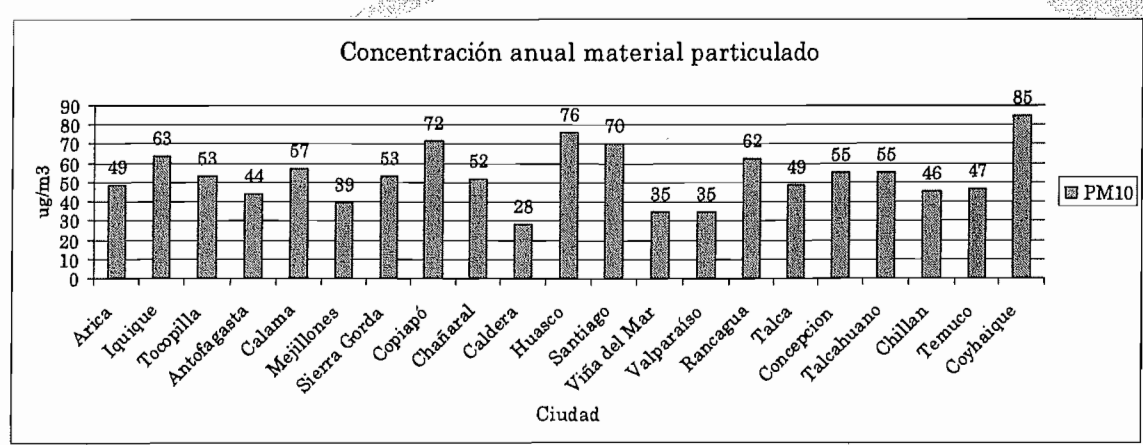
	Actual	2012
Norma PM10 diaria	150	120
Norma PM10 anual	50	50

# Análisis de alternativas de normas

## Gradualidad de implementación de normas



## Situación nacional PM10





GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

OF. ORD. N° 090211 /

ANT.: No hay

MAT.: Invita a Tercera Reunión de Comité Operativo de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino PM2.5

SANTIAGO, 20 ENE. 2009

DE: HANS WILLUMSEN ALENDE  
JEFE DEPARTAMENTO CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN  
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

A: SEGUN DISTRIBUCIÓN

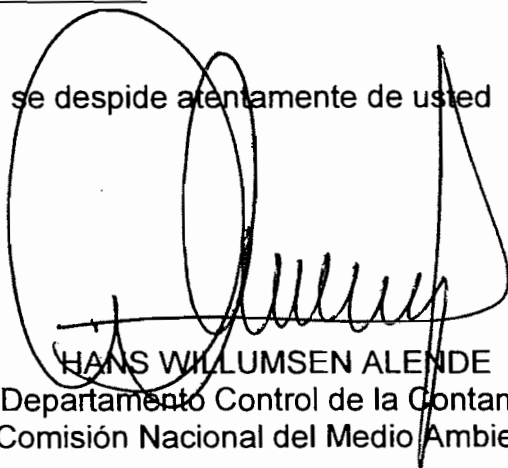
Mediante el presente, invito a usted a la tercera reunión de Comité Operativo de la Norma Primaria de Calidad para Material Particulado Fino MP2.5, a realizarse el día viernes 23 de enero de 2008, desde las 9:30 hasta las 11:30 hrs., en dependencias de CONAMA (Teatinos N° 258 - 5° Piso, Santiago Centro).

Los temas a tratar son:

- Resultados previos del Estudio "Análisis General de Impacto Económico y Social del anteproyecto de la norma de calidad primaria para PM2.5" realizado por DICTUC.
- Propuesta de CONAMA de Anteproyecto de Norma.
- Fecha próxima reunión.

Para confirmar asistencia puede tomar contacto con Maritza Jadrijevic, Departamento de Control de la Contaminación de CONAMA, cuyo teléfono es: 240 56 88 y correo electrónico: [mjadrijevic@conama.cl](mailto:mjadrijevic@conama.cl)

Esperando su asistencia, se despide atentamente de usted



HANS WILLUMSEN ALENDE  
Jefe Departamento Control de la Contaminación  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

HWA/G/S/MJG/DF/aat

Distribución:

- Sr. Hugo Lavados Montes, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- Sr. Julio Montreal, Representante Titular, Ministerio de Salud Pública
- Sra. María de la Luz Vásquez, Representante Titular Ministerio de Minería
- Sr. Pablo Badenier, Representante Titular, Ministerio de Obras Públicas
- Sr. Juan Escudero, Asesor SEMAT-Ministerio de Obras Públicas
- Sr. Pablo Salgado P, Representante Titular Subsecretaría de Transportes
- Sr. Teodosio Saavedra Morales, Representante Titular, Ministerio de Vivienda y Urbanismo
- Sra. Carolina Gomez, Representante Titular, Comisión Nacional de Energía
- Sra. Paola Giancaspero, Representante Titular, Intendente de la Región Metropolitana.
- Sr. Roberto Condori C., Representante Titular, Secretaría Regional Ministerial de Salud, Región Metropolitana
- Sr. Marcelo Fernández, Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana
- Sra. Patricia Matus, CENMA

## c.c.:

- División Jurídica, CONAMA
- División de Evaluación y Seguimiento Ambiental, CONAMA
- Educación Ambiental y Participación Ciudadana, CONAMA
- Archivo Dirección Ejecutiva, CONAMA
- Archivo Dpto. Control de la Contaminación, CONAMA