



A: - N. Fernández
- B. Pacheco.

Preparado por RMG
01/12/14



00165

MEMORÁNDUM N° 584 /2014

De : Sebastián Tolvet Caro
Jefe División de Calidad del Aire

A : Richard Vargas Narvaez
SEREMI M.A. Región del Biobío

Mat. Envía AGIES del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de Chillán y Chillán Viejo

Fecha : 26 de noviembre de 2014

Junto con saludarle, adjunto envío a usted el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de Chillán y Chillán Viejo, para su información y aprobación.

Dichos antecedentes fueron remitidos por la División de Información y Economía Ambiental del Ministerio.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

Sebastián Tolvet Caro
Jefe División de Calidad del Aire
Ministerio de Medio Ambiente

C.c.:
- Archivo de División de Calidad del Aire

01 DIC. 2014

1724.

**ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL PLAN DE
PREVENCIÓN Y DESCONTAMINACIÓN DE CHILLÁN Y CHILLÁN VIEJO POR MP₁₀
y MP_{2,5}**

Presentación

El presente informe corresponde al Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de Plan de Prevención Descontaminación Atmosférica de la comuna de Chillán y Chillán Viejo, en el cual se evaluaron los beneficios y costos de las medidas propuestas.

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y Emisión, así como planes de descontaminación y prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y en el Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación (D.S. N° 39/2012 del Ministerio de Medio Ambiente), se requiere de un AGIES de las propuestas normativas que sirva como apoyo al proceso de toma de decisiones, esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente, y aporta en las etapas de participación ciudadana y el pronunciamiento del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

1. Resumen

El presente informe presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) de la comuna de Chillán y Chillán Viejo. Este tiene como objetivo evaluar los costos y beneficios asociados a las medidas propuestas en el anteproyecto.

Las comunas de Chillán y Chillán Viejo registran concentraciones contaminantes que superan la norma diaria de MP_{10} y $MP_{2,5}$. En el caso del MP_{10} la norma anual no es superada, no obstante los niveles de concentración establecen que se encuentra en zona de latencia. El principal sector emisor es el residencial, aportando cerca del 90% de las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$. Consecuentemente, las medidas propuestas en este anteproyecto han sido diseñadas con énfasis en la emisión doméstica mediante: i) el mejoramiento térmico de viviendas, ii) el recambio por equipos más eficientes de calefactores, iii) la mejora en las condiciones de humedad de leña consumida y iv) la regulación del uso de artefactos que utilicen leña como combustible. Otras medidas contenidas en este plan incluyen restricciones para la operación de calderas industriales, quemas agrícolas y recambio de buses en el transporte público.

Los resultados del AGIES indican que:

- Las medidas propuestas logran reducir emisiones y concentración de contaminantes, cumpliendo las normas diarias y anuales de MP_{10} y $MP_{2,5}$ al año 2020¹.
- La reducción de emisiones atribuible a las medidas propuestas en el PPDA generan los siguientes beneficios cuantificados: reducción de los casos de mortalidad; reducción en los costos de salud; reducciones en el consumo de combustible. Los beneficios se estiman en US\$213 millones², para un horizonte de evaluación de 10 años. Es importante destacar que los beneficios totales se concentran en la disminución de mortalidad (84%).
- Los costos asociados a la implementación del plan, considerando un horizonte de evaluación de 10 años, ascienden a US\$55 millones y corresponden a: reacondicionamiento térmico de viviendas, subsidios para el recambio de calefactores, renovación de artefactos que utilicen leña como combustible y mejoramiento en la calidad de la leña.
- La valoración de los beneficios y costos del PPDA indica que la implementación es altamente rentable desde la perspectiva social. Los beneficios netos³ se estiman en US\$158 millones, lo que constituye una razón beneficio-costo⁴ de 3,9.

Los beneficios anuales en gastos en salud, si bien proporcionalmente bajos (3%), alcanzan los US\$6,4 millones. En términos distributivos se aprecia que los beneficios anualizados representan el 1% del ingreso mensual de un hogar del quintil de mayores ingresos, mientras que en el quintil de menores ingresos llegan a representar el 4%. Este análisis concluye que el PPDA de Chillán y Chillán Viejo es socialmente rentable y consistente con los compromisos del Ministerio de Medio Ambiente.

¹ La norma de concentración diaria de MP_{10} se cumple en 2016 y concentración diaria de $MP_{2,5}$ se cumple en 2020.

² Supuestos generales. Valor de la vida estadística=10.850 UF al año 2002 (Iragüen y Ortúzar, 2004), proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población / Tasa de descuento=6% / Horizonte de evaluación=10 años / Tipo cambio dólar: 600 CLP / Tipo cambio UF: 24.200 CLP.

³ Beneficios menos costos.

⁴ Beneficios sobre costos.

ÍNDICE

1. RESUMEN	2
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 EMISIONES EN LAS COMUNAS DE CHILLÁN Y CHILLÁN VIEJO.....	4
2.2 CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	5
2.3 MEDIDAS EVALUADAS	7
3. METODOLOGÍA.....	7
4. RESULTADOS	9
4.1 EFECTOS EN CALIDAD DEL AIRE.....	9
4.2 REDUCCIÓN DE EMISIONES Y DE CONCENTRACIONES	12
4.3 REDUCCIÓN DE EFECTOS A LA SALUD: CASOS EVITADOS.....	13
4.4 INDICADORES ECONÓMICOS	13
4.5 DISTRIBUCIÓN DE BENEFICIOS POR NIVEL SOCIOECONÓMICO	17
4.6 EPISODIOS CRÍTICOS.....	17
5. CONCLUSIONES.....	19
6. REFERENCIAS.....	20
7. ANEXOS.....	22
7.1 INVERSIÓN DEL ESTADO	22
7.2 RESULTADOS POR MEDIDA.....	23
7.3 FICHAS DE MEDIDAS EVALUADAS	25
7.3.1 <i>Referidas al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos</i>	25
7.3.2 <i>Mejoramiento térmico de las viviendas</i>	29
7.3.3 <i>Quemas agrícolas, forestales y domiciliarias</i>	31
7.3.4 <i>Calderas de uso residencial, industrial y comercial</i>	32
7.3.5 <i>Sector transporte</i>	33
7.3.6 <i>Gestión de episodios críticos</i>	34
7.4 MEDIDAS NO EVALUADAS.....	35
7.5 METODOLOGÍA AGIES.....	36
7.5.1 <i>Sinergias de medidas de reducción de emisiones</i>	36
7.5.2 <i>Beneficios en salud</i>	37
7.5.3 <i>Evaluación de costos</i>	39
7.6 VALORES UNITARIOS DE BENEFICIOS	41
7.7 COEFICIENTES DE RIESGO UNITARIO	41
7.8 FICHA DEL AGIES	42

2. Antecedentes

A través del Decreto Supremo N° 36 del 25 de marzo de 2013, el Ministerio del Medio Ambiente, declaró a las comunas de Chillán y Chillán Viejo Zona Saturada⁵ por Material Particulado Grueso (MP₁₀)⁶ y Fino (MP_{2,5})⁷, ambas como concentración diaria, y declara Zona Latente⁸ por Material Particulado Grueso, como concentración anual.

Esta declaración da conformidad al procedimiento y a las etapas señaladas en el artículo 44 de la ley 19.300, modificada por la Ley 20.417 del Ministerio Secretaría de la Presidencia y en el Decreto Supremo N° 39 de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente, que da origen a la elaboración de un Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférico para la ciudad de Chillán y Chillán Viejo, en adelante PPDA⁹. Mediante este instrumento el Estado busca resguardar el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, llevando los niveles de concentración de MP₁₀ y MP_{2,5} a niveles inferiores a los máximos establecidos en la normativa vigente.

Las comunas de Chillán y Chillán Viejo (en adelante la intercomuna), se encuentran ubicadas en la provincia del Ñuble, región del Biobío. La población conjunta estimada es de 211,8 mil habitantes (2013)¹⁰, quienes representan a los beneficiarios directos de la aplicación del PPDA, particularmente, aquella población del área urbana donde se presentan los mayores niveles de contaminación.

2.1 Emisiones en las comunas de Chillán y Chillán Viejo.

En la intercomuna, el mayor emisor corresponde al sector residencial asociado a la combustión de biomasa para calefacción y cocción. En efecto, en el caso de MP₁₀ explica el 86% de las emisiones totales, mientras que en el caso del MP_{2,5} llega a representar el 93% del total¹¹. La Tabla 1 presenta el inventario de emisiones por sector y contaminante.

⁵ Zona Saturada: Aquella en la que una o más normas de calidad ambiental se encuentra superada.

⁶ La normativa para MP₁₀, corresponde al D.S 59/1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica, que establece una concentración anual máxima de 50 mg/m³N y una concentración diaria de 150 mg/m³N.

⁷ La normativa para MP_{2,5} corresponde al D.S. 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece una concentración anual máxima permitida de 20 mg/m³N y una concentración diaria de 50 mg/m³N.

⁸ Aquella zona en que la medición de la concentración de contaminantes se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental.

⁹ Plan de Descontaminación es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada.

¹⁰ Proyecciones al 30 de junio de 2013, basadas en Censo 2002. Instituto Nacional de Estadística.

¹¹ Actualización de inventario de emisiones (Universidad de Concepción, 2012).

Tabla 1: Inventario de Emisiones comunas de Chillán y Chillán Viejo.

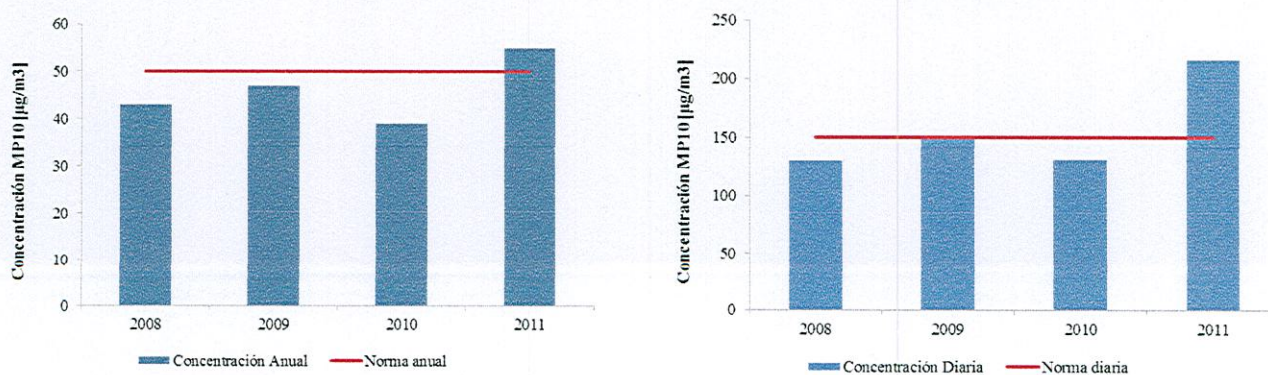
	MP ₁₀	MP _{2,5}	SO _x	NO _x	NH ₃	CO
Residencial	5.190	5.045	32	195	0	52.077
Quemas e Incendios Forestales	9	8	0	3	0	66
Fuentes Fijas	2.668	2.274	6.719	4.423	99	10.812
Móviles en ruta	25	-	20	574	12	2.784
Móviles fuera de ruta	33	-	2.715	406	0	12
Fugitivas	59	-	-	-	-	-
<i>Construcción Edificios</i>	38	-	-	-	-	-
<i>Construcción Caminos</i>	19	-	-	-	-	-
<i>Preparación de Suelos Agrícolas</i>	2	-	-	-	-	-
Otras	34	29	325	12	367	4
TOTAL	8.018	7.356	9.811	5.613	478	65.755

Elaborado propia sobre la base de Universidad Católica de Temuco (2009).

2.2 Concentración de material particulado

Las figuras siguientes exhiben las concentraciones anuales y diarias de MP₁₀ y MP_{2,5}. De acuerdo a los datos obtenidos por la estación de monitoreo INIA-Quilmapu, los niveles de concentraciones diarias y anuales para MP₁₀ fueron superadas en el año 2011. Cabe destacar que si bien el promedio trianual de concentraciones (2009-2011) no supera la norma, si establece que la intercomuna se encuentra en zona de latencia. Respecto al MP_{2,5}, se observa que en los tres años considerados (2009 a 2011) la norma diaria fue superada holgadamente, mientras que la norma anual es superada tanto en 2009 y 2010¹².

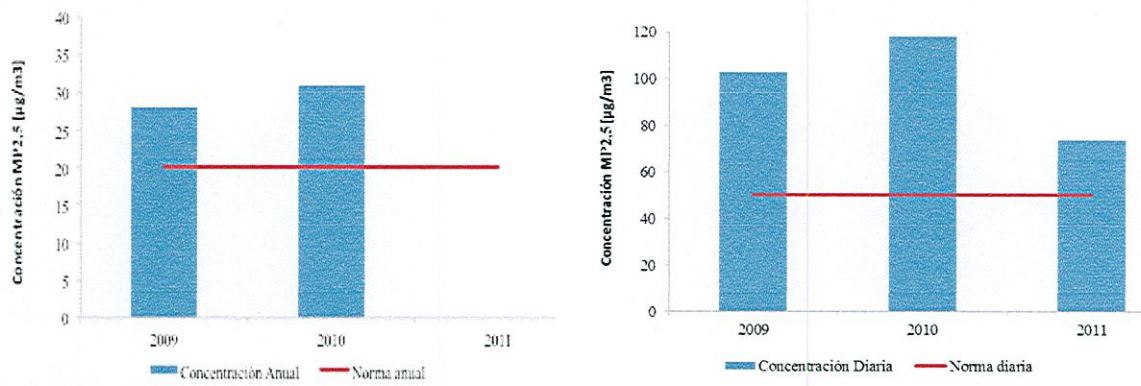
Figura 1: Concentración anual y diaria de MP₁₀ (2008-2011). Estación INIA-Quilmapu de Chillán



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío.

¹² Para el año 2011 no se cuenta con datos válidos para calcular el promedio anual

Figura 2: Concentración diaria de $MP_{2.5}$. (2008-2011). Estación INIA-Quilmapu de Chillán



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Seremi del Medio Ambiente Región del Biobío.

2.3 Medidas evaluadas

En la Tabla 2 se muestran las medidas establecidas en el anteproyecto del plan que serán consideradas en la evaluación económica del presente AGIES. Mayor detalle sobre las medidas y los resultados de la evaluación se presentan en las secciones 7.2 y 7.3 de Anexos.

Tabla 2: Resumen de medidas consideradas en la evaluación

Sector	Medida
Referidas al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos y leña	Recambio de calefactores a cumple norma
	Recambio a calefactores a pellet
	Prohibición de uso de chimeneas
	Requisitos para la comercialización de la leña y para su uso domiciliario
	Prohibición de calefactores que no cumplan la norma
	Prohibición de utilización de más de un artefacto por vivienda
Mejoramiento Térmico de las viviendas	Subsidios para acondicionamiento térmico de las viviendas existentes
	Aislación térmica para viviendas nuevas
Quemas	Prohibición de quemas con restricciones mensuales.
Fuentes Fijas	Límite de emisión para MP y SOx
	Compensación de emisiones en el marco del SEIA
Transporte	Recambio de buses del transporte público
GEC	En pre-emergencia : Restricción uso de calefactores y/o cocinas a leña (máx. 15 min) y el funcionamiento de calderas con potencia superior a 75 kWt y emisiones mayores que 30 mg/m ³ N durante las 24 hrs.
	En emergencia : Prohibición uso de calefactores y/o cocinas a leña y el funcionamiento de calderas con potencia superior a 75 kWt y emisiones mayores que 30 mg/m ³ N durante las 24 hrs.

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que para el proceso de elaboración de este AGIES algunas medidas no fueron consideradas. Esto, debido a la imposibilidad de encontrar efectos directamente cuantificables, o bien, debido a la inexistencia de información de línea base. Las medidas no evaluadas corresponden a las asociadas con la regulación de fuentes de calefacción institucionales y del comercio, programas de educación, campañas comunicacionales, programas de capacitación y extensión de ciclovías, entre otras. Mayor detalle de éstas se puede encontrar en la Sección 7.4 de Anexos.

3. Metodología

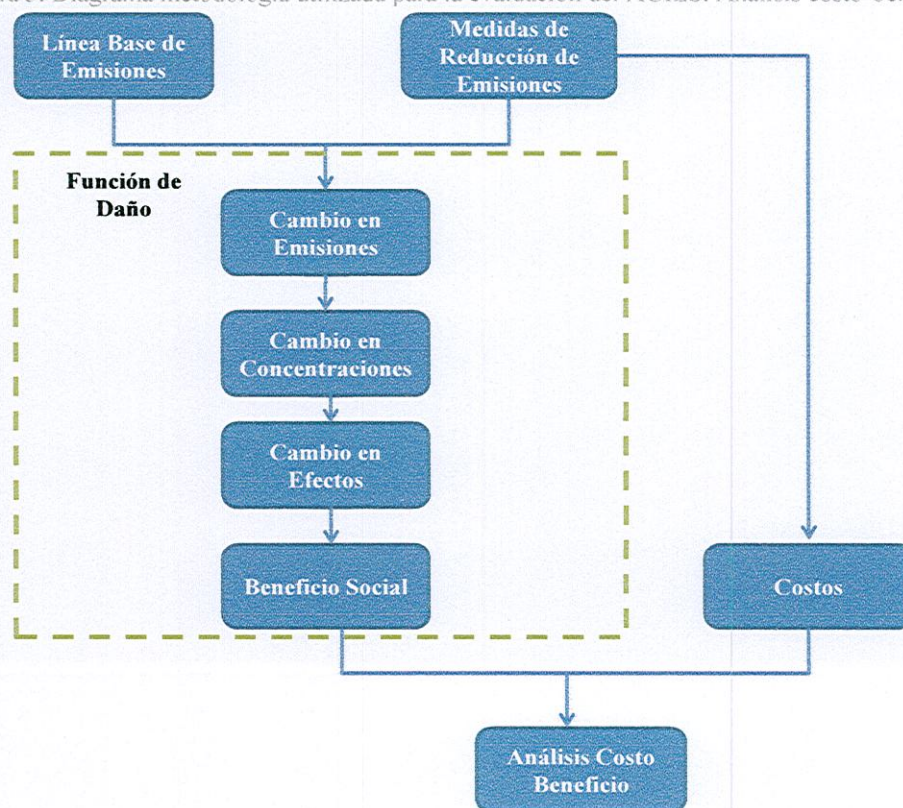
La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, ampliamente utilizado y recomendado en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Boardman *et al.*, 2006; Hanley and Spash, 1993; Layard and Glaister, 1994). La reducción de emisiones asociadas a Planes de Prevención o de Descontaminación Ambiental tiene efectos económicos, sociales y medioambientales que se resumen en

beneficios para los receptores de las emisiones y costos para el regulado, tópicos que serán abordados a continuación¹³.

El AGIES corresponde a una secuencia de análisis o modelos que permite relacionar cambios en las emisiones (asociado a la eficiencia de las medidas de reducción) de línea base con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados de la regulación. Por ello, el modelo integra una sección de emisiones, un modelo de emisión- calidad, modelo de concentración-respuesta basado en estudios epidemiológicos¹⁴ y un modelo económico de valorización. Paralelamente se integra la información de los costos de las medidas que pueden ser relacionados con los beneficios para completar el análisis costo-beneficio.

Es importante mencionar que las medidas del sector residencial fueron modeladas considerando las sinergias existentes entre ellas, producto de que a medidas que se aplican de forma secuencial, la reducción de emisiones de cada una va disminuyendo dado que son aplicadas sobre una base menor de emisiones¹⁵.

Figura 3. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio.



Fuente: Evaluación propia basado en (EPA 2000; MMA 2013)

¹³ Para mayor detalle de la metodología utilizada, referirse a la sección 7.5 del presente informe.

¹⁴ Epidemiología se define como el estudio de la distribución y determinantes de estados de salud o eventos en poblaciones determinadas y la aplicación de este estudio para controlar los problemas de salud. Fuente: Szklo, M. and F. J. Nieto (2014). Epidemiology: beyond the basics, Jones & Bartlett Publishers.

¹⁵ Por ejemplo, si dos medidas con eficiencias del 70% y 80% son aplicadas sobre una misma fuente emisora, el orden que implemente la medida afecta la efectividad de cada una de ellas, no así el valor de la reducción total de emisiones, que en este caso correspondería a $1 - (1-0,7) \cdot (1-0,8) = 0,94$.

Los beneficios valorizados asociados a las medidas del plan corresponden a impactos en la salud de la población expuesta producto de la disminución de concentración ambiental de $MP_{2,5}$ asociado a la reducción de emisiones de las fuentes reguladas. Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida.

Por otro lado, no han sido evaluados beneficios en visibilidad, en materiales, efectos sobre ecosistemas, disminución de gases de efecto invernadero, beneficios para la agricultura y suelos, imagen país, externalidades positivas asociadas a la educación ambiental, efectos en la salud en otras comunas del país y cobeneficios derivados de la reducción de *Black Carbon*¹⁶.

En relación a los costos, se incorporan lo relacionado a inversión y costos de operación, así como subsidios y costos de monitoreo y fiscalización.

Es importante mencionar que existen otras consideraciones adicionales a la efectividad económica, por lo que la decisión con respecto a la idoneidad de la política pública ambiental debe considerar este análisis sin transformar este criterio como el único para su aprobación (Fisher, 1991; Arrow, Cropper *et al.*, 1996). Por ello, estos resultados son tan solo un antecedente más para la toma de decisiones.

4. Resultados

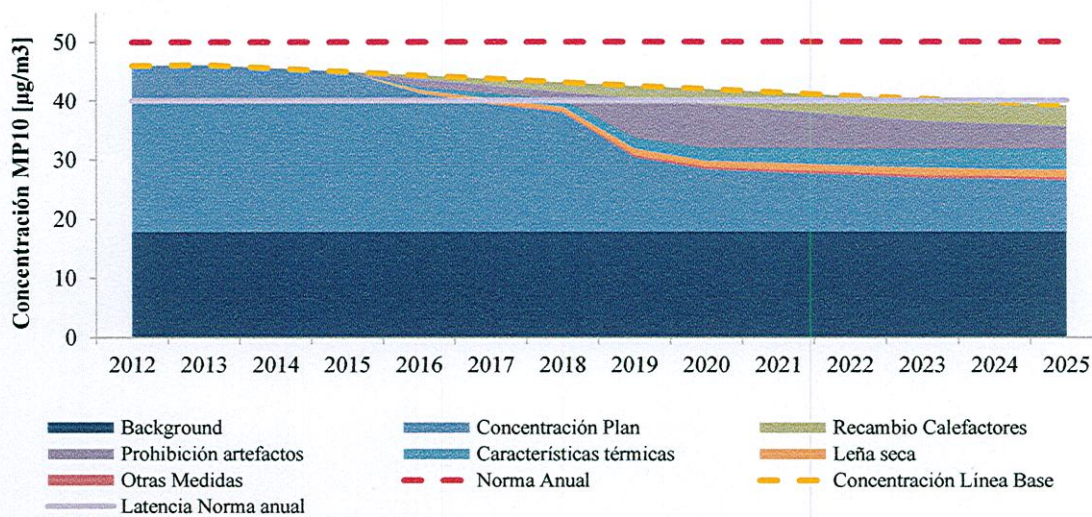
En esta sección se presentan los resultados del PPDA, exhibiendo tanto sus efectos sobre las emisiones y concentraciones atmosféricas, como sobre los costos de implementación, ahorros en combustible y beneficios en salud asociados (Metodología detallada en la sección 7.5 de los anexos).

4.1 Efectos en calidad del aire

Las siguientes muestran las reducciones estimadas de concentración atmosférica de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en su métrica anual, asociada a las distintas medidas evaluadas.

¹⁶ Es un agente capaz de afectar el clima, formado debido a combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Corresponde a carbón puro que absorbe calor en la atmósfera, con tiempo de residencia que va de días a semanas. Se asocia al aumento de la temperatura global.

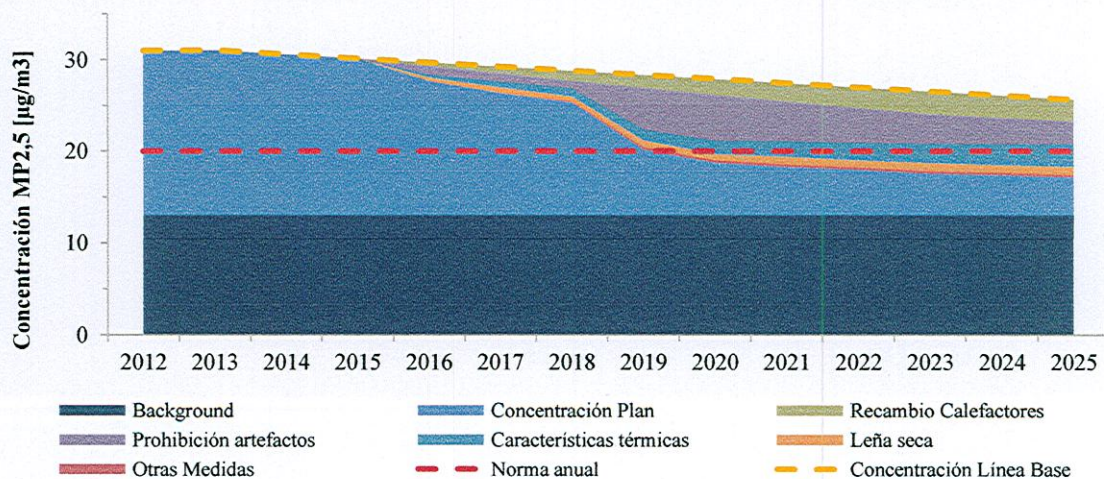
Figura 4: Evolución de concentración Anual de MP₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas.



Otras medidas incluye: Prohibición de quemas, límite de emisión calderas, compensaciones en el marco del SEIA y programa de recambio de buses de transporte público. *Background* corresponde a aquellas concentraciones que provienen de procesos locales naturales (McKendry, 2006). Se utiliza como referencia la estimación realizada para Talca-Maule (U de Concepción, 2014)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: Evolución de concentración Anual de MP_{2,5} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas.



Otras medidas incluye: Prohibición de quemas, límite de emisión calderas, compensaciones en el marco del SEIA y programa de recambio de buses de transporte público. *Background* corresponde a aquellas concentraciones que provienen de procesos locales naturales (McKendry, 2006). Se utiliza como referencia la estimación realizada para Talca-Maule (U de Concepción, 2014).

Fuente: Elaboración propia.

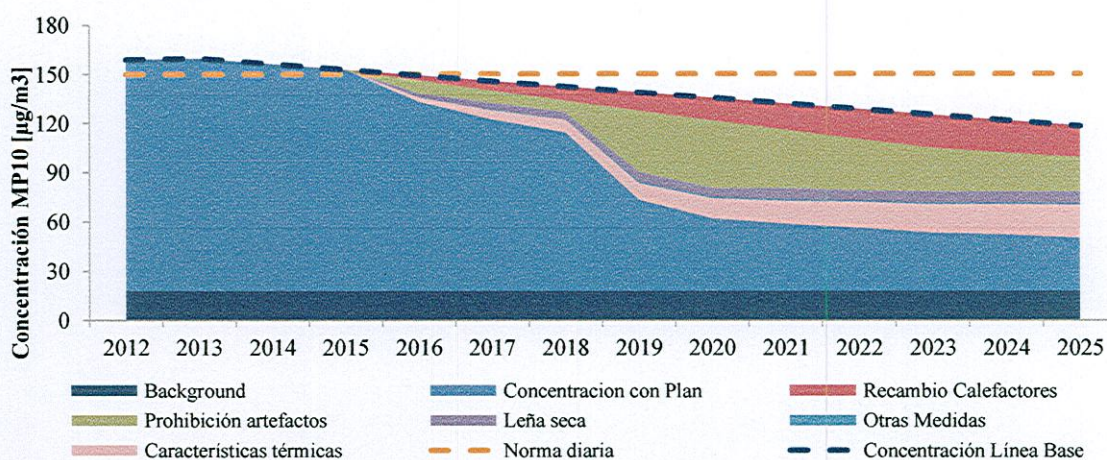
Como puede apreciarse, de acuerdo a la información disponible para 2012, la concentración de MP₁₀ anual se encuentra bajo la norma. No obstante, se destaca que con las medidas contenidas en el plan, la intercomuna dejaría la zona de latencia en 2017.

AGIES Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica Chillán y Chillán Viejo

La norma también se cumple para el caso del $MP_{2,5}$. Se puede observar el aporte de los diferentes sectores regulados en la disminución de concentraciones anuales. La prohibición de artefactos es la medida de mayor impacto, seguida por los recambios de calefactores y los subsidios de aislación térmica. De esta forma se estima que el cumplimiento de la norma anual de $MP_{2,5}$ se alcanzaría el año 2020, llegando a un mínimo de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ al finalizar la vigencia del plan.

A continuación se muestran las reducciones estimadas de concentración atmosférica de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en su métrica diaria, asociada a las distintas medidas evaluadas.

Figura 6: Evolución de concentración diaria de MP_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas.



Otras medidas incluye: Prohibición de quemas, límite de emisión calderas, compensaciones en el marco del SEIA y programa de recambio de buses de transporte público.

Background corresponde a aquellas concentraciones que provienen de procesos locales naturales (McKendry, 2006). Se utiliza como referencia la estimación realizada para Talca-Maule (U de Concepción, 2014).

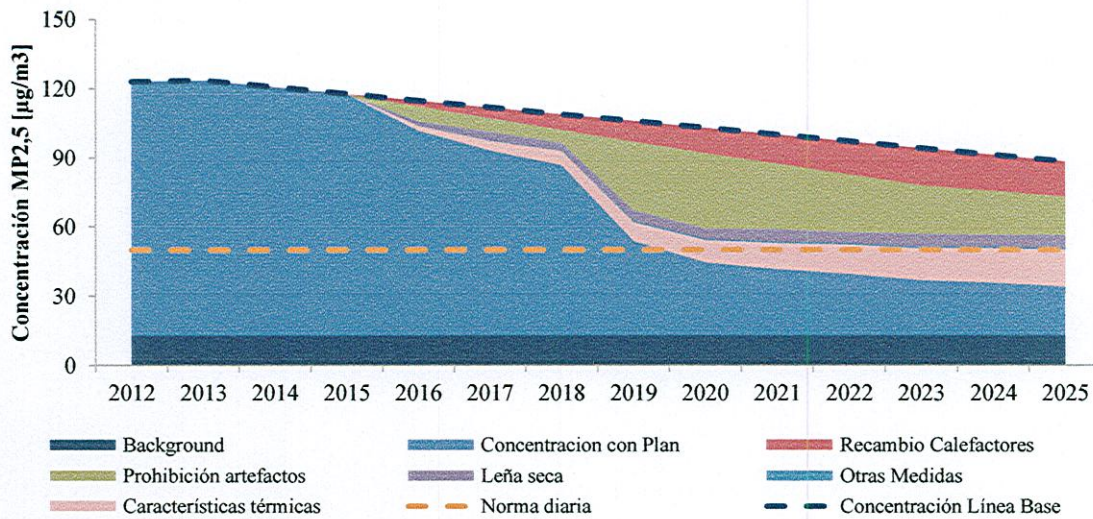
Fuente: Elaboración propia.

Las estimaciones muestran que la norma diaria de MP_{10} podría cumplirse a partir del año 2016 y llegar a una concentración mínima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ al finalizar el plan (2025). En el caso del $MP_{2,5}$ el cumplimiento se alcanzaría en el año 2020, cerrando el periodo del plan con una concentración ligeramente superior a los $34 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. Estos niveles suponen una amplia reducción de los niveles establecidos por la norma, cumpliéndose a cabalidad el objetivo impuesto por el PPDA.

Es importante considerar que la implementación de las medidas se establece desde el año 2016, asumiendo que es a partir de este año que entra en vigencia el plan. Por consiguiente, las medidas son evaluadas considerando el período 2016-2025.

Mayor detalle de las medidas y sus reducciones de emisión se encuentra en las secciones 7.2 de Anexos.

Figura 7: Evolución de concentración diaria de MP_{2,5} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], para línea base y reducción medidas.



Otras medidas incluye: Prohibición de quemas, límite de emisión calderas, compensaciones en el marco del SEIA y programa de recambio de buses de transporte público.

Background corresponde a aquellas concentraciones que provienen de procesos locales naturales (McKendry, 2006). Se utiliza como referencia la estimación realizada para Talca-Maule (U de Concepción, 2014).

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Reducción de emisiones y de concentraciones

En la

Tabla 3 se presentan las emisiones y concentraciones de MP_{2,5} de línea base asociadas a los sectores Residencial, Quemadas, Industria, Transporte y Fugitivas, así como las reducciones para el año 2025 derivadas de la implementación de las medidas del plan.

Tabla 3: Reducción de emisiones y concentraciones de MP_{2,5} con respecto a la línea base, año 2025

Sector	Línea Base 2025		Δ Año 2025		Reducción Sector	Reducción Total
	Emisiones [Ton/año]	Conc. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Δ Emisiones [Ton/año]	Δ Conc. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Δ Conc. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Δ Conc. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Residencial	4.939	11,32	3,619	8,29	73.3%	97.2%
Quemas	226	0,52	17	0,04	7.6%	0.5%
Industria	236	0,54	85	0,19	36.0%	2.3%
Transporte	35	0,08	3	0,01	7.6%	0.1%
Fugitivas*	91	0,21	0	0,00	0.0%	0.0%
Total	5.527	13	3.723	8,5	67%	100%

* Fuentes fugitivas incluye polvo caminos, polvo generado en actividades de construcción, preparación de suelos agrícolas, entre otras.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la reducción total de concentraciones al año 2025 alcanza al 67% respecto a la línea base. El sector que más reduce es por lejos el Residencial con 3,6 mil ton/año correspondiente al 97% del total. Esto se explica principalmente por: (i) el reacondicionamiento térmico de 20 mil viviendas vía subsidios (28%); (ii) el recambio de

diez mil equipos de calefacción por artefactos que cumplan la norma (27%); (iii) la prohibición de calefactores que no cumplan la norma (27%); (iv) y el cumplimiento de los requisitos de comercialización y consumo de leña seca¹⁷, pasando de un actual 20% a un 50% del consumo de leña total (11%). Las otras medidas aplicadas para este sector¹⁸ contribuyen en un 4% del total de reducciones.

Por su parte, el sector Industria lograría reducir en un 36% sus emisiones, contribuyendo con un 2,3% de la reducción total. Asimismo, los sectores de Quemados y Transporte, presentan reducciones cercanas al 8% respecto a su línea base. En conjunto reducirían cerca de 0,6% del total estimado.

4.3 Reducción de efectos a la salud: casos evitados

Para entender mejor los beneficios en salud anteriormente descritos, se exhiben a continuación los números de casos evitados al año 2025 y asociados a la menor concentración esperada de MP_{2,5} por tipo de evento. Para mayor detalle, los coeficientes de riesgo unitario y los valores unitarios por evento se presentan en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de Anexos.

Tabla 4.3. Número de casos evitados por tipo de evento (año 2025)

Evento	Tipo	Casos evitados (p50, IC 90%)
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	44 (29 - 65)
	<i>Asma</i>	1 (1 - 1)
Admisiones hospitalarias	<i>Cardiovascular</i>	12 (10 - 15)
	<i>Respiratorias crónicas</i>	2 (1 - 3)
	<i>Neumonía</i>	7 (2 - 12)
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1,067 (339 - 1,785)
	<i>Días laborales</i>	6,905 (4,117 - 11,512)
Productividad perdida	<i>Días de actividad restringida</i>	34,336 (18,213 - 56,413)
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	66,416 (37,613 - 111,36)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la EPA (2011) y de la EPA (2013).

Cabe destacar que los casos evitados de mortalidad se estiman en 44 para el año 2025 y en 357 para el período de vigencia del plan (2016 y 2025).

4.4 Indicadores económicos

A continuación se presentan los resultados de acuerdo a la metodología mencionada en la sección 3 y según los supuestos indicados en la sección 7 de anexos. Estos resultados se

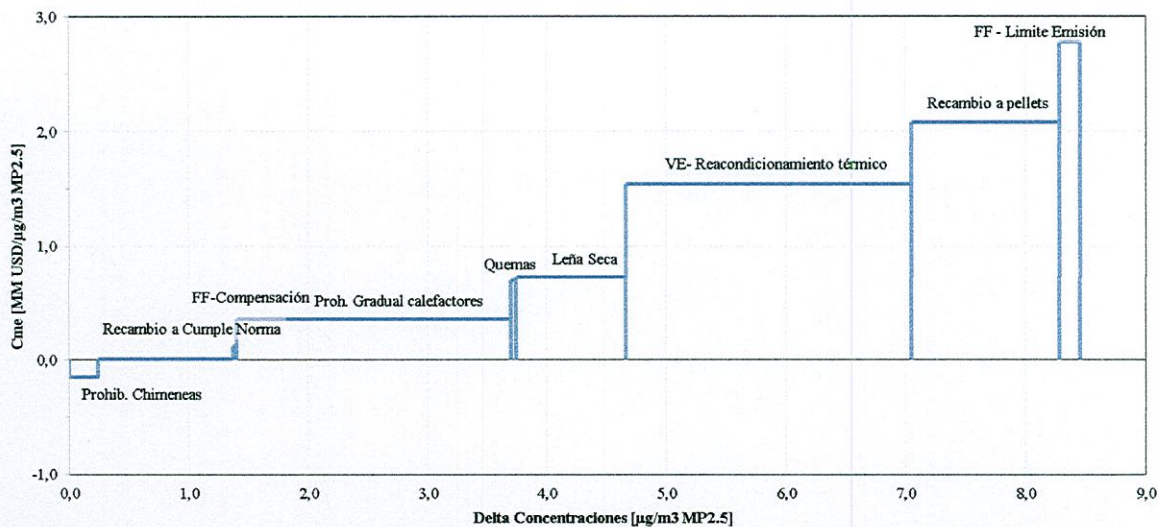
¹⁷ Se considera leña seca, aquella que posee un contenido de humedad < al 25%.

¹⁸ Prohibición de chimeneas, medidas de aislación para viviendas nuevas y prohibición de tenencia de más de un calefactor.

presentan según su costo medio, en millones de dólares por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$ reducido, considerando la inversión realizada y el diferencial de costos de operación y mantención¹⁹.

Se puede observar en la Figura 8 que la prohibición de chimeneas y recambio de calefactores (a cumple norma) corresponde al grupo de medidas más costo efectiva²⁰. La primera, generando un ahorro neto y la segunda generando una significativa reducción de $\text{MP}_{2,5}$.

Figura 8: Costo Medio de medidas [MM USD/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$], año 2025



El gráfico considera la inversión, costos variables y ahorros de operación anualizados, sin incluir los beneficios en salud. Los valores corresponden al año 2025, en que todas las medidas establecidas se encuentran vigentes. **Notas:** VE: vivienda existente, FF: fuentes fijas. Prohibición de calefactores incluye las medidas de prohibición de salamandras, cámara simple y otros artefactos que no cumplan norma. Subsidios térmicos incluye tanto viviendas que son objeto de subsidio PPPF como las que no lo son.

Fuente: Elaboración propia

La prohibición de uso de chimeneas y recambio de equipos de calefacción a cumple norma constituyen las medidas más costo-efectivas. La primera representa un ahorro neto. Los costos medios de estas medidas varían entre US\$ -0,15 y 0,005 millones. Asimismo, las compensaciones y restricciones de quemas, si bien representan una porción menor de la reducción, resultan ser medidas de bajos costos de implementación con US\$ 0,12 y 0,69 millones respectivamente. La prohibición gradual de calefactores y las mayores exigencias para la comercialización y consumo de leña son medidas que contribuyen significativamente a la disminución de concentraciones a un costo medio comparativamente menor y estimado en US\$0,36 y US\$0,73 millones respectivamente.

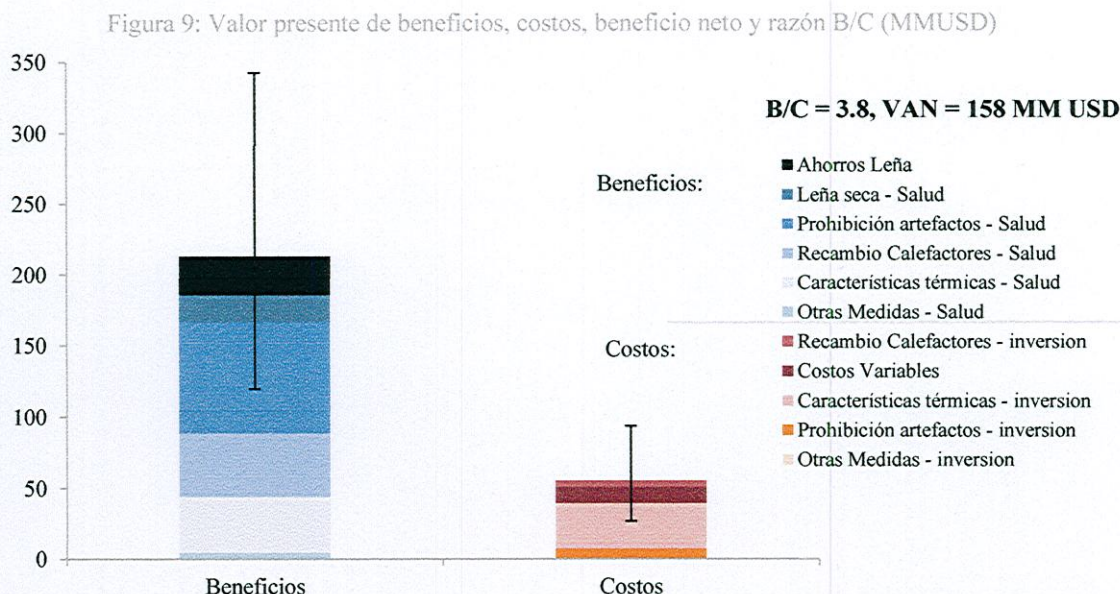
Por otra parte, el reacondicionamiento térmico y recambio de equipos a pellet son medidas con costos proporcionalmente más elevados (ambas superan el millón de US\$/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$), no obstante, ambas evidencia una contribución sustantiva en la reducción y en consecuencia, al cumplimiento del plan en tiempos acotados (2020 para la norma diaria en el caso del

¹⁹ Las medidas ubicadas a la izquierda de la figura serán más costo-eficiente dado que reduce la contaminación a un costo menor; por otro lado, el ancho de la medida en la horizontal indica la efectividad de la medida, es decir, la cantidad o potencial de concentración ambiental que es capaz de reducir.

²⁰ Utilizando datos de MINVU (2007)

MP_{2,5}). Es importante señalar que, aunque no está considerado en este análisis, , más allá de los ahorros de combustible, el reacondicionamiento térmico de las viviendas presenta importantes co-beneficios asociado al aumento del confort y bienestar de las familias que las habitan. Finalmente, el límite de emisión de fuentes fijas presenta un costo medio de US\$2,8 millones.

La Figura 9 y Figura 10 presenta en valor presente de los beneficios y costos asociados a la implementación del plan, así como la distribución de estos entre estado, privado, emisores y población en general.



El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 14.910 UF al año 2014, con IC al 90% de [10,345; 18,991] UF²¹. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2.9%. El beta utilizado (de largo plazo) para adultos sigue una distribución normal, con media de 0.93% y un IC al 90% de [0.47; 1.41]. Para los costos se asume una desviación de 30%. Valor presente considera flujos hasta año 2025. Costos Variables corresponde a los mayores costos de la leña seca, del uso de pellets, los costos de prohibición de quemas y costos de abatimiento en calderas industriales e institucionales.

Fuente: Elaboración propia.

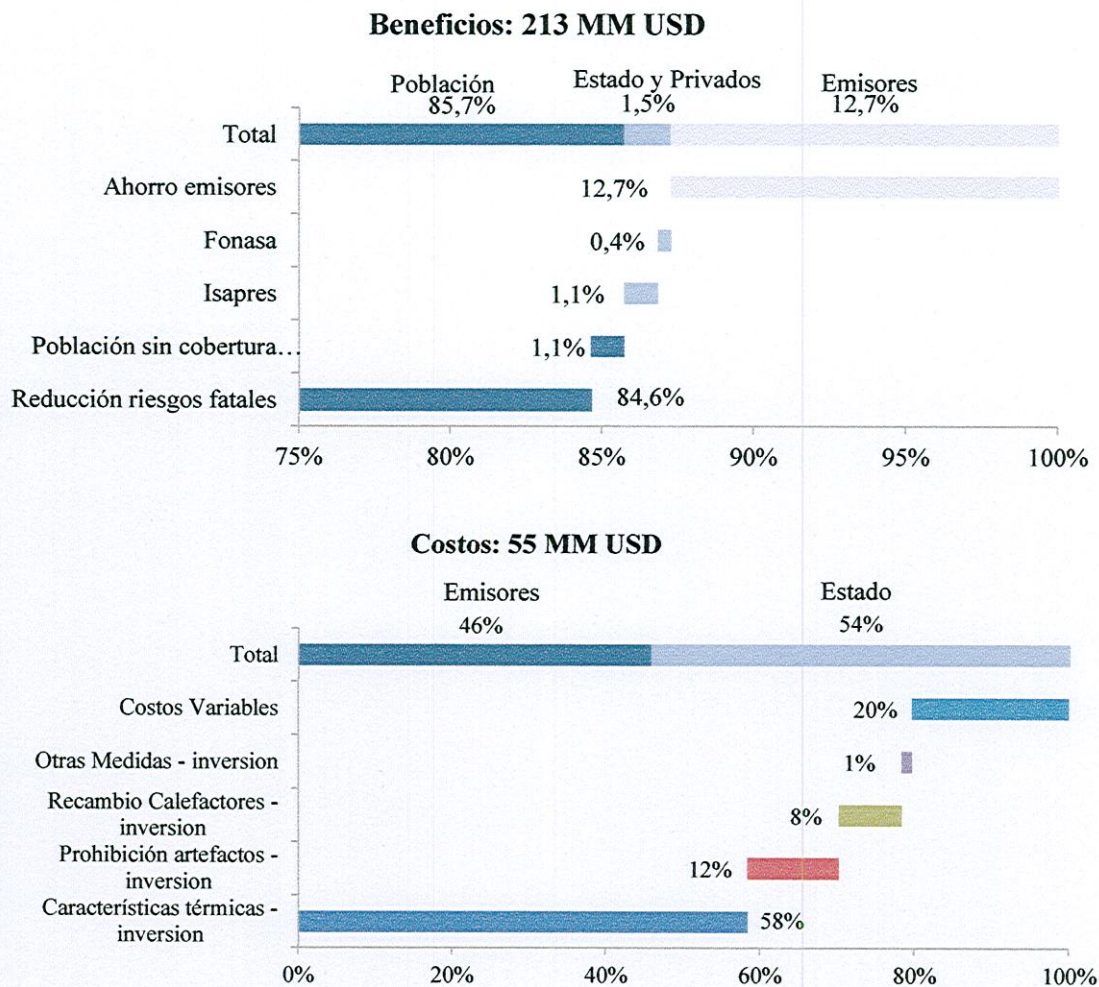
Como puede observarse, los beneficios superan ampliamente a los costos asociados al plan. En efecto, el beneficio neto se estima en US\$158 millones con un índice beneficio-costo equivalente a 3,8. Por el lado de los beneficio se constata que las mejoras en salud explican más del 84% del total, destacándose la prohibición de artefactos, el recambio de calefactores y el mejoramiento de las condiciones térmicas de las viviendas.

Los costos se estiman en US\$ 55 millones. Se aprecia claramente que la mayor fracción se explica por los subsidios destinados a mejorar las condiciones térmicas de las viviendas (20 mil durante la vigencia del plan). Otra porción relevante está asociada a los costos variables. Estos, incluyen los costos de abatimiento de calderas (calculado utilizando costos

²¹ MMA (2012). Nuevos Elementos para la Inclusión de la Distribución de Beneficios en la Elaboración de AGIES, Preparado por GreenLabUC, Licitación Pública 608897-143-LE11, para Ministerio del Medio Ambiente.

medios por tonelada), mayores costos de operación del uso de artefactos a pellets, mayor costo de la leña seca y el costo de la prohibición de quemas agrícolas.

Figura 10: Distribución de beneficios y costos



Fuente: Elaboración propia

La Figura 10 da cuenta que los beneficios se explican principalmente por la disminución en la mortalidad asociada a la contaminación y los ahorros derivados del consumo de combustible debido a la mayor eficiencia de los equipos nuevos y la menor demanda energética asociada a la aislación térmica. En conjunto, estos beneficios explican el 97% del total.

Respecto a los costos, se constata que es el Estado quien asume la mayor fracción del PPDA (54%). Esto, asociado a los subsidio a los recambios de calefactores y aislación térmica de las viviendas. Al observar la contribución por medida, se aprecia que del total, la aislación térmica de viviendas es la que concentra el mayor esfuerzo monetario (58%), seguido por el grupo de costos variables descritos arriba (20%). Le siguen los costos asociados a la prohibición de calefactores (12%) y los recambios de calefactores (8%).

4.5 Distribución de beneficios por nivel socioeconómico

Los beneficios económicos anuales asociados a salud (sin incluir mortalidad) valorizados a 2014 ascienden US\$ 0,72 millones. El 76% corresponde a beneficiarios Fonasa; el 9% a Isapres; 3% a particulares; y 10% a otros (FFAA y de Orden). Al distribuir estos beneficios por quintil de ingresos de la población de acuerdo a la participación de cada sistema previsional por quintil, se observa lo siguiente:

Tabla 5 Distribución de beneficios económicos en salud por quintil de ingresos

Quintil	Miles USD					Distribución
	Fonasa	Isapre	Otros	Particular	Total	
i	125.3	1.0	2.4	0.0	128.7	18.0%
ii	117.4	4.1	0.0	0.0	121.6	17.0%
iii	120.2	0.5	8.0	0.0	128.8	18.0%
iv	100.6	19.6	32.9	0.0	153.1	21.4%
v	85.4	44.4	30.1	23.0	182.9	25.6%
Total	549.0	69.6	73.4	23.0	715.1	20%

Fuente: Estudios de Impacto Social de la Ley de Seguro de Salud, N.º 2011

Se aprecia que los beneficios en salud (excluyendo disminución de mortalidad) tienen una mayor participación en los dos quintiles de mayores ingresos. En promedio, los beneficios anuales por hogar ascienden a US\$11,4, lo cual representa el 1% de los ingresos mensuales del primer quintil y el 4% de los hogares de quintiles de menores ingresos.

4.6 Episodios críticos

Los niveles que originan situaciones de emergencia ambiental para MP_{2,5} y MP₁₀ están establecidos en el D.S. N°12 del año 2011 y D.S. N°20 del año 2013 del Ministerio del Medio Ambiente. Los niveles para cada episodio son los siguientes:

Tabla 6 Niveles de concentración de MP₁₀ y MP_{2,5} para episodios críticos por Alerta

Nivel	Concentración 24 horas MP10	Concentración 24 horas MP2,5
Alerta	195-239	80-109
Preemergencia	240-329	110-169
Emergencia	330 o superior	170 o superior

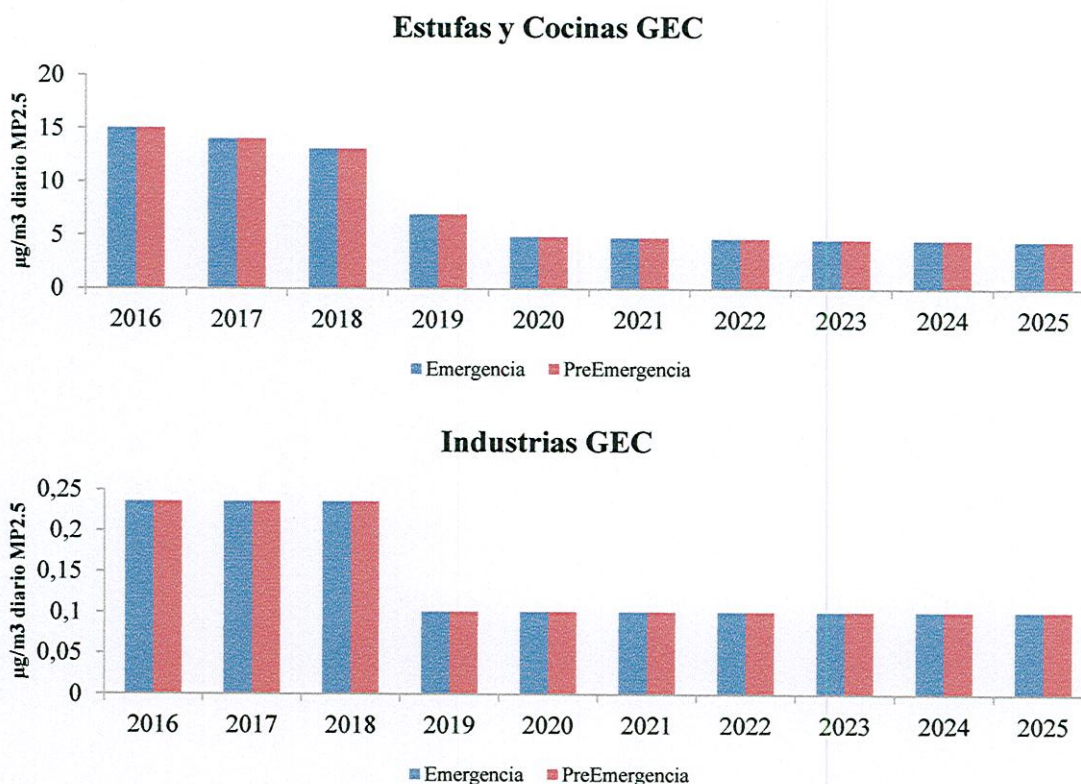
Fuente: D.S. N°12 del 12 de febrero de 2011 y D.S. N°20 del 20 de febrero de 2013

En el caso del presente plan de descontaminación, las medidas establecidas para episodios críticos que implican reducción de emisiones corresponden a la prohibición de humos visibles de calefactores y cocinas a leña y a la paralización de fuentes fijas (mayor detalle de las medidas se encuentra en la sección 7.3.6 de los anexos).

En la

Figura 11 se puede observar el impacto en las medidas estructurales del plan, las medidas de gestión de episodios críticos afectan a una menor cantidad de fuentes a medida que se implementa el programa de recambio de calefactores. El inicio de estas medidas está previsto para el año 2019 con el fin de generar una gradualidad en la aplicación de las medidas. Para el caso del límite de emisión de industrias los valores son bajos y se prevé que sean aún menores luego de que entren en régimen las medidas propuestas para este sector (mayor detalle de las medidas se encuentra en la sección 7.3.4 de los anexos).

Figura 11: Reducción de concentración diaria de MP2,5 para un episodio crítico. Estufas y cocinas e industrias.



*la implementación de la Gestión de episodios críticos en el Plan, corresponde a una decisión de aplicación gradual de las medidas propuestas.

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que las medidas asociadas a los episodios críticos no se contabilizan en los resultados del plan, ya que no corresponden a reducciones de emisión predecibles ni permanentes en el tiempo.

5. Conclusiones

Las comunas de Chillán y Chillán Viejo han sido declaradas zonas saturadas debido a la superación de la norma diaria de MP_{10} y $MP_{2,5}$. En ambos casos es el sector residencial el que más contribuye a las concentraciones contaminantes. Consecuentemente, las medidas propuestas en el anteproyecto apuntan precisamente a reducir las emisiones domésticas a través de subsidios para recambios de calefactores y mejoras de aislación térmica para viviendas. El plan contempla además medidas complementarias para quemas agrícolas, operación de calderas industriales e institucionales, y otras asociadas al recambio de buses del transporte público.

Para la evaluación del plan se realizó un análisis costo-beneficio, identificando, midiendo y valorando los beneficios en salud, los costos de las diferentes medidas y los ahorros generados en el sector residencial como consecuencia del menor consumo de combustibles. El análisis permite estimar que el beneficio total del plan es de US\$ 233 millones en valor presente. Estos beneficios se concentran principalmente en la reducción de riesgos fatales, los cuales explican el 84% del total. El restante corresponde a ahorros en consumo de leña y a costos evitados en tratamientos de enfermedades. Estos beneficios se obtienen principalmente por la aplicación de medidas en el sector residencial, cuyo aporte se traduce en una reducción del 97% del total de concentración de $MP_{2,5}$ al finalizar el PPDA.

Los beneficios económicos asociados a salud (sin incluir la disminución en la mortalidad), corresponden a US\$ 6,4 millones. Los beneficios anualizados permiten observar que para los hogares de mayores ingresos representan el 1% de sus ingresos mensuales, mientras que para el quintil de menores ingresos representan el 4% de los ingresos mensuales.

Los costos totales se estiman en US\$ 55 millones de dólares. Las medidas de prohibición de chimeneas y recambio de calefactores por uno que cumpla la norma de emisión son los que presentan menores costos medios, la primera traducéndose directamente en ahorro neto. Otras medidas altamente costo efectivas son la prohibición gradual de calefactores, el reacondicionamiento térmico y el recambio de calefactores a pellet. El costo medio de estas medidas va de los US\$0,36 a los US\$2,8 por $\mu g/m^3$ de $MP_{2,5}$ reducido. Se constata además que el PPDA es financiado principalmente por el Estado (54%), a través de subsidios a recambios y mejoramientos térmicos de viviendas.

Respecto a los niveles de concentración, las estimaciones sugieren que el cumplimiento del plan llevaría a que la zona logre salir de la saturación por norma diaria de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en el año 2016 y 2020 respectivamente. Se recomienda evaluar el desempeño del plan a lo menos después de cinco años de su comienzo, y en caso de requerirse, actualizar o incorporar nuevas medidas para asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental.

Es importante señalar que los resultados obtenidos en este análisis obedecen a la metodología y supuestos establecidos, por tanto, deben ser considerados solo como un antecedente más para la toma de decisiones. En lo futuro se espera reportar dentro de los AGIES los efectos distributivos a nivel de beneficios netos, género y pueblos originarios, además de informar acerca de los potenciales efectos asociados al cambio climático. Asimismo, se espera incorporar los impactos de las medidas de reducción sobre otros bienes públicos como biodiversidad, agricultura e infraestructura, entre otros.

6. Referencias

- Arrow, K. J., M. L. Cropper, et al. (1996). "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?" *Science* **272**(5259): 221-222.
- Boardman, A. E., D. H. Greenberg, et al. (2006). Cost-benefit analysis: concepts and practice, NJ: Prentice Hall.
- DICTUC (2008). Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región, Encargado por Gobierno Regional Región del Libertador Bernardo O'Higgins.
- EPA (2000). Guidelines for preparing economic analyses. Washington, DC, US Environmental Protection Agency.
- Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."
- Hanley, N. D. and C. L. Spash (1993). Cost-Benefit Analysis and the Environment, Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.
- Layard, R. and S. Glaister (1994). Cost-Benefit Analysis. Cambridge University Press. London.
- MIDEPLAN (2011). Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos, División de Planificación. Santiago, Chile.
- MMA (2011). Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011. Elaborado por AMBIOSIS., Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2012). Nuevos Elementos para la Inclusión de la Distribución de Beneficios en la Elaboración de AGIES, Preparado por GreenLabUC, Licitación Pública 608897-143-LE11, para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2013). Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire, Preparado por GreenLabUC para Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental. Chile, Ministerio del Medio Ambiente.
- Noel de Nevers, J. R. M. (1975). "Rollback Modeling: Basic and Modified." Journal of the Air Pollution Control Association **25**(9): 943-947.

Sistam (2013). Generación de Antecedentes Técnicos y Económicos para la Elaboración de una Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión en el Sector Industrial, Comercial y Residencial, Solicitado por Ministerio del Medio Ambiente, ID licitación 608897-60-LE13.

SISTAM Ingeniería (2014). Emisiones y Costos de Abatimiento para el Sector de Quemadas Agrícolas. Informe Final: 139.

Szklo, M. and F. J. Nieto (2014). Epidemiology: beyond the basics, Jones & Bartlett Publishers.

T. Y. Chang, B. W. (1975). "Generalized Rollback Modeling for Urban Air Pollution Control." Journal of the Air Pollution Control Association 25(10): 1033-1037.

7. Anexos

7.1 Inversión del Estado

La Tabla 7 muestra una estimación de la inversión en la que debería incurrir el estado por concepto de subsidios establecidos en el plan.

Tabla 7. Inversión de subsidios por concepto de subsidio

	<i>Valor unitario (CLP Míles)</i>	<i>Monto subsidiado (CLP Míles)</i>	<i>Nº subsidios al año</i>	<i>Monto total subsidiado por año (CLP Millones)</i>	
Recambio a artefactos cumple norma	384,8	346,3	625	216,5	*625 recambios al año por 8 años
Recambio a artefactos a pellet	1,072,7	965,4	625	603,4	*625 recambios al año por 8 años
Aislación Térmica de viviendas	3,597,398	2,338,309	1,100	5.179,0	*1.000 subsidios al año por 10 años a viviendas con avalúo < a 650 UF y 1.000 subsidios al año para viviendas con avalúo ≥650
TOTAL				5.999	

Unidad de moneda: CLP Míles

Supuestos: Se asume un costo de 240.000 CLP por unidad de aislamiento térmico en el equivalente completo (energía de 5,5 m² de aislamiento térmico de 0,15 m de espesor) y subsidio de 200.000 CLP por unidad de subsidio. Se asume un costo de 600.000 CLP por unidad de subsidio y un costo de 1.000.000 CLP por unidad de subsidio. Se asume un costo de 340.000 CLP por unidad de subsidio y un costo de 1.000.000 CLP por unidad de subsidio.

7.2 Resultados por medida

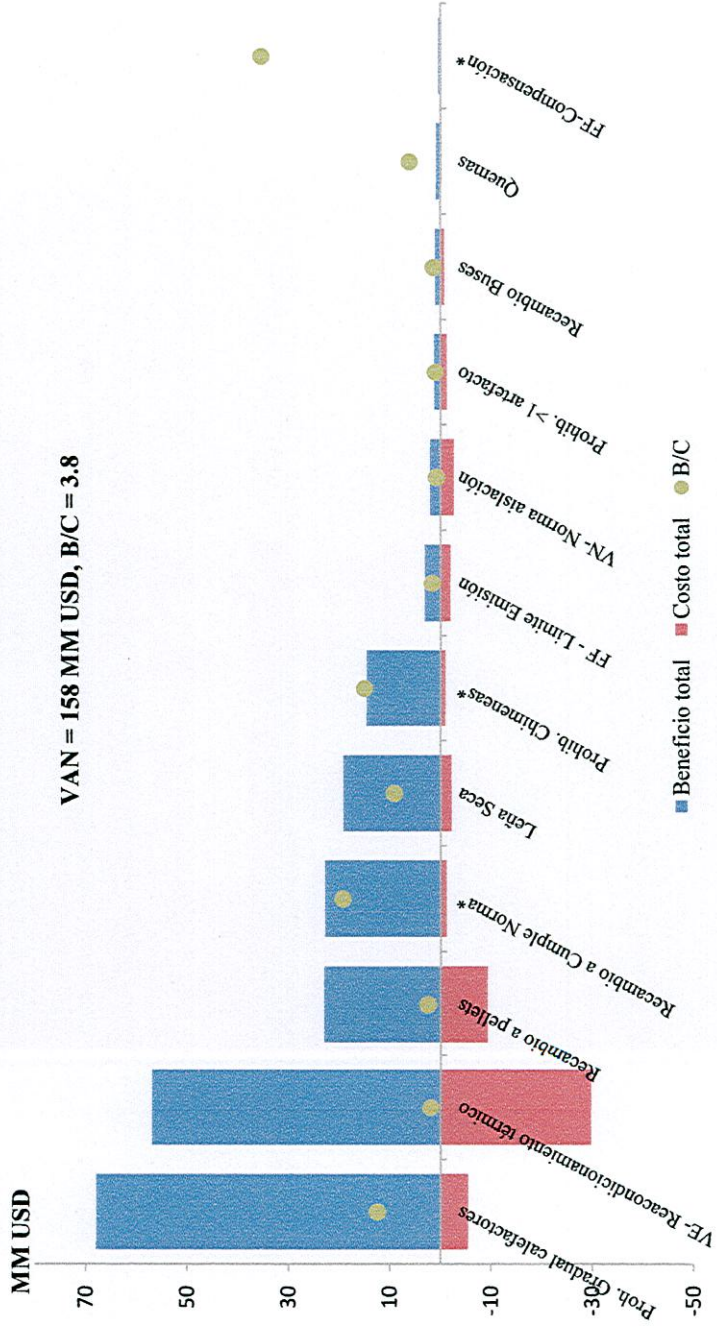
La Tabla 8 y la Figura 12 muestran los costos, beneficios e indicadores económicos para las medidas evaluadas.

Tabla 8: Resultados por medida, VNI USD, valor presente

	Costos Variables Netos			Costos Inversión			Beneficios Salud	VAN Medidas	Beneficio Total	Costo Total	Razón B/C
	Privado	Estado	Privado	Privado	Estado	Total					
Leña Seca	2	0	0	0	0	19	17	19,2	2,1	9	
Proh. Gradual calefactores	-3	0	5	0	0	65	63	67,9	5,5	12	
FF - Limite Emisión	2	0	0	0	0	3	1	3,1	1,9	2	
Recambio Buses	-1	0	0	0	1	0	0	1,0	0,7	1	
Recambio a Cumple Norma	-2	0	0	0	1	21	22	22,8	1,2	19	
Recambio a pellets	6	0	0	0	3	23	14	23,0	9,3	2	
Prohib. Chimeneas	-2	0	1	0	0	12	14	14,6	0,9	15	
Prohib. >1 artefacto	1	0	0	0	0	1	0	1,2	1,2	1	
VE- Reacondicionamiento térmico	-18	0	4	25	0	39	27	56,9	29,7	2	
VNI- Norma aislación	-1	0	3	0	0	1	-1	2,0	2,6	0,8	
Quemas	0	0	0	0	0	1	1	0,8	0,1	6	
FF-Compensación	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,01	35	
Total	-16	0	14	30	0	186	158	213	55	4	

Notas: VN: vivienda nueva, VE: vivienda existente; FF: Fomento de eficiencia energética; Prohibición de calefactores incluye las medidas de prohibición de salinidad del calentador simple y otros artefactos que no cumplen norma. Subsidios recibidos incluye tanto viviendas que son objeto de subsidio PPPF como las que no lo son.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Resultados por medida para MP2,5



Fuente: Elaboración Propia

El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 14,910 UF al año 2014 y se proyecta con una tasa de crecimiento del 2.9%. El beta utilizado (de largo plazo) para adultos sigue una distribución normal, con media de 0.93%. Valor presente considera flujos hasta año 2030.

*: B/C superior a 15.

7.3 Fichas de medidas evaluadas

7.3.1 Referidas al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos

Norma Emisión Calefactores (LB)			
Norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa, D.S. N° 39, de 2011, Ministerio del Medio Ambiente.			
Descripción	Potencia (kW)	Emisión de MP (gr/h)	Eficiencia (%)
	Menor o igual a 8	2.5	70
	Mayor a 8 y menor o igual a 14	3.5	70
	Mayor a 14	4.5	70
Nota: Valores de normativa consideran leña seca.			
Supuestos de evaluación	Vida útil equipos de calefactor: 20 años		
Resultados	Se puede abastecer 10 m2/kW. Distribución de potencia en base a m2 viviendas, en que m2 viviendas se obtienen de encuesta CASEN.		
Referencias Bibliográficas	La reducción de emisiones no se atribuye al plan, si no que se consideran parte de la línea base.		
	Nch3173-2009, FE: (DICTUC 2008).(MMA 2013)		

Prohibición al uso de Calefactores

Descripción

Se prohíbe el uso de chimeneas de hogar abierto. Vigencia: Desde la publicación del decreto.

Se prohíbe el uso de calefactores a leña tipo salamandras o cámara simple. Vigencia: Transcurridos tres años desde la publicación del decreto.

Se prohíbe el uso de calefactores que no cumplan con la norma de emisión para calefactores nuevos de combustión de biomasa, D.S N° 39, de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Vigencia: Desde el año 2020.

Se prohíbe el uso de más de un calefactor a leña por vivienda. Vigencia: Desde la publicación del decreto.

Cumplimiento:
 Chimeneas: 100%.
 Calefactores hechizos y Salamandras: 80%
 Calefactores no cumple norma: 80%

Supuestos

Valor calefactor	
Doble Combustión 2.5 g/h	15,5 UF/eq
Equipo Pellets	44,13 UF/eq

Vida útil equipos de calefacción: 20 años

Resultados

Medida	Reducción MP2,5		Beneficios Salud	Costo Variable Neto	Inversión	CMe
	Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5
Proh. Chimeneas	102,9	0,24	12,5	-2,1	1,0	-0,15
Proh. Gradual calefactores	1.004,1	2,3	64,5	-3,5	5,5	0,36
Proh. más de un calefactor por vivienda	7,3	0,02	1,2	1,1	0,1	7,61

Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.

CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.

Referencias Bibliográficas

(MMA 2013a)

Programa de recambio de artefactos a leña

Descripción

Se ejecutará anualmente un programa de recambio voluntario de calefactores que combusionen leña en la zona saturada. El programa contemplará el recambio de al menos 10.000 calefactores, de ellos al menos 5.000 serán recambiados por sistemas que utilicen un combustible distinto a la leña (pellet).

Vigencia: Desde la publicación del plan.

5.000 recambios de calefactores que cumplan la norma (D.S. N° 39 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente)

5.000 recambios por calefactores a pellet.

Valor equipo cumple norma: 15,5 UF/eq

Valor equipo pellet: 44,13 UF/eq

Costo chatarrización equipo recambiado: 0,517 UF/eq

Vida útil equipos de calefacción: 20 años

Supuestos

Copago beneficiario: 10% para equipos que cumplen norma y equipos pellets.

Línea base de subsidios Chillán y Chillán Viejo:

Año	Cantidad
2011	-
2012	390
2013	-

Fuente: División de Calidad del Aire, MMA.

Resultados

Medida	Reducción MP2,5		Beneficios Salud	Costo Variable Neto	Inversión	CMe
	Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	MM USD/µg/m3 MP2.5
Recambio a Cumple Norma	494,4	1,13	21	-1,6	1,2	0,005
Recambio a pellets	537,3	1,23	23	6,0	3,3	2,08

Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.

CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.

(MMA 2013a)

Referencias Bibliográficas

7.3.2 Mejoramiento térmico de las viviendas

Subsidio al acondicionamiento térmico de viviendas existentes							
Durante el período de duración del PPDA, la SEREMI de Vivienda y Urbanismo entregará al menos 1.000 subsidios anuales para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes bajo el Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Asimismo, entregará 1.000 subsidios anuales para aquellas viviendas existentes que no son objeto del PPPF.							
Descripción	La envolvente de la vivienda deberá cumplir con lo siguiente:						
	- Transmitancia térmica para el Complejo de Muros Perimetrales con $U \leq 0,45$ W/m ² K						
	- Transmitancia térmica para el Complejo de Techumbre con $U \leq 0,28$ W/m ² K						
	- Transmitancia térmica para el Complejo de Pisos Ventilados con $U \leq 0,6$ W/m ² K						
	- Transmitancia térmica para el Complejo de Puertas con $U \leq 2,8$ W/m ² K						
	- Transmitancia térmica para ventanas con $U \leq 5,8$ W/m ² K						
	- Sellado de infiltraciones de aire en puertas y ventanas.						
	Vida útil Aislación Térmica: 25 años.						
	700 subsidios anuales desde 2016 a 2025, con un total de 20.000 subsidios en 10 años.						
	Un 50% de los subsidios a viviendas < 650UF y 50% para viviendas ≥ 650 UF.						
Vidriado simple con U de 5,8 W/m ² K							
Costos: Se utiliza un costo promedio ponderado equivalente a 126,8 UF (107,2 UF para viviendas < 650 UF y 160,2 UF para viviendas ≥ 650 UF).							
Se asume subsidio de 100% en viviendas PPPF y de 70% en viviendas que no son objeto del PPPF.							
No se evalúa extracción de aire en baño y cocina, ni superficie de ventanas por orientación.							
Supuestos	Línea base de subsidios Chillán y Chillán Viejo:						
			Año	Cantidad			
			2009	503			
			2010	333			
			2011	700			
			2012	568			
			2013	1.153			
Fuente: División de Calidad del Aire, MMA.							
Resultados	Medida	Ton/año	µg/m³	Beneficios Salud MM USD	Costo Variable Neto MM USD	Inversión MM USD	CMe USD/µg/m³ MP2.5
	Reacondicionamiento Térmico	1.044,7	2,39	39	-18	30	1,54
	Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.						
CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.							
Referencias Bibliográficas	(MINVU 2007), (MMA 2013a), (GreenLabUC 2013)						

Aislación térmica viviendas nuevas

Las viviendas nuevas que se construyan en la zona saturada deberán acreditar el cumplimiento de los siguientes estándares:

Muro	Piso Ventilado	Ventanas	Techumbre	Puertas
U	U	U	U	U
W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
0,45	0,6	5,8	0,28	2,8

Descripción

Las viviendas deberán contemplar ventilación mecánica centralizada, dimensionada a través de la norma NCh 3308 o NCh 3309, según corresponda.

Las infiltraciones de aire de la vivienda no deberán superar las 2 ach medidas a 50Pa. Las ventanas y puertas no deberán superar las 10 m³/h m² medidas a 100Pa.

Plazo: 12 meses luego de publicado el PPDA en el Diario Oficial

Vida útil Aislación Térmica: 25 años.

Supuestos

Entrada en vigencia del PPDA: 2016.

La restricción de superficie de ventanas por orientación no fue evaluada, debido a la falta de información de línea base.

Resultados

Medida	Reducción MP2,5		Beneficios Salud	Costo Variable Neto	Inversión	CMe
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP2.5
Aislación térmica viviendas nuevas	27,9	0,06	0,9	-1,1	2,7	7,95

Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.

CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.

Referencias Bibliográficas

(MMA 2013), (GreenLabUC 2013)

7.3.3 Quemias agrícolas, forestales y domiciliarias

Quemias agrícolas, forestales y domiciliarias							
Descripción	<p>Se prohíbe dentro de la zona saturada, el uso del fuego para la quema agrícola o de rastrojos, y de cualquier tipo de vegetación viva o muerta, en los meses de mayo y septiembre.</p> <p>Plazo: A partir del segundo año de publicación del Decreto en el Diario Oficial</p> <p>Sólo se consideran los datos reportados a CONAF como quemias legales (no se consideran quemias ilegales ni incendios forestales), por lo que esta medida podría tener un potencial de reducción de emisiones mayor.</p>						
Supuestos	<p>Se utilizaron los FE extraídos de (MMA 2011a) ponderados por Ciudad de acuerdo a la participación de las especies producidas en cada una según datos de (INE 2012).</p> <p>Se asume como línea base la restricción a las quemias para los meses de enero y febrero.</p>						
	Reducción MP2,5		Beneficios Salud	Costo Variable Neto	Inversión	CMe	
	Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	MM USD/µg/m3 MP2.5	
Resultados	Quemias agrícolas	17,3	0,04	0,8	0,1	0	0,70
	<p>Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.</p> <p>CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados. Las proyecciones consideran un 100% de cumplimiento, se considera el uso de tecnología alternativa y no la postergación de la quema.</p> <p>Se trabajó con los datos de 2011 para la proyección de la línea base y cómo tasa de proyección se utilizó la variación anual promedio de los últimos 3 años.</p> <p>Costos en base a SISTAM, 2014.</p>						
Referencias Bibliográficas	CONAF, Reporte Situación Especifica de Avisos (GEOREF) del Sistema de Asistencia a Quemias Controladas, (INE 2012), (MMA 2011a), (MMA 2013a), (SISTAM Ingeniería 2014)						

7.3.4 Calderas de uso residencial, industrial y comercial

La base de datos utilizada corresponde al estudio (Sistam 2013).

Límite de emisión calderas nuevas y existentes

Las calderas nuevas, menores a 75 kWt, deberán cumplir con los límites máximos de emisión que se indican a continuación:

Potencia Térmica	MP (mg/Nm ³)	Eficiencia (%)
< 75 kWt	50	≥90

Plazo: a partir de la publicación del decreto en el diario oficial.

Las fuentes nuevas y existentes con potencia mayor o igual a 75 kWt hora deberán cumplir los siguientes límites de emisión para Material Particulado.

Descripción

Potencia Térmica	Límite Máximo de MP	
	Caldera existente	Caldera nueva
≥ 75 kWt a <300 kWt	100	50
≥ 300 kWt a < 1 MWt	50	50
≥ 1 MWt a < 3 MWt	50	30
≥ MWt a < 20 MWt	50	30
≥ 20 MWt	30	30

Plazo: Para calderas existentes en un máximo de 36 meses desde la publicación del decreto. Para calderas nuevas a partir de la publicación del decreto en el diario oficial.

Para estimar los costos de esta medida se utilizan los siguientes costos medios por tonelada:

Contaminante	UF/ton	USD/ton
MP2,5*	6,4	274,5
SOx**	84,6	3.629,3

Supuestos

*: Se asume uso de precipitador electrostático húmedo.

** : Se asume uso de desulfurizador de Gases de Salida.

Medida	Reducción MP2,5		Beneficios Salud	Costo Variable Neto	Inversión	CMe
	Ton/año	µg/m ³	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m ³ MP2,5
Límite de emisiones MP.	73,8	0,17	3,1	2,0	0	2,78

Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.

CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.

Referencias Bibliográficas

(USEPA 2010)

7.3.5 Sector transporte

Programa de renovación de buses							
Descripción	<p>Recambio de un mínimo de 146 buses en un periodo de 5 años, para la zona saturada</p> <p>Se considera un recambio de 29 buses anuales entre el año 2015 y 2018, y 30 buses en el año 2019.</p> <p>Tasa de recambio natural de 4%.</p>						
Supuestos de evaluación	<p>El estándar de entrada corresponde a buses Euro V, se asume una vida útil de 15 años</p> <p>Se considera un costo de chatarrización de 50 UF por bus, asumido por el estado.</p> <p>Se estima un monto subsidiado de 4.5 millones de pesos (~194 UF) por bus, y un costo de inversión para el privado igual a cero.</p>						
Resultados		Reducción MP2,5		Beneficios Salud	Costo Variable Neto	Inversión	CMe
	Medida	Ton/año	µg/m3	MM USD	MM USD	MM USD	USD/µg/m3 MP2.5
	Transporte	2,7	0,01	0,2	-0,8	0,7	5,71
	<p>Reducción de emisiones, concentración corresponden al año 2025.</p> <p>CMe corresponde al año 2025. Beneficios, Ahorros y Costos en valor presente de flujos anualizados.</p>						
Referencias Bibliográficas	Reporte 2005-2009(MMA 2011b), Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional (MMA 2012a), (MMA 2013a)						

7.3.6 Gestión de episodios críticos

Medidas sector residencial GEC	
Descripción	<p>Alerta: En las zonas territoriales que la autoridad ambiental previamente determine, entre las 18:00 y 06:00 hrs, sólo se permitirá la emisión de humos visibles, durante un máximo de 15 minutos continuos en la operación de calefactores y cocinas a leña.</p> <p>Pre emergencia: En las zonas territoriales que la autoridad ambiental previamente determine, durante las 24 hrs, sólo se permitirá la emisión de humos visibles, durante un máximo de 15 minutos continuos en la operación de calefactores y cocinas a leña</p> <p>Emergencia: En las zonas territoriales que la autoridad ambiental previamente determine, durante las 24 hrs, sólo se permitirá la emisión de humos visibles, durante un máximo de 15 minutos continuos en la operación de calefactores y cocinas a leña. Exceptuando aquellos calefactores a leña que pertenezcan a los programas de recambio.</p>
Supuestos de evaluación	<p>Se asume un cumplimiento del 90%.</p> <p>Se asume que habrá una sustitución de los equipos de calefacción apagados, en un 50% por Kerosene y en un 50% por gas licuado. Para cocción son reemplazados por gas licuado.</p> <p>Para la línea base se considera que calefactores operan 270 días por año y cocinas 365 días por año.</p>
Referencias Bibliográficas	(MMA 2013)
Medidas Calderas GEC	
Descripción	<p>Pre emergencia: Paralización durante las 24 hrs. de las fuentes con emisiones mayores a 30 mg /m³N de material particulado y potencia térmica mayor a 75 kWt.</p> <p>Emergencia: Paralización durante las 24 hrs. de las fuentes con emisiones mayores a 30 mg /m³N de material particulado y potencia térmica mayor a 75 kWt.</p>
Supuestos de evaluación	Se estima la reducción de emisiones de acuerdo a la probabilidad de que la fuente se encuentre operando para el episodio crítico, calculada como las horas de funcionamiento al año sobre las horas totales de un año calendario.
Referencias Bibliográficas	(Sistam 2013)

7.4 Medidas no evaluadas

La Tabla 9 detalla las medidas que no han sido evaluadas para el presente plan.

Sector	Medida
Emisiones conjunto de viviendas	<p>Todo conjunto de viviendas nuevas deberá acreditar que en la etapa de operación, sus emisiones no superarán el límite de emisiones de 0,3 ton año.</p> <p>Toda vivienda nueva deberá acreditar que en la fase de operación, no sobrepasará el límite de emisión de 2,3 kg/año.</p>
Prohibición de artefactos	Prohibición de artefactos unitarios a leña en edificios residenciales.
Prohibición de artefactos	Todas las regulaciones destinadas a artefactos de uso comercial e institucional.
Educación Ambiental	Todas las medidas de capacitación y/o educación ambiental en el marco del PPDA
Control de emisiones de calderas de uso residencial, comercial e industrial	<p>Eficiencia mayor o igual a un 90% de calderas cuya potencia sea menor a 75 kWt</p> <p>Eficiencia mayor o igual a un 90% en calderas automáticas que utilizan pellet o chips.</p> <p>Excepción Límite máximo de emisión de So₂, para calderas que ocupen combustible con un contenido de azufre menor o igual a 50 ppm (partes por millón)</p> <p>Excepción límite máximo de emisión de So₂, para calderas que demuestren una eficiencia térmica igual o mayor al 80%</p>
Demanda energética	<p>Programa de eficiencia energética en establecimientos localizados en la zona saturada (industrias, hoteles, centros turísticos, restaurantes, centros comerciales y educacionales entre otros)</p> <p>Programas a la cogeneración en industrias</p>
Quemas	Quemas de hojas secas y todo tipo de residuo en la vía pública.
Transporte	<p>Medidas de ordenamiento de transporte público.</p> <p>Implementación de 90 km de ciclovías.</p> <p>Excepción de paralización de actividades para viviendas que se calefaccionen a través de un sistema de calefacción distrital y los establecimientos asistenciales, Establecimientos de larga estadía de adultos mayores, Hogares de menores y establecimientos educacionales.</p>
GEC	Actividades de fiscalización de episodios críticos.

El presente Plan de Gestión Ambiental se elaboró en el marco del Plan de Gestión Ambiental del Área de Gestión Urbana de Lima, aprobado por el Comité de Gestión Ambiental de la Municipalidad Metropolitana de Lima, el 15 de mayo de 2014.

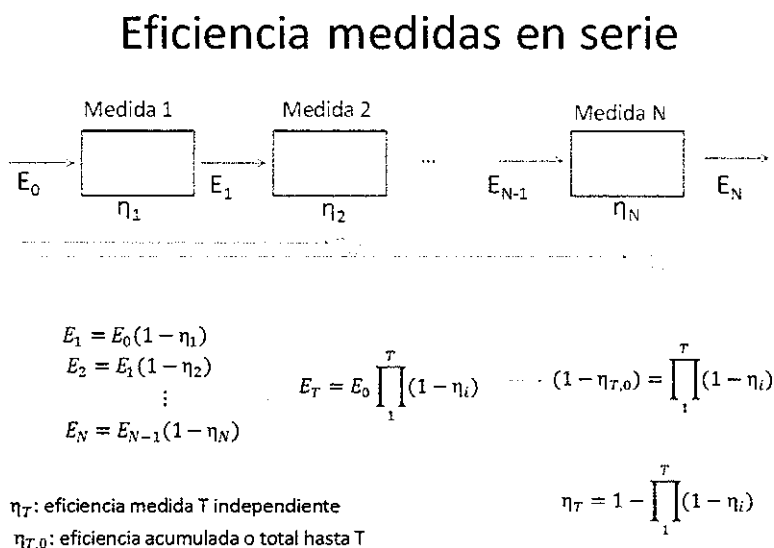
7.5 Metodología AGIES

7.5.1 Sinergias de medidas de reducción de emisiones

Se consideraron los efectos combinados o sinergias que poseen las medidas del PPDA, tanto en la reducción de emisiones como en los costos variables en combustible del sector residencial, fuente emisora con múltiples medidas que la afectan. De otro modo, se estaría haciendo un doble conteo tanto en reducción de emisiones como en costos.

La Figura 13 se explica en forma simple cómo fue abordado este tema en la evaluación. En ella se explicita que la eficiencia final de dos medidas que son aplicadas a una misma fuente emisora es la combinación de las eficiencias en su conjunto según la fórmula matemática señalada y con ello, se evita la sobre estimación de reducción de emisiones y de los costos que también dependen de ellas.

Figura 13. Algoritmo conceptual de medidas implementadas sobre una emisora en serie entre ellas.



fuente: elaboración propia

7.5.2 Beneficios en salud

La Tabla 10 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 10. Beneficios identificados convertidos de a términos monetarios

Identificados	Valorizados
↓ Mortalidad prematura (MP)	Sí
↓ Morbilidad (MP, SO ₂)	Sí
↓ Productividad perdida (MP, SO ₂)	Sí
↓ Actividad restringida (MP)	Sí
↑ Visibilidad (MP)	No
↓ Corrosión materiales (SO ₂)	No
↑ Producción agrícola (MP, SO ₂)	No
↓ Efectos en ecosistemas (SO ₂)	No
↑ Imagen país (recomendaciones OCDE)	No
↓ Depósito de contaminantes (MP, SO ₂)	No
↓ Efectos en la salud en otras comuna (MP)	No
↑ Cobeneficios en reducción de <i>Black Carbon</i> (MP)	No

Fuente: Autor con base en: [http://www.epa.gov](#)

Los beneficios en salud derivan de cambios en concentraciones de Material Particulado fino (MP_{2,5}). Para estimar el cambio en la concentración de MP_{2,5} con respecto a un cambio en la emisión de un determinado contaminante (NO_x, COVs, SO_x, y MP), se debe estimar el factor de emisión-concentración o FEC para cada zona geográfica. El FEC indica las toneladas necesarias de contaminante para aumentar en 1 µg/m³ el promedio anual de concentración de MP. Los FEC utilizados en la evaluación fueron determinados usando modelos del tipo *rollback* simple (Noel de Nevers 1975; T. Y. Chang 1975), relacionando emisiones con concentraciones:

$$FEC_p = \left(\frac{\partial C_p}{\partial E_p} \right)^{-1} \approx \frac{E_p}{C_p}$$

Donde:

FEC_p: Factor emisión concentración para contaminante p, [(ton/año)/(µg/m³)].

C_p: Concentración ambiental del contaminante p, [µg/m³].

E_p: Emisión del contaminante p [ton/año].

A partir de la fracción de componentes elementales del MP y la relación de éstos con los contaminantes emitidos por las fuentes se obtienen los factores emisión-concentración, tal como se indica a continuación:

$$FEC_p = \frac{E_p}{CT_{MP_i} \cdot F_{MP_i,p}}$$

Donde:

- CT_{MP_i} : Concentración ambiental total de MP10 o MP2,5, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
 $F_{MP_i,p}$: Fracción del componente elemental p en el MP.

Una vez obtenidos estos, el cambio en la concentración de un contaminante p, en este caso MP2,5; se estima como:

$$\Delta C_{MP2,5} = \sum_i \frac{\Delta E_i}{FEC_i}$$

Donde el subíndice i corresponde a MP2,5 (primario), NOx, COVs y SOx (precursores de MP2,5 secundario).

Para el presente plan de descontaminación, dada la baja importancia de los precursores de MP2,5 comparada con las emisiones directas, estas no se consideran en la estimación del FEC, el cual fue calculado con respecto a las emisiones y concentración del año 2009, obteniéndose un valor de 245 ton/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Finalmente, el cambio en concentraciones ambientales se relaciona con el cambio en el número de eventos a través de la utilización de funciones dosis respuesta:

$$\Delta \text{Efecto}_{pj} = \sum_{i=1}^n (e^{(\beta_{pj} \Delta C_{pi})} - 1) \cdot P_{ijp} \cdot y_{0j}$$

Donde:

- $\Delta \text{Efecto}_{pj}$: Cambio en efecto en salud j debido al delta de emisión del contaminante p [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$].
 β_{pj} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$].
 ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
 P_{ijp} : Población i expuesta al contaminante p que puede sufrir efecto en salud j [habitantes]
 y_{0j} : Tasa de incidencia base [casos / (habitantes- año)]

Al linealizar²² la expresión anterior de obtiene:

²² Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} \approx \sum_{i=1}^n \beta_{pj} \cdot \Delta C_{pi} \cdot P_{ijp} \cdot y_{oj}$$

Esto implica que para la evaluación se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y daños en la salud.

Finalmente, el beneficio se obtiene multiplicando el número de casos por la valoración asociada de padecer uno de los efectos valorados, tal como se señala a continuación:

$$\text{Beneficio}_p = \sum_j \Delta\text{Efecto}_{pj} \cdot VU_j$$

Donde:

Beneficio_p : Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p, en este caso MP2,5

VU_j : Valoración unitaria de cada efecto j evaluado [UF/caso]

El detalle de la metodología utilizada se encuentra en “Guía Metodológica para la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA 2011).

7.5.3 Evaluación de costos

Los costos evaluados corresponden al costo incremental de las medidas respecto del escenario base, esto es, en ausencia del plan de descontaminación, pero considerando normativas previas vigentes a nivel nacional o en la zona de aplicación de las medidas. Para el presente plan se considera parte de la línea base el plan de descontaminación por MP10.

Debido a las diferentes vidas útiles de las inversiones necesarias para dar cumplimiento al plan, se anualizan los costos para una adecuada comparación de estos con los beneficios asociados a salud y a ahorro de combustibles.

La tasa de descuento utilizada en la evaluación es de 6%, según se recomienda para proyectos sociales (MIDEPLAN 2011).

Se considera la inversión anualizada de acuerdo a su vida útil y los costos de operación y mantenimiento. Los diferentes flujos de costos asociados a las diferentes medidas son llevados a valor presente.

A su vez, el valor presente de los costos corresponde a la sumatoria del costo medio de las medidas multiplicado por la reducción de emisiones asociada para cada periodo.

$$VP_{CT} = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \left(\frac{\text{Inversión}_{m,t}}{(1+r)^t} \cdot \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \frac{\text{Costos OyM}_{m,t}}{(1+r)^t} \right) = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \frac{CMe_{m,t} \cdot Red_{m,t}}{(1+r)^t}$$

Donde:

- VP CT: Valor presente de los Costos Totales realizadas un horizonte de T años, para todas las medidas [\$].
- Inversión_{m,t}: Inversión de la medida m realizada en el año t [\$].
- Costos OyM_t: Costos de Operación y Mantenición realizados en el año t [\$/año].
- CMe_m: Costo Medio de la medida m $\left[\frac{\$}{\text{ton de p}} \right]$ o $\left[\frac{\$}{\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ de p}} \right]$.
- Red_p: Reducción del contaminante p de la medida m en $[\text{ton p}]$ o $\left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ p} \right]$.
- r: Tasa de descuento utilizada.
- n: Vida útil de la inversión [años].
- T: Horizonte de Evaluación de las medidas [años].

7.6 Valores unitarios de beneficios

Tabla 11: Valores unitarios de beneficios de los efectos de riesgo correspondientes a la categoría de riesgo

Tipo de efecto	Efecto detalle	Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	14.920	14.920	14.920	14.920
	<i>Asma</i>	26	28	28	0
Admisiones hospitalarias	<i>Cardiovascular</i>	0	56	56	56
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0	36	36	37
	<i>Neumonía</i>	0	0	0	40
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1,3	0	0	0
	<i>Días laborales</i>	0	0,8	0,8	0
Productividad perdida	<i>Días de actividad restringida</i>	0	0,2	0,2	0
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0	0	0	0

fuente: MIIA, 2011

7.7 Coeficientes de riesgo unitario

En la Tabla 12 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla 12: Coeficientes de riesgo unitario para MP2.5

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	0.00%	0.93%	0.93%	0.93%
	<i>Asma</i>	0.33%	0.33%	0.33%	0.00%
Admisiones hospitalarias	<i>Cardiovascular</i>	0.00%	0.15%	0.15%	0.16%
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0.00%	0.24%	0.24%	0.12%
	<i>Neumonía</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.40%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%
	<i>Días laborales</i>	0.00%	0.46%	0.46%	0.00%
Productividad perdida	<i>Días de actividad restringida</i>	0.00%	0.48%	0.48%	0.00%
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0.00%	0.74%	0.74%	0.00%

fuente: MIIA, 2011

7.8 Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de Chillán y Chillán Viejo
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Declaración de Zona Saturada: Decreto Supremo N° 39 de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente
	Tipo de regulación	Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica
	Fecha de término del AGIES	Noviembre 2014
	Alcance geográfico	Comunas de Chillán y Chillán Viejo
	Instrumento nuevo o revisión	Instrumento Nuevo.
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio. Beneficios salud en base a (MMA 2013) Sector residencial: Norma emisión calefactores (DS N°39 de 2012, MMA)
	Normativas consideradas de línea base	Sector transporte: Norma de emisión para fuentes móviles (Revisión DS N°54 de 1994, DS N°55 de 1994, DS N°211 de 1991. Ministerio de Transporte)
	Nivel de evaluación de beneficios	Valorados beneficios en salud
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 12
	Tasas de incidencia	(MMA 2011)
	Valor de la vida estadística	14,910 UF al año 2014, con IC al 90% de [10,345; 18,991] UF
	Modelo de dispersión	FEC <i>rollback</i> simple.
	Beneficios marginales por concentración de MP2,5	(MMA 2011)
	Reducción de concentraciones por parámetro	Año 2025, MP2,5: 8,53 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Parámetros	Reducción de emisiones por parámetro	Año 2025: MP2,5: 3.723,4 ton/año
	Años de evaluación	2016-2025
	Valor del dólar	\$560 pesos/dólar
	Valor de la UF	\$24.024 pesos/UF
	Costos estimados en MM USD (valor presente)	55
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	213
	Valor actual neto en MM USD	158