

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).

## 2.2 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. La valoración de los costos privados se realiza sin considerar las transferencias de recursos desde o hacia el Estado utilizando precios sociales, según establece (MIDEPLAN 2011).

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 mantención. Los diferentes flujos de costos asociados a las diferentes medidas son llevados a valor presente<sup>7</sup>.

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.

$$VP_{CT} = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \left( \frac{Inversión_{m,t}}{(1+r)^t} \cdot \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + \frac{Costos_{OyM_{m,t}}}{(1+r)^t} \right) = \sum_{m=1}^M \sum_{t=0}^T \frac{CMe_{m,t} \cdot Red_{m,t}}{(1+r)^t}$$

Donde:

VP CT:	Valor presente de los Costos Totales realizadas un horizonte de T años, para todas las medidas [\\$].
Inversión <sub>m,t</sub> :	Inversión de la medida m realizada en el año t [\\$].
Costos OyM <sub>t</sub> :	Costos de Operación y Mantención realizados en el año t [\$/año].
CMe <sub>m</sub> :	Costo Medio de la medida m $\left[ \frac{\$}{\text{ton de p}} \right]$ o $\left[ \frac{\$}{\left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ de p} \right]} \right]$ .
Red <sub>p</sub> :	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].

<sup>7</sup> Año de comienzo del plan: 2014, Horizonte de evaluación: año 2025, Dólar: 500 pesos y UF: 22.600 pesos.

### Medidas Evaluadas

En la Tabla 3 se muestran las medidas del plan que serán valorizadas.

Tabla 3: Resumen de medidas consideradas en la evaluación

Sector	Medida
Residencial	Norma emisión calefactores (línea base)
	Prohibición de comercialización leña húmeda
	Programa de recambio de artefactos a leña
	Prohibición de uso de chimeneas
	Mejoramiento térmico de las viviendas
Quemas	Prohibición de quemas desde Marzo hasta Octubre
Industrial	Norma de emisión de termoelectricas (línea base)
	Límite de emisión para calderas y turbinas
	Límite de emisión para secadores que procesan granos y semillas
	Límite de emisión para fundiciones de hierro y acero
	Limite de emisión para panaderías
	Escenario aprobación norma de fundiciones de cobre
Transporte	Norma de emisión para fuentes móviles (línea base)
	Recambio de buses en el transporte público

Fuente: Elaboración propia en base a Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

En general no se evalúan medidas para las que no hay efectos directamente cuantificables o para las que no existe información disponible. Las medidas no evaluadas corresponden a programas de educación, manejo de episodios críticos, control de emisiones fugitivas, etc. Éstas se pueden encontrar en la Sección 5.2 de Anexos.

Se asume 100% de cumplimiento de las medidas, lo que demanda una fiscalización efectiva. Según lo indicado por (EULA 2010), la fiscalización del plan tendría un valor presente aproximado de 146 mil USD (~0.2% de los costos totales), sin embargo podría llegarse a un valor mayor para alcanzar el cumplimiento de las metas.

Mayor detalle sobre las medidas y los resultados de la evaluación se presentan en la Sección 5.4 de Anexos.

### 3. Resultados

En esta sección se presentan las reducciones de emisiones asociadas al plan y las reducciones en concentración atmosférica correspondientes. También se calculan los costos de implementación, ahorros en combustible y beneficios en salud asociados a la disminución de concentración de MP2.5.

### Reducción de Emisiones y de Concentraciones

En la Tabla 4 se presentan las emisiones y concentraciones de MP10 de línea base asociadas a los sectores Residencial, Quemadas e Industria así como las reducciones para el año 2025 derivadas de la implementación de las medidas del plan.

Tabla 4: Reducción de emisiones y concentraciones de MP10 con respecto a la línea base para el año 2025.

Sector	Línea Base 2025		Δ Año 2025		Reducción % 2025	
	Emisiones [Ton/año]	Conc. [μg/m3]	Δ Emisiones [Ton/año]	Δ Conc. [μg/m3]	Δ Emisiones [Ton/año]	Δ Conc. [μg/m3]
Residencial	2,129	9	1282	5.8	60%	63%
Quemas	262	1	217	0.8	83%	80%
Industria	450	7	142	1.2	31%	17%
Transporte	53	2	6	0.2	12%	7%
Otras residenciales y comerciales	7	4	0	0.0	0%	0%
Polvo Resuspendido	29,147	8	0	0.0	0%	0%
Otras no estimadas	S/I	24	S/I	S/I	S/I	S/I
<b>Total</b>	<b>32,048</b>	<b>56</b>	<b>1647</b>	<b>8.0</b>	<b>5%</b>	<b>14%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que el sector que reduce más emisiones es el Residencial, con 1,282 ton/año el año 2025. Esto se debe principalmente a la medida de comercialización de leña seca, ya que ésta pretende aplicar a todo el parque de las zonas reguladas, teniendo así un alto impacto.

En el sector Quemadas, el porcentaje de reducción con respecto a su línea base es de un 83%. Esto se logra debido a la prohibición total de las quemadas agrícolas desde Marzo a Octubre y teniendo en cuenta que, según datos de la CONAF<sup>8</sup>, en estos meses hay en promedio más quemadas reportadas que durante los meses sin regulación.

Las menores reducciones, tanto en ton/año como en porcentajes, se observan en los sectores Industrias y Transporte.

### Efectos en Calidad del Aire

La Figura 4 y Figura 5 presentan la reducción de las concentraciones atmosféricas promedio (ponderado por población) de MP10 y MP2.5<sup>9</sup> en el tiempo, asociadas a las

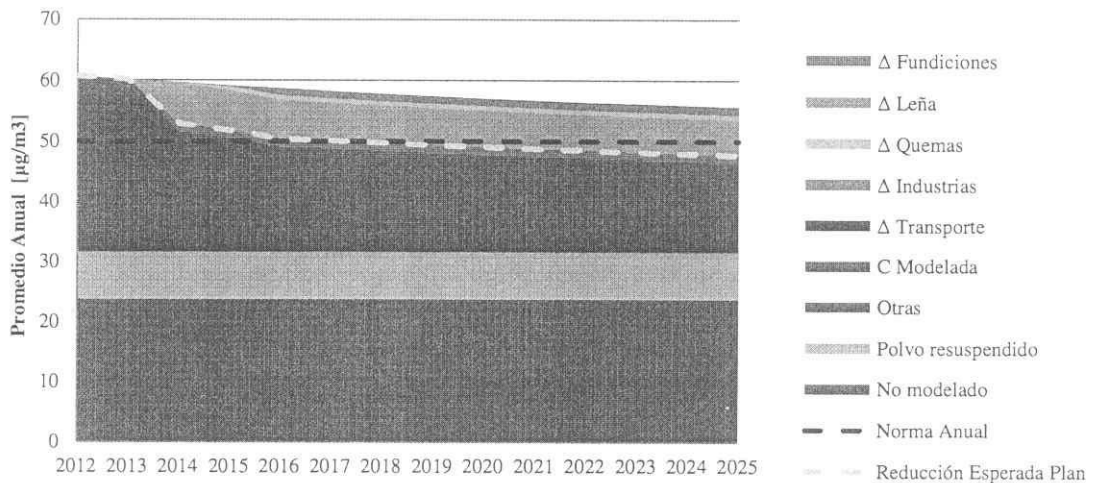
<sup>8</sup> Reporte Situación Específica de Avisos (GEOREF) del Sistema de Asistencia a Quemadas Controladas, CONAF.

<sup>9</sup> La concentración de MP2.5 se estima en base a la concentración medida para MP10. Para las comunas de la región de O'Higgins la relación es  $C_{MP2.5} = 0.5 C_{MP10}$ . Fuente: CONAMA (2009). Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Calidad Primaria para PM2.5, Preparado por DICTUC SA.

medidas para los distintos sectores emisores. Mayor detalle de las medidas y sus reducciones de emisiones se encuentran en los anexos 0 y 5.4.

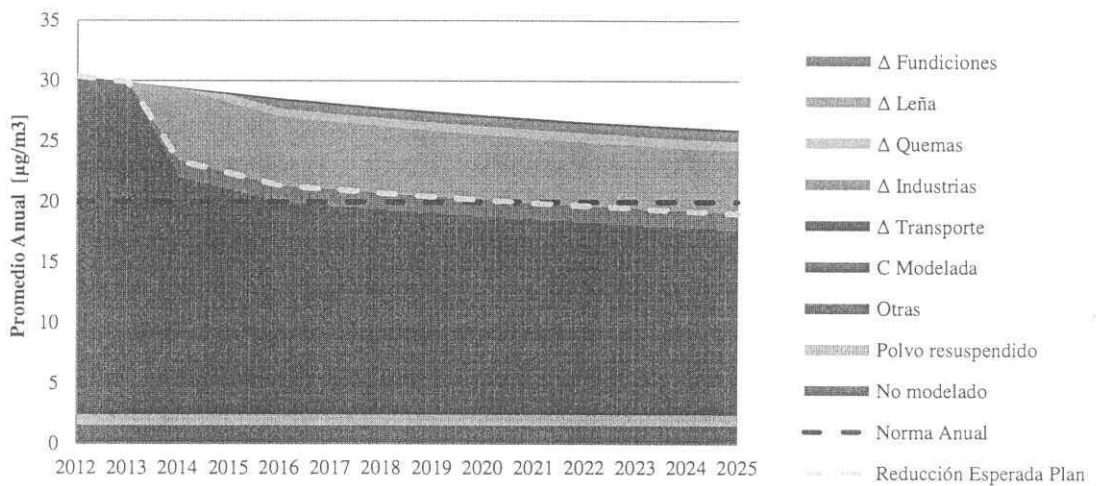
De la Figura 4 y Figura 5 se puede observar el aporte de los diferentes sectores emisores en la concentración de MP10 y MP2.5. Se presentan tanto los sectores modelados y evaluados, así como el polvo resuspendido y otras emisiones. Además se muestra la concentración asociada a emisiones no modeladas, es decir aquella relacionada a fuentes no identificadas, de largo alcance y a emisiones naturales.

Figura 4: Reducción promedio de concentraciones de MP10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] en la zona del plan a final de cada año



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5: Reducción promedio de concentraciones de MP2.5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] en la zona del plan a final de cada año



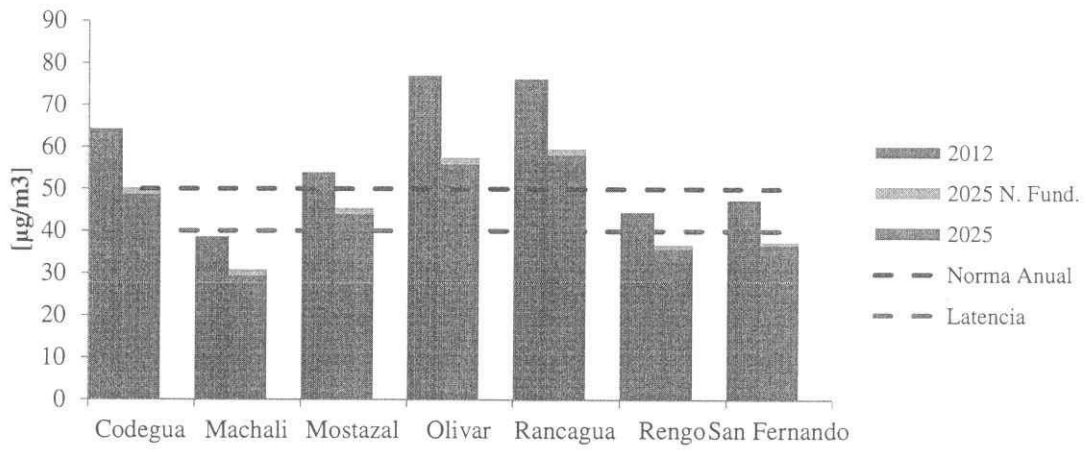
Fuente: Elaboración Propia

La línea amarilla representa la concentración alcanzada al aplicar el plan, si el resto de las emisiones no modeladas se mantuviese constante. Las reducciones comienzan a partir del año 2014, cuando comenzaría la operación del plan. Destaca la reducción derivada de las medidas asociadas a leña, siguiendo las de los sectores industriales y quemadas, finalizando con las medidas de transporte evaluadas donde existe la menor reducción de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Cabe destacar que la norma de fundiciones de cobre aún no se encuentra aprobada, pero se señala en el gráfico el alcance que tendría en la concentración de MP.

Por otro lado no solo es importante ver la exposición promedio de la población, si no que como se ve afectada cada comuna. Para esto se analizan las estaciones de monitoreo con representatividad poblacional. En la Figura 6, se grafica la concentración anual que se alcanzaría al año 2025 por cada una de las localidades que poseen EMRP. La Figura 7 presenta la misma información para la concentración diaria. En estos gráficos se indica además la reducción alcanzada gracias a la nueva norma de Fundiciones (aun en espera de aprobación en el Consejo de Ministros), para demostrar el alcance que tendría ésta.

Figura 6: Concentración anual de MP10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] para comunas con estación de monitoreo, para años 2012 y 2025



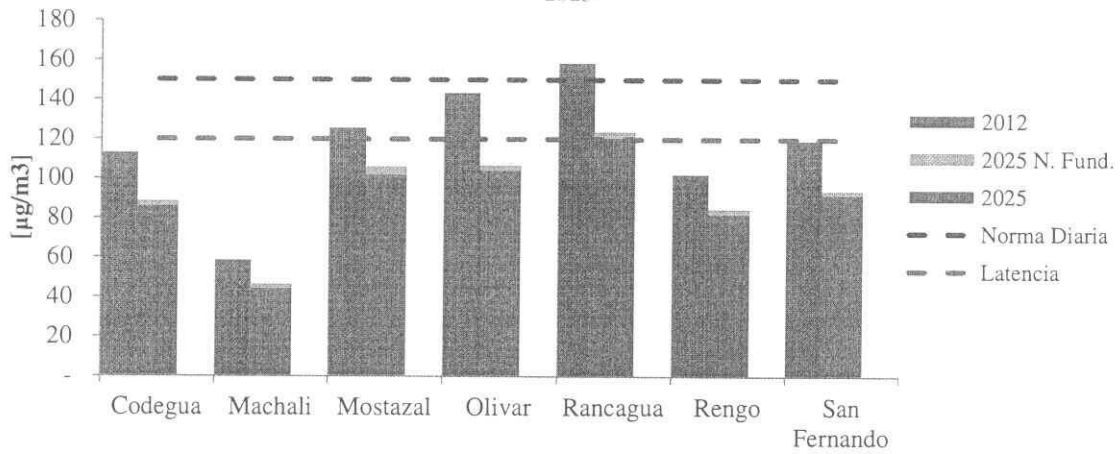
Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 6 se concluye que para el año 2025, si bien la mayoría de las comunas no se encontraría en condición de saturación, hay comunas como Rancagua y Olivar que eventualmente superarían la norma. Sin embargo, existen mediadas no evaluadas que podrían aportar al cumplimiento de las metas del plan, como la minimización de emisiones fugitivas y pavimentación de caminos en el sector industrial, programas de mejoramiento tecnológico en sector agrícola y forestal, etc. Adicionalmente el plan será revisado durante su vigencia.

Otro aspecto a considerar es que la mitad de las comunas en saturación, bajarían su concentración a un estado de latencia y dos comunas que estaban en latencia alcanzarían a salir de esa condición.

Por otro lado la Figura 7 muestra los buenos resultados que alcanza el plan en norma diaria, logrando que solo la comuna de Rancagua permanezca en Latencia, mientras que el resto de las comunas presentadas tendrían una concentración por debajo de esta condición.

Figura 7: Concentración diaria de MP10 [ $\mu\text{m}^3$ ] para comunas con estación de monitoreo, para años 2012 y 2025

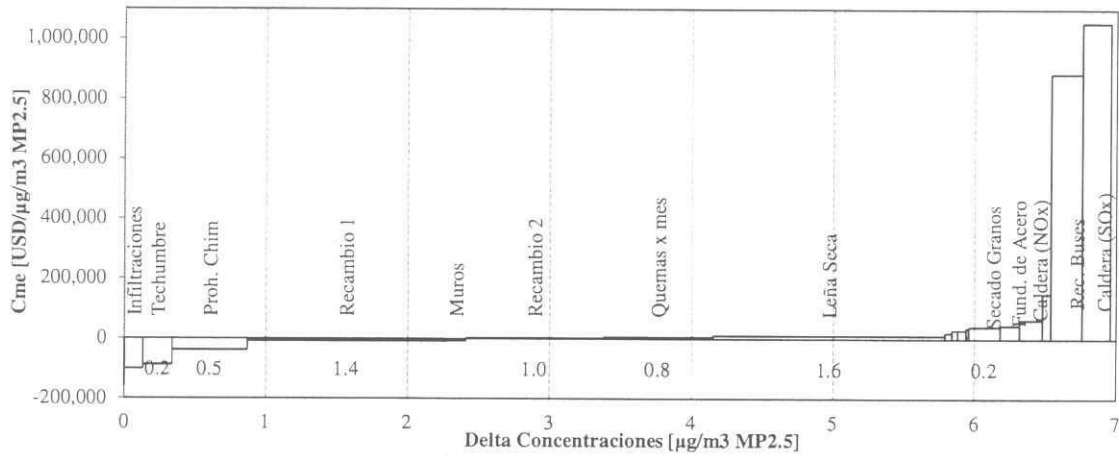


Fuente: Elaboración Propia

### Indicadores Económicos

En la Figura 8 se presentan las medidas evaluadas ordenadas de acuerdo a su costo por  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP2.5 reducido. Este costo considera la inversión realizada y los ahorros por menor consumo de leña para los hogares.

Figura 8: Costo Medio de medidas [USD/ $\mu\text{m}^3$  de MP2.5], año 2025.



Fuente: Elaboración Propia

Recambio 1: Recambio en viviendas sin aislar, Recambio 2: Recambio en viviendas aisladas

La Figura 8 ordena los costos medios de las medidas comenzando con las más eficientes. Según los datos de (MINVU 2007), el Mejoramiento Térmico de las viviendas como Infiltraciones, Techumbres y Muros, serían las medidas más costo efectivas, generando un ahorro para el sector residencial, al contabilizar la menor demanda de leña por disminuciones en el nivel de actividad.

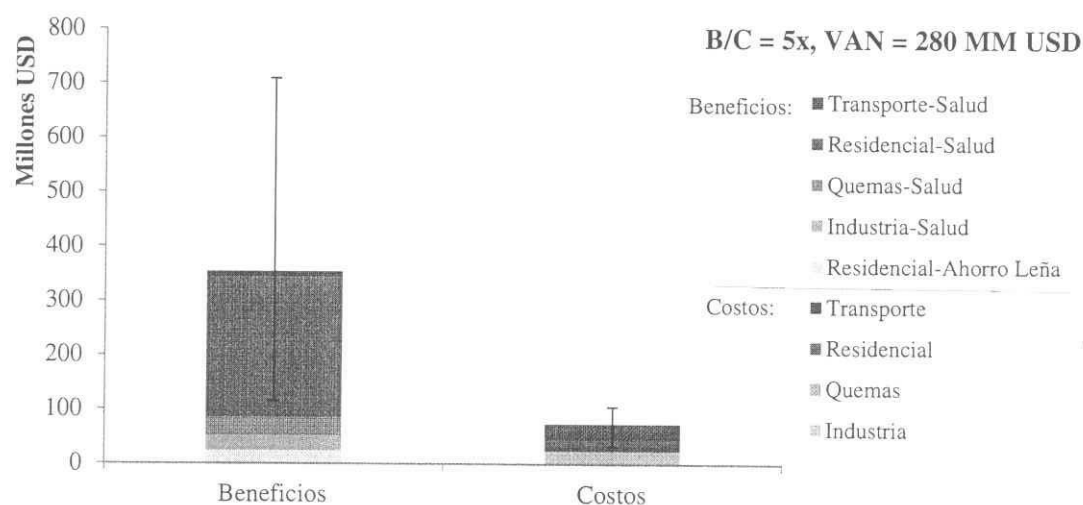
Medidas como la prohibición de chimeneas o los programas de recambio de artefactos de calefacción por calefactores nuevos que cumplen la norma, serían otras medidas costo-efectivas, pues tienen costos medios negativos (ahorros). Es importante destacar la diferencia que existe al realizar recambios en viviendas sin aislar (Recambio 1), en comparación a viviendas que han sido mejoradas térmicamente (Recambio 2). Las primeras tienen un nivel de actividad inicial mayor, por lo tanto, al ocupar un artefacto de calefacción más eficiente, se traduce en mayores reducciones de las emisiones y mayores ahorros; mientras que para las segundas, al haberles aplicado aislación térmica tienen un consumo de leña menor, por lo que el recambio implica ahorros menores pero con el mismo costo, disminuyendo así la rentabilidad del recambio.

Las medidas asociadas a la prohibición de quemas agrícolas son efectivas en reducción de emisiones, pero a la vez costosas al considerar el tratamiento alternativo a los desechos. Por otro lado la leña seca es la medida más efectiva en la reducción de concentración del MP2.5, pues como se mencionó anteriormente, afecta a toda la población y alcanzaría una reducción cercana a  $1.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP2.5 para el año 2025.

Por último las medidas asociadas al sector industrial y al recambio de buses en el sector transporte, corresponden a las de mayor costo medio y con menores reducciones en comparación al sector residencial.

En la Figura 9 se presenta el valor presente de los beneficios y costos asociados a la implementación del plan.

Figura 9: Valor presente de beneficios, costos, beneficio neto y razón B/C (MMUSD)



Fuente: Elaboración Propia.

El valor de la reducción de riesgos fatales sigue una distribución triangular con mediana de 8.875 UF, con IC al 90% de [3,030; 13,400] UF. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 3%. El beta utilizado (de largo plazo) sigue una distribución normal, con media de 9.3% y un IC al 90% de [5.7; 12.8]. Para los costos se asume una desviación de 30%.

El agregado de medidas asociadas al plan implica un beneficio social neto de 280 MMUSD durante el periodo de evaluación, con beneficios 5 veces mayores que los costos.

Desagregado por sector, la razón beneficio-costos es de 13 para medidas del sector Residencial, de 35 para Quemadas, de 1.2 para el sector Industrias y 0.3 para el recambio de buses en el sector transporte.

Se puede observar los beneficios en salud asociados a las distintas medidas, destacando las que afectan al sector residencial, pues como ya se mencionó son las que tienen las mayores reducciones.

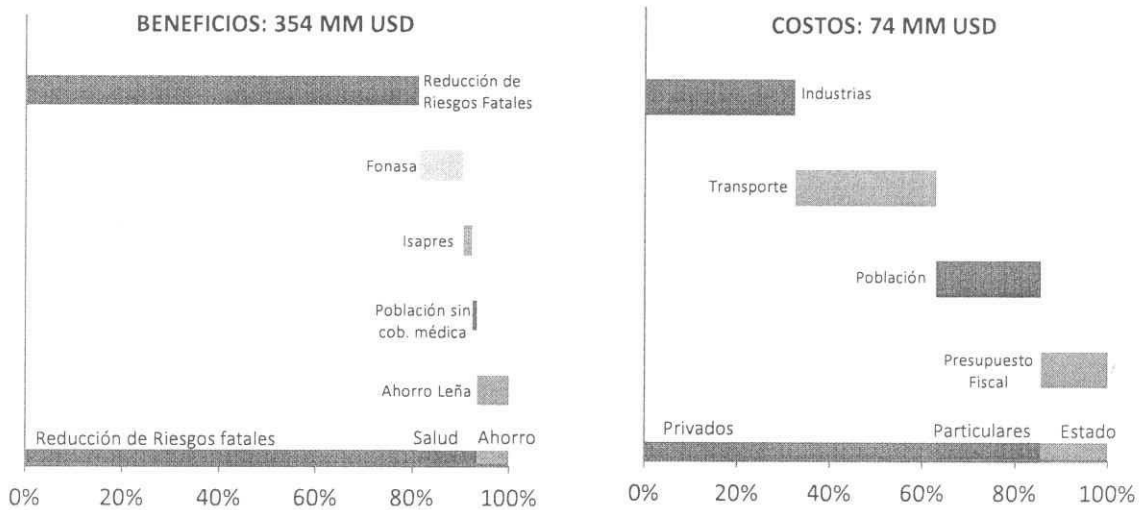
La reducción de riesgos fatales refleja el 80% de los beneficios, mientras que poco más de un 12% de los beneficios son debido a costos evitados en el tratamiento de enfermedades. El restante se trata de ahorros para la población correspondiente al menor consumo de leña.

Los costos se concentran principalmente en las medidas Residenciales, Industriales y de Transporte. La población debe asumir los costos en el consumo de leña seca, además del copago del recambio de calefactores. El sector privado debe financiar principalmente las medidas asociadas a los sectores Industrial y de Transporte. Con presupuesto fiscal debe financiarse el costo restante.

Cabe destacar que la mayor incertidumbre en los costos recae sobre el sector industrial, por lo que se recomienda mejorar la caracterización de las fuentes a regular.

La Figura 10 identifica la distribución de beneficios y costos derivados de la aplicación del plan.

Figura 10: Distribución de beneficios y costos



Fuente: Elaboración Propia.



### Casos Evitados

Para entender mejor los beneficios en salud, en la Tabla 5, se muestran el número promedio de casos evitados al año, al bajar la concentración de MP2.5, para la mediana de los valores. Los coeficientes de riesgo unitarios utilizados se presentan en la sección 5.1 de Anexos.

De la Tabla 5 se destaca que en el área saturada de la región, reduciendo la concentración para el año 2025, se espera en promedio 104 muertes evitadas por contaminación del aire al año. Por otro lado, como era de esperarse la mayor de cantidad de casos evitados se da en los eventos de productividad perdida.

Tabla 5: Número promedio de casos evitados por año

Evento	Tipo	Per50	IC90
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	104	[53 - 158]
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	3	[2 - 5]
	<i>Cardiovascular</i>	33	[23 - 49]
	<i>Respiratorias crónicas</i>	6	[-6 - 18]
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	20,176	[17,676 - 22,720]
	<i>Días de actividad restringida</i>	98,069	[88,572 - 107,566]
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	369,443	[312,606 - 424,286]

Fuente: Elaboración Propia en base a (MMA 2011)

#### 4. Conclusiones

La implementación de un Plan de Descontaminación Atmosférica en el Valle Central de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, apunta a bajar los niveles de contaminación por Material Particulado de la región. El plan abarca distintas dimensiones, siendo las más destacadas medidas para reducción de emisiones en el sector residencial, industrial, transporte y quemas.

Para la evaluación del plan se realizó un análisis costo-beneficio<sup>10</sup>, en que se cuantificaron los beneficios en salud, los costos de las diferentes medidas y los ahorros generados en el sector residencial cuando se reducía su consumo de combustible.

Del análisis se desprende que el beneficio social neto del plan es de ~280 MM USD en valor presente. Estos beneficios se concentran principalmente en la reducción de riesgos fatales, siendo alrededor de un 80%. Luego, los costos evitados en tratamientos de enfermedades alcanzarían un valor cercano a 12% y los ahorros en consumo de leña el restante 8%. Estos beneficios derivan en gran parte de la aplicación de medidas del sector residencial, que aporta con cerca del 74% de la reducción de concentración de MP2.5.

Por el lado de los costos, el sector residencial tiene las medidas de menor costo medio, generando ahorros netos en algunas de ellas. Los sectores Transporte e Industria tienen un costo medio mayor, esto es, cada unidad de concentración reducida es más costosa. Los privados son quienes deben financiar la mayor parte del plan, alcanzando un 62%, mientras que los costos restantes serán absorbidos por los particulares y el Estado en un 23% y 15% respectivamente.

Respecto a las concentraciones alcanzadas con el plan, en promedio ponderado por población, las comunas de la zona saturada lograrían salir de la saturación. Sin embargo, al ver el detalle por comuna<sup>11</sup>, Olivar y Rancagua podrían no alcanzar este objetivo.

Se recomienda, evaluar el desempeño del plan a lo menos cada cinco años, y en caso de requerirse poder actualizar o incorporar nuevas medidas para asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental. También es recomendable una mejor caracterización del sector industrial, que permita una estimación más precisa tanto de sus emisiones como de su potencial y costos de abatimiento.

Como ya se indicó, es importante recalcar que los resultados de este análisis deben ser tan solo un antecedente más para la toma de decisiones, pero se debe recordar que es función del Estado velar por el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación y tutelar la preservación de la naturaleza.

<sup>10</sup> Considera las medidas indicadas en la sección 2.2.

<sup>11</sup> Considerando las comunas que cuentan con una EMRP.

## 5. Anexos

### 5.1 Parámetros utilizados

#### *Factores Emisión Concentración*

Los factores de emisión-concentración utilizados se presentan en la Tabla 6 y Tabla 7.

Estos fueron estimados a nivel comunal. Valores presentados en [ $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ton}/\text{año}$ ].

Tabla 6: FEC MPI0 por comuna

	MP2,5rs	MP10rs	SOX	COV	NOX	NH3	MP2.5	MP10
Chimbarongo	0	3.56E-04	3.80E-03	0	1.90E-03	4.39E-03	0	8.03E-03
Codegua	0	7.45E-04	7.83E-04	0	1.76E-03	9.78E-03	0	8.61E-03
Coinco	0	5.60E-04	1.86E-02	0	3.83E-03	5.28E-03	0	8.54E-03
Coltauco	0	2.69E-03	8.63E-02	0	1.67E-02	2.18E-02	0	4.00E-02
Donihue	0	1.50E-03	1.67E-02	0	1.13E-02	1.93E-02	0	2.26E-02
Graneros	0	9.70E-04	1.25E-03	0	1.98E-03	4.67E-03	0	6.99E-03
Machalí	0	5.35E-04	1.52E-02	0	2.34E-03	3.84E-03	0	6.29E-03
Malloa	0	3.54E-04	4.52E-04	0	4.96E-04	5.25E-03	0	3.78E-03
Mostazal	0	9.47E-04	2.41E-03	0	4.42E-03	3.35E-03	0	5.94E-03
Olivar	0	6.57E-04	7.60E-04	0	2.64E-03	2.15E-02	0	1.86E-02
Placilla	0	3.98E-03	3.87E-01	0	3.19E-02	7.33E-04	0	4.56E-02
Quinta de Tilcoco	0	1.72E-02	2.11E+00	0	1.31E-01	3.17E-03	0	4.35E-01
Rancagua	0	1.77E-02	8.50E-02	0	1.99E-01	3.25E-03	0	1.97E-01
Rengo	0	9.48E-03	1.25E+00	0	1.02E-01	1.75E-03	0	1.54E-01
Requinoa	0	5.46E-03	3.26E-03	0	2.27E-02	1.00E-03	0	7.88E-02
San Fernando	0	4.42E-03	7.07E-02	0	4.35E-02	8.15E-04	0	1.22E-01
San Vicente	0	3.09E-03	4.97E-01	0	2.42E-02	5.69E-04	0	8.71E-02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: FEC MP2.5 por comuna

MP2,5	MP2,5rs	MP10rs	SOX	COV	NOX	NH3	MP2.5	MP10
Chimbarongo	2.25E-04	0	2.96E-03	0	3.21E-03	3.26E-03	7.68E-03	0
Codegua	4.71E-04	0	6.10E-04	0	2.97E-03	7.26E-03	9.97E-03	0
Coinco	3.54E-04	0	1.45E-02	0	6.47E-03	3.92E-03	8.55E-03	0
Coltauco	1.70E-03	0	6.73E-02	0	2.83E-02	1.62E-02	3.81E-02	0
Donihue	9.46E-04	0	1.30E-02	0	1.91E-02	1.44E-02	2.26E-02	0
Graneros	6.13E-04	0	9.79E-04	0	3.34E-03	3.47E-03	6.65E-03	0
Machalí	3.38E-04	0	1.19E-02	0	3.95E-03	2.85E-03	6.22E-03	0
Malloa	2.24E-04	0	3.53E-04	0	8.38E-04	3.90E-03	4.84E-03	0
Mostazal	5.99E-04	0	1.88E-03	0	7.48E-03	2.49E-03	5.73E-03	0
Olivar	4.15E-04	0	5.93E-04	0	4.46E-03	1.60E-02	1.99E-02	0
Placilla	2.42E-03	0	2.90E-01	0	5.19E-02	5.24E-04	4.05E-02	0
Quinta de Tilcoco	1.05E-02	0	1.59E+00	0	2.13E-01	2.27E-03	3.89E-01	0
Rancagua	1.07E-02	0	6.38E-02	0	3.24E-01	2.32E-03	1.75E-01	0
Rengo	5.76E-03	0	9.39E-01	0	1.66E-01	1.25E-03	1.37E-01	0
Requinoa	3.32E-03	0	2.45E-03	0	3.68E-02	7.18E-04	7.29E-02	0
San Fernando	2.69E-03	0	5.30E-02	0	7.07E-02	5.82E-04	1.09E-01	0
San Vicente	1.88E-03	0	3.73E-01	0	3.93E-02	4.06E-04	7.76E-02	0

Fuente: Elaboración Propia

### Coefficientes de Riesgo Unitario

En la Tabla 8 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material Particulado fino.

Tabla 8: Coeficientes de riesgo unitario para MP2.5

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	0.12%	0.12%	0.93%	0.93%
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	0.33%	0.33%	0.33%	0%
	<i>Cardiovascular</i>	0%	0.15%	0.15%	0.16%
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0%	0.24%	0.24%	0.12%
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0%	0.46%	0.46%	0%
	<i>Días de actividad restringida</i>	0%	0.48%	0.48%	0%
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0%	0.74%	0.74%	0%
<b>Total</b>		<b>0.45%</b>	<b>2.52%</b>	<b>3.33%</b>	<b>1.20%</b>

Fuente: (MMA 2011)

## 5.2 Medidas no evaluadas

La Tabla 9 detalla las medidas que no han sido evaluadas.

Tabla 9: Medidas del plan no evaluadas

Sector	Medida
<b>Quemas Agrícolas, Forestales y Domiciliars</b>	Costos de Fiscalización de quemas agrícolas.
	Prohibición de quemas para prevenir heladas.
	Prohibición de quema de hojas secas y otros residuos.
	Elaboración de programas de incentivos concursables a la incorporación de alternativas a la quema.
	Diseño y ejecución de programas de mejoramiento tecnológico.
	Focalización de instrumentos para la valoración de rastrojos.
<b>Residencial</b>	Prohibición de uso de leña con aplicación de agroquímicos como combustibles.
<b>Industria</b>	Costos incrementales de medición discreta de emisiones para aquellas fuentes que deban hacerlo.
	Costos incrementales de medición continua de emisiones para aquellas fuentes que deban hacerlo.
	Registro e información del funcionamiento de grupos electrógenos.
	Mínimización de emisiones fugitivas y pavimentación de caminos.
<b>Transporte</b>	Establecer incentivos de licitación para flotas del transporte público.
	Establecer una zona de protección ambiental en el damero central de la ciudad de Rancagua.
	Extender el proyecto de Control de Áreas de Tránsito (SCAT).
	Costos de fiscalización para el cumplimiento de normativas ambientales en la vía pública.
	Implementación de la primera fase del ASM en plantas de revisión técnica.
<b>Plan Operacional para enfrentar Episodios Críticos</b>	Implementación de un Plan de Gestión de Episodios Críticos y de un sistema de pronósticos.
<b>Compensación de Emisiones</b>	Compensación de emisiones para fuentes industriales que aumenten sus emisiones anuales según criterio establecido.

Fuente: Elaboración propia en base a Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

### 5.3 Fichas de medidas evaluadas

#### Sector Residencial

<b>Norma Emisión Calefactores</b>													
<b>Descripción</b>	Norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa:												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Potencia (kW)</th> <th>Emisión de MP (gr/h)</th> <th>Eficiencia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor o igual a 8</td> <td>2.5</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 8 y menor o igual a 14</td> <td>3.5</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Mayor a 14</td> <td>4.5</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>	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
	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.													
<b>Supuestos de evaluación</b>	<p>El parque de calefactores crece a la misma tasa que la población de la región, esto es un 1.2% anual. Fuente INE.</p> <p>A partir del consumo promedio por comuna (casen 2006) se estima el consumo por equipo y por contenido de humedad a partir de la eficiencia de los equipos y del poder calorífico de las distintas humedades respectivamente.</p> <p>Vida útil equipos de calefactor: 20 años</p> <p>El equipo que cumple la normativa se asume de doble cámara (2.5 gr/hr).</p> <p>Normativa expresada en gr/h para MP. Se lleva a gr/kg considerando tasa de quemado de 1.7 kg/hora. Se lleva a una normativa equivalente para MP10 y MP2.5 considerando que MP10 es un 96% de MP y que MP2.5 es un 93% de MP10</p>												
<b>Resultados</b>	La reducción de emisiones no se atribuyen al plan, si no que se consideran parte de la línea base.												
<b>Referencias Bibliográficas</b>	Consumo leña: Encuesta CASEN 2006, Nch3173-2009, FE: (DICTUC - División Ingeniería Química y Bioprocesos - Área Soluciones Ambientales 2008), Composición humedad leña: Concepción: (Universidad de concepción 2010), Rancagua												

## AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica

<b>Prohibición de Comercialización Leña Húmeda</b>							
<b>Descripción</b>	Comercialización de leña que cumpla la NCh 2907 del INN, esto es, con un contenido de humedad menor o igual al 25% en base seca						
<b>Supuestos de evaluación</b>	<p>A partir del consumo promedio por comuna (casen 2006) se estima el consumo por equipo y por contenido de humedad a partir de la eficiencia de los equipos y del poder calorífico de las distintas humedades respectivamente.</p> <p>Humedad de la leña:            Seca: 25%, Semi-húmeda: 33%, Húmeda: 55%</p> <p>Precio de la leña (\$/Kg):            Seca: 110, Semi-húmeda: 90, Húmeda: 70</p> <p>Se considera el delta de poder calorífico dependiendo de la humedad de la leña.            El diferencial de poder calorífico para distintas humedades se traduce en distintos consumos de leña, por lo que esta medida implica ahorros en combustible.</p>						
<b>Resultados</b>		Reducción de Emisiones*		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	Cme
	Medida	MP10	MP2.5	MM USD	MM USD	MM USD	USD/ $\mu$ g/m <sup>3</sup> MP2.5
	Leña Seca	552	533	152	10	13	10,947
	Leña Seca 1	4	4	1	0.4	0.5	37,111
	Leña Seca 2	8	8	1	0.2	0.3	29,396
	Leña Seca 3	12	11	1	0.4	0.4	29,396
Leña Seca 4	15	14	1	0.4	0.9	149,494	
	<p>*Reducción de emisiones en toneladas para el año 2025.</p> <p>Leña Seca: Leña seca en el parque al que no aplican otras medidas, Leña Seca 1: Leña Seca y prohibición de chimeneas, Leña Seca 2: Leña Seca en viviendas aisladas con recambio, Leña Seca 3: Leña Seca con recambio equipos, Leña Seca 4: Leña Seca en viviendas nuevas con zona térmica superior</p>						
<b>Referencias Bibliográficas</b>	Consumo leña: Encuesta CASEN 2006, Nch3173-2009, FE: (DICTUC - División Ingeniería Química y Bioprocesos - Área Soluciones Ambientales 2008), Composición humedad leña: Concepción: (Universidad de concepción 2010), Rancagua. Precio leña : Comunicado prensa Sernac 20 de junio de 2012						

Programa de recambio de artefactos a leña							
<b>Descripción</b>	Programa de recambio tecnológico de artefactos a leña. Vigencia: 24 meses desde la publicación del PDA.						
<b>Supuestos de evaluación</b>	A partir del consumo promedio por comuna (casen 2006) se estima el consumo por equipo y por contenido de humedad a partir de la eficiencia de los equipos y del poder calorífico de las distintas humedades respectivamente. Valor calefactor: 495,000 CLP Vida útil equipos de calefacción: 20 años Se recambia por equipos que cumplan la norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa. El equipo que cumple la normativa se asume de doble cámara (2.5 gr/hr). Los equipos recambiados son más eficientes y por lo tanto se asume un menor consumo de leña respecto de la situación base. Se asume igual cantidad de equipos recambiados para cada año, comenzando el año 2014. Se distribuyen a nivel comunal de acuerdo a la proporción de la población, Recambio total de 12,000 equipos en el Valle central de Rancagua. Se evalúa un escenario de recambio en "Áreas Saturadas" que corresponde a recambiar equipos solo en aquellas zonas, en forma proporcional a la población. Copago beneficiario: 25%.						
<b>Resultados</b>	<b>Medida</b>	<b>Reducción de Emisiones*</b>		<b>Beneficios Salud</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cme</b>
		<b>MP10</b>	<b>MP2.5</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>USD/µg/m3 MP2.5</b>
	Recambio 1	270	263	34	2	2	-8,374
	Recambio 2	187	183	23	2	2	-3,241
	*Reducción de emisiones en toneladas para el año 2025. Recambio 1: Recambio en viviendas sin aislar, Recambio 2: Recambio en viviendas aisladas						
<b>Referencias Bibliográficas</b>	Consumo leña: Encuesta CASEN 2006, Nch3173-2009, FE: (DICTUC - División Ingeniería Química y Bioprocesos - Área Soluciones Ambientales 2008), Composición humedad leña: Concepción: (Universidad de concepción 2010), Rancagua						



## AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica

Prohibición de uso de chimeneas							
<b>Descripción</b>	Se prohíbe la utilización de chimeneas de hogar abierto destinadas a la calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados instalados al interior del límite urbano. Vigencia: Una vez publicado el PDA en el Diario Oficial						
<b>Supuestos de evaluación</b>	A partir del consumo promedio por comuna (casen 2006) se estima el consumo por equipo y por contenido de humedad a partir de la eficiencia de los equipos y del poder calorífico de las distintas humedades respectivamente. Valor calefactor: 495,000 CLP Vida útil equipos de calefacción: 20 años Se cambia la chimenea por un calefactor que cumpla la norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa. El equipo que cumple la normativa se asume de doble cámara (2.5 gr/hr). Se asume que las viviendas ya cuentan con un medio alternativo para cocinar. Esta medida implica ahorros en combustible. Se recambia el 100% de las chimeneas durante el año 2014.						
<b>Resultados</b>	<b>Medida</b>	<b>Reducción de Emisiones*</b>		<b>Beneficios Salud</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cme</b>
		<b>MP10</b>	<b>MP2.5</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>USD/μg/m3 MP2.5</b>
	Proh. Chim	141	137	34	5	2	-38,430
	*Reducción de emisiones en toneladas para el año 2025.						
<b>Referencias Bibliográficas</b>	Consumo leña: Encuesta CASEN 2006, Nch3173-2009, FE: (DICTUC - División Ingeniería Química y Bioprocesos - Área Soluciones Ambientales 2008), Composición humedad leña: Concepción: (Universidad de concepción 2010), Rancagua						

Subsidio al Mejoramiento térmico de las viviendas							
<b>Descripción</b>	La SEREMI de Vivienda y Urbanismo promoverá el subsidio de mejoramiento térmico de la vivienda del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF).						
<b>Supuestos de evaluación</b>	Vida útil Aislación Térmica: 30 años. Esta medida deriva en un menor consumo de leña, por lo que implica ahorros para los hogares.						
<b>Resultados</b>	<b>Medida</b>	<b>Reducción de Emisiones*</b>		<b>Beneficios Salud</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cme</b>
		<b>MP10</b>	<b>MP2.5</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>USD/μg/m3 MP2.5</b>
	Infiltraciones	25	24	3	0.7	0.0	-101,067
	Techumbre	40	39	5	1.2	0.2	-88,146
	Muros	26	25	3	0.8	0.7	-7,527
	*Reducción de emisiones en toneladas para el año 2025.						
<b>Referencias Bibliográficas</b>	(MINVU 2007) Consumo leña: Encuesta CASEN 2006, Nch3173-2009, FE: (DICTUC - División Ingeniería Química y Bioprocesos - Área Soluciones Ambientales 2008), Composición humedad leña: Concepción: (Universidad de concepción 2010), Rancagua						

Zona térmica superior viviendas nuevas						
<b>Descripción</b>	Las nuevas viviendas y edificaciones que se construyan en la zona saturada, deberán acreditar el cumplimiento de un estándar de aislación térmica superior al actual en una zona térmica, de acuerdo al Manual de aplicación de la Reglamentación Térmica, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (2007) o por el que lo reemplace o modifique.					
<b>Supuestos de evaluación</b>	<p>Vida útil Aislación Térmica: 30 años.</p> <p>Esta medida deriva en un menor consumo de leña, por lo que implica ahorros para los hogares.</p> <p>Se asignan los costos de materiales correspondientes a la medida para una zona térmica superior, pero los costos de flete y mano de obra corresponden a los de la zona térmica actual. Con esto, el delta costo corresponde al delta costo de materiales.</p>					
<b>Resultados</b>	<b>Medida</b>	<b>Reducción de Emisiones*</b>		<b>Beneficios Salud</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Costo Total</b>
		<b>PM10</b>	<b>PM2.5</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>	<b>MM USD</b>
	Zona Térmica	1	1	0	0.2	0.1
		*Reducción de emisiones en toneladas para el año 2025.				
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<p>(MINVU 2007)</p> <p>Consumo leña: Encuesta CASEN 2006, Nch3173-2009, FE: (DICTUC - División Ingeniería Química y Bioprocesos - Área Soluciones Ambientales 2008), Composición humedad leña: Concepción: (Universidad de concepción 2010), Rancagua</p>					

**Sector Industrial**

Norma Emisión para termoeléctricas					
<b>Descripción</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Limite de emisión para fuentes existentes: potencia &lt; 50 MWt, mg/m<sup>3</sup>-N</li> </ul>			
		<b>Combustible</b>	<b>MP</b>	<b>SO2</b>	<b>NOx</b>
		Sólido	50	400	500
		Líquido	30	30	200
		Gas	N/A	N/A	500
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Limite de emisión para fuentes nuevas: potencia &lt; 50 MWt, mg/m<sup>3</sup>-N</li> </ul>			
		<b>Combustible</b>	<b>MP</b>	<b>SO2</b>	<b>NOx</b>
		Sólido	30	200	200
		Líquido	30	10	120
		Gas	N/A	N/A	50
<b>Supuestos de evaluación</b>	<p>Se considera vigente desde el 2012 como línea base.</p> <p>Se considera que las termoeléctricas emitirán como máximo lo permitido por la norma.</p>				
<b>Resultados</b>	No se atribuyen al plan, si no que se consideran parte de la línea base.				
<b>Referencias Bibliográficas</b>	Se utiliza la base de datos (EULA 2010).				

## AGIES Plan de Descontaminación Atmosférica

Límite de emisión para calderas y turbinas								
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calderas:</li> </ul>							
		Existentes			Nuevas			
	Caldera*	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Corrección de O <sub>2</sub> (%)
	Sólido	50	1	650	30	600	400	6
	Líquido	50	1	460	30	600	400	3
Gas	N/A	N/A	320	N/A	N/A	320	3	
	(*) 3 ≤ potencia < 50 MWt, mg/m <sup>3</sup> -N							
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turbinas: 3 ≤ potencia &lt; 50 MWt, mg/m<sup>3</sup>-N</li> </ul>							
		Turbinas existentes y nuevas		SO <sub>2</sub>	Corrección de oxígeno (%)			
		Líquido		100	15			
	Plazo: 24 meses una vez publicado el plan.							
Supuestos de evaluación	No hay datos de procesos correspondientes a turbinas. No se realiza corrección por oxígeno.							
	En caso de no tener información de combustibles se asume normativa menos restrictiva.							
	Se asume que las reducciones se materializan al final de plazo establecido.							
	En caso de no contar con la información de emisiones para MP, MP10 o MP2.5, ésta se estima a partir de la información disponible, de acuerdo a lo siguiente <sup>12</sup> : MP2.5/MP = 0.463; MP10/MP = 0.787; MP2.5/MP10 = 0.553.							
	Emisiones de SO <sub>2</sub> se asumieron como totalidad de emisiones de SO <sub>x</sub> .							
Resultados	Las empresas reducen el mínimo que exige la norma, para evitar sobrestimar las toneladas reducidas.							
	La proyección de fuentes se realiza con fuentes nuevas que tienen la misma distribución actual (geográfica y tecnológica), tal que se aumente las emisiones de igual manera que el crecimiento esperado del sector industrial (cerca a un 2%).							
	Se utiliza una tecnología genérica para la reducción de contaminantes y un valor promedio de reducción de acuerdo a las toneladas a abatir y a la tecnología seleccionada. Precipitador Electroestático Seco para MP, Reducción Catalítica Selectiva para NO <sub>x</sub> y Desulfuración de Gases para SO <sub>2</sub> .							
	Medida	Reducción de Emisiones*		Beneficios Salud	Ahorro	Costo Total	Cme	
		MP10	MP2.5	MM USD	MM USD	MM USD	USD/μg/m <sup>3</sup> MP2.5	
Caldera (MP)	44	24	2	0	0.1	19,878		
Caldera (SO <sub>x</sub> )	0	0	7	0	21	1,055,301		
Caldera (NO <sub>x</sub> )	0	0	6	0	1.1	62,963		
	*Reducción de emisiones en toneladas para el año 2025.							
Referencias	Se utiliza la base de datos (EULA 2010). Costos <sup>13</sup> para MP: Modelación Normativa para termoeléctrica (MG y Cifuentes 2010). Para NO <sub>x</sub> y SO <sub>2</sub> se utiliza (EPA 2006).							

<sup>12</sup> Valores obtenidos de la Base de Datos para el Plan de Prevención de Concepción Metropolitano, donde se obtenía mayor detalle de las emisiones.

<sup>13</sup> Para calcular el costo total, se utilizó el valor de costo medio por reducción de contaminante recomendado por la EPA (SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>) y el valor calculado en la modelación de la normativa de Termoeléctricas (MP), debido a que la información disponible no aseguraba confiabilidad para utilizar funciones de costos.