



## ACTUALIZACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS PARA EL PROYECTO DEFINITIVO DE PLAN DE DESCONTAMINACION DEL VALLE CENTRAL DE LA PROVINCIA DE CURICÓ POR MP<sub>2.5</sub>

27 de Septiembre de 2017

### Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y de 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 Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS N°93/1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la Republica) se requiere de un Análisis de Impacto Económico y Social (AGIES) de las propuestas normativas, de tal forma que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSyCC). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de una norma, desde el desarrollo del anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

- AGIES del Anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana,
- Actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del Anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al CMSyCC en la toma de decisión.

Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana, el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, por lo cual no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del Anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo corresponden solamente a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes corresponden, por ejemplo, a antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

El presente documento corresponde a la Actualización de Costos y Beneficios para el Proyecto Definitivo A-PD (en rojo, Figura A), en el cual se actualiza la estimación de los beneficios cuantificables y los costos identificados, según la información disponible por el MMA, a la fecha de evaluación.

Figura A: Etapas del proceso. Etapa actual en rojo.



Fuente: Elaboración propia



## Actualización de costos y beneficios

El presente documento corresponde a la actualización de costos y beneficios para el proyecto definitivo del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) del Valle Central de la Provincia de Curicó<sup>1</sup>. Las modificaciones de supuestos de evaluación respecto al AGIES del Anteproyecto se señalan en la Tabla A.

Tabla A: Modificaciones a supuestos etapa anteproyecto versus proyecto definitivo

	AGIES Anteproyecto (Enero 2017)	Actualización costos (Septiembre 2017)
<b>Periodo considerado</b>	2017-2026	2018-2027 <b>Los flujos de las medidas se trasladan un año hacia adelante</b>
<b>Tipo de cambio (pesos/dólar)</b>	657	624
<b>Costos de fiscalización</b>		Eliminar costos de registro de calderas residencial
<b>Valor UF</b>	26.172	26.643
<b>Precios energéticos</b>	Pellet: 190 pesos/kg Leña: 60 pesos/kg	Pellet: 200 pesos/kg Leña: 83 pesos/kg
<b>Eficiencia equipos</b>	Pellet: 80%	Pellet: 85%

Fuente: Elaboración propia

En la zona, las concentraciones ambientales de material particulado respirable fino (MP<sub>2,5</sub>) superan las normas de calidad primaria diaria, situación por la que se origina la declaración de zona saturada mediante Decreto Supremo N°53/2016 MMA que declara zona saturada por material particulado fino respirable MP<sub>2,5</sub>, como concentración de 24 horas, al valle central de la provincia de Curicó. Posteriormente mediante Resolución N°168/2016 del MMA se da inicio al proceso de elaboración del PDA.

El principal sector emisor es el residencial, el cual se estima aporta cerca del 73% de las concentraciones de MP<sub>2,5</sub>. Consecuentemente, las medidas propuestas en el Anteproyecto han sido diseñadas con énfasis en dicho sector mediante (i) el mejoramiento térmico de viviendas, (ii) el recambio por equipos de calefacción y cocción más eficientes y menos contaminantes y (iii) 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 y quemadas agrícolas.

La actualización de costos para proyecto definitivo concluye lo siguiente:

- Las medidas propuestas en el Anteproyecto permitirían cumplir la norma diaria de MP<sub>2,5</sub> en el año 2021<sup>2</sup> (Figura B y Figura C).
- La reducción de emisiones generará los siguientes beneficios: reducción de los casos de mortalidad; reducción de efectos en la salud humana con la consecuente disminución de costos en salud; y reducciones en consumo de energéticos para calefacción (Figura D y Figura E). Adicionalmente, la reducción de MP posee otros beneficios no cuantificados en este análisis como mejora en la visibilidad, disminución de efectos negativos en ecosistemas, entre otros.
- Los beneficios valorizados se estiman en US\$151 millones, para un horizonte de evaluación de 10 años<sup>3</sup>. Es importante destacar que la mayoría de estos beneficios (68%) son atribuibles a la disminución de casos de mortalidad (Figura E y Figura F).

<sup>1</sup> El valle central de la provincia de Curicó, contiene las comunas de Curicó, Teno, Rauco, Romeral, Sagrada Familia y Molina.

<sup>2</sup> La norma de concentración anual de MP<sub>2,5</sub> se cumple en 2020 y concentración diaria de MP<sub>2,5</sub> se cumple en 2021.



Actualización AGIES para proyecto definitivo del PDA para el Valle Central de Curicó

- Los costos asociados a la implementación del Plan, considerando un horizonte de evaluación de 10 años, ascienden a US\$90,5 millones y corresponden a: reacondicionamiento térmico de viviendas, subsidios para el recambio de calefactores y renovación de artefactos que utilicen leña como combustible y a costos de fiscalización del plan por la institucionalidad ambiental. Un 37% de estos costos son asumidos por el Estado (Figura F y Figura G).
- La valoración de los beneficios y costos del PDA indica que su implementación es rentable desde la perspectiva social. Los beneficios netos<sup>4</sup> en valor presente a 10 años se estiman en US\$ 61 millones, lo que constituye una razón beneficio-costos de 1,7 (Figura F).

Este análisis concluye que el PDA del Valle Central de la Provincia de Curicó, junto con permitir el cumplimiento de las normas vigentes del Estado de Chile, es consistente con los compromisos del Ministerio de Medio Ambiente al crear instrumentos que disminuyen la contaminación y promueven la equidad entre sus habitantes.

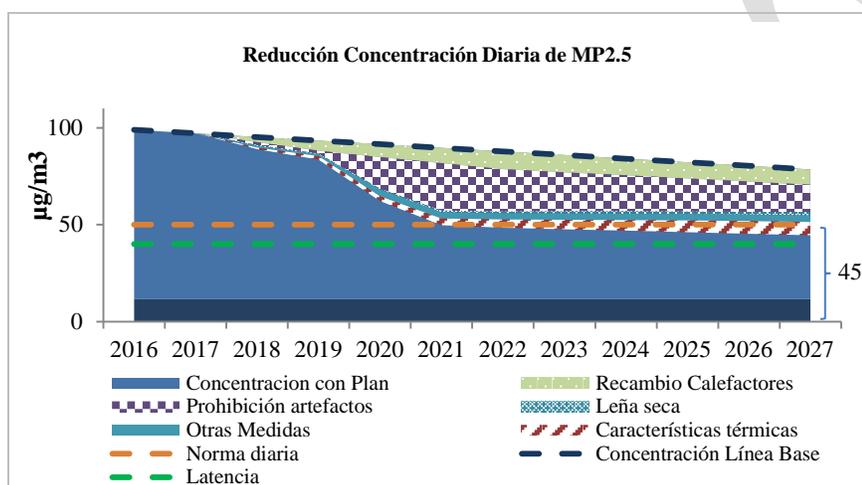


Figura B: Reducción concentración diaria MP<sub>2,5</sub>.

La reducción de la concentración diaria para MP<sub>2,5</sub> alcanza el objetivo propuesto por la norma de 50 µg/m<sup>3</sup> en el año 2021. El conjunto de medidas con mayor reducción corresponde a la prohibición al uso de artefactos (41%), seguido del recambio por pellet (23%) y del reacondicionamiento térmico de las viviendas (20%), el resto de las medidas presentan una reducción menores (15% aprox). Estas medidas, en conjunto con la existencia de un recambio natural anual del 4% de calefactores por la norma de calefactores, generan que para el año 2027 y con plena implementación del plan, las comunas del PDA alcanzarán una concentración del aire estimada de 45 µg/m<sup>3</sup> para la norma diaria.

Medida	Diario	
	Reducción de concentración (ug/m <sup>3</sup> N)	Reducción de concentración (%)
Prohibición artefactos	13,1	38,4%
Recambio pellet	7,9	23,3%
Reacondicionamiento térmico	6,8	20,1%
Límite de emisiones MP y SO <sub>2</sub>	2,5	7,4%
Uso de leña seca	1,7	5,1%
Prohibición chimeneas	1,0	2,9%
Quemas agrícolas	0,8	2,4%
Estandares aislación viviendas nuevas	0,1	0,2%
Compensaciones SEIA	0,02	0,1%
<b>Total</b>	<b>34,0</b>	<b>100,0%</b>

Figura C: Reducción concentración diaria por medida para MP<sub>2,5</sub>, 2027 con plena implementación del plan.

Se presenta la importancia de cada medida según sus reducciones en concentración y su porcentaje, para la métrica diaria en el año 2027 atribuible a cada medida, y ordenadas descendientemente según su importancia en reducciones para el último año del plan (plena implementación).

<sup>3</sup> Supuestos generales. Valor de la vida estadística=16.272 UF al año 2014 (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: 624 CLP / Tipo cambio UF: 26.643 CLP.

<sup>4</sup> Los beneficios netos corresponden a los beneficios menos los costos.



Actualización AGIES para proyecto definitivo del PDA para el Valle Central de Curicó

Efecto	N° casos evitados (2027)	IC al 90%	N° Casos evitados 2018-2027	IC al 90%
Mortalidad	22	[14 - 30 ]	196	[124 - 260 ]
AH - Asma	0	[0 - 1 ]	4	[3 - 5 ]
AH - Cardiovascular	5	[4 - 6 ]	43	[34 - 50 ]
AH - Respiratorias crónicas	1	[0 - 1 ]	5	[1 - 11 ]
AH - Neumonía	4	[2 - 6 ]	36	[15 - 57 ]
VSE: Asma	687	[225 - 1.149 ]	5.984	[1.956 - 10.011 ]

Figura D: Casos evitados año 2027 y totalidad el Plan (2018-2027)

Número de casos evitados durante el año 2027, y para todo el período de implementación del plan (2018-2027), atribuibles a la reducción de contaminantes atmosféricos, para el percentil 50 y sus intervalos de confianza (IC) al 10%.

AH = Admisiones hospitalarias

VSE = Visitas sala de emergencias

Medida	Beneficios (MM USD)		Costo Total (MM USD)	B/C
	Salud	Ahorros		
Recambio pellet	27,49	8,36	13,04	2,7
Prohibición chimeneas	4,51	2,49	1,98	3,5
Prohibición artefactos	51,58	26,53	28,54	2,7
Reacondicionamiento térmico	15,30	7,22	33,34	0,7
Estandares aislación viviendas nueva	0,31	0,46	4,98	0,2
Uso de leña seca	3,60	0,22	0,34	11,4
Quemas agrícolas	0,19	0,00	0,26	0,7
Límite de emisiones MP y SO2	3,12	0,00	7,03	0,4
Compensaciones SEIA	0,02	0,00	0,00	21,8
Fiscalización Plan	0,00	0,00	0,95	
<b>Total</b>	<b>151,4</b>		<b>90,5</b>	<b>1,7</b>

Figura E: Beneficios, costos y razón B/C por medida

Relación entre Beneficios (salud y ahorros), costos totales y La razón beneficio-costo para cada una de las medidas evaluadas en el PDA.

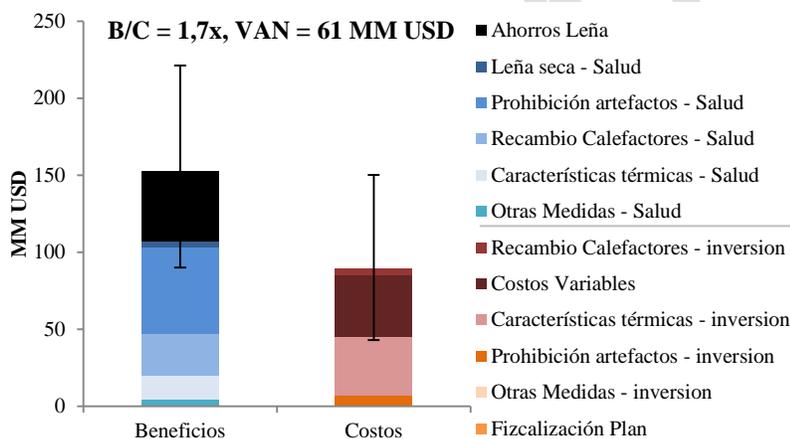


Figura F: Beneficios y Costos del Plan

La razón beneficio costo (B/C) de 1,7 representa la proporción entre los beneficios (ahorros en salud y/o consumo) y los costos (inversión y costos variables) presentes en los gráficos para cada conjunto de medidas. El valor actual neto (VAN) de 61 MMUSD representa la diferencia entre beneficio (151 MMUSD) y los costos (90 MMUSD).

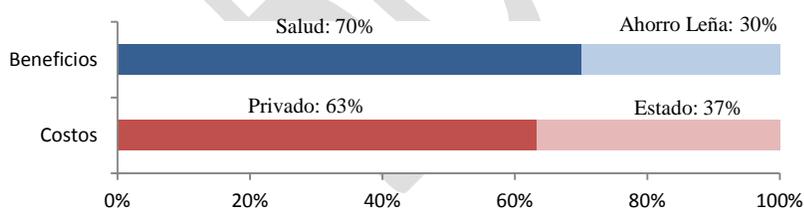


Figura G: Distribución de los beneficios y los costos por agente.

De los beneficios obtenidos con la implementación del PDA, un 70% será debido a ahorros en salud y un 30% será por ahorros debido a un menor consumo de leña producto de la mayor eficiencia de equipos y viviendas. Por otra parte, un 37% de los costos de implementación del plan son asumidos por el estado, principalmente por la implementación de recambios de calefactores y reacondicionamientos térmicos.



## Anexo costos de fiscalización

Los costos de fiscalización considerados en la etapa de anteproyecto y en la de proyecto definitivo se basan en información señalada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Estos corresponden a los costos asociados a las principales medidas de fiscalización, límites de emisión MP y SO<sub>2</sub>, compensaciones de emisiones, seguimiento GEC, etc. además de los costos variables que contempla el arriendo de vehículos, equipos etc. El detalle de las actividades se presenta en la Tabla B.

Tabla B: Resumen de los costos de fiscalización utilizados

Medidas PDA	Tareas SMA	Temporalidad de la Tarea	COSTO en pesos/año
Comercialización de leña seca	Fiscalizar la comercialización de leña	Anual	\$ 7.500.000
Límite máximo de MP para calderas nuevas con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt	Recepción y revisión de documentación para acreditar que la caldera cumple con el límite	Puntual	\$ 6.000.000
	Evaluación cumplimiento del límite máximo	Anual	\$ 9.000.000
Conformación de registro de calderas de uso residencial*	Conformación registro de calderas de uso residencial	Puntual	\$ 3.000.000
	Mantenimiento del registro de calderas	Anual	\$ 1.500.000
Límites máximos MP, para calderas nuevas y existentes, de potencia térmica nominal mayor o igual a 75 kWt	Recepción y revisión de informes de exclusión de cumplimiento	Anual	\$ 1.500.000
	Evaluación cumplimiento del límite máximo	Anual	\$ 1.500.000
	Recepción y revisión de informes de exclusión de cumplimiento	Anual	\$ 3.000.000
	Evaluación cumplimiento del límite máximo	Anual	\$ 3.000.000
Límites máximos SO <sub>2</sub> , para calderas nuevas de potencia térmica nominal mayor o igual a 75 kWt, y las calderas existentes de potencia térmica nominal mayor o igual a 3 MWt	Recepción y revisión de informes de exclusión de cumplimiento	Anual	\$ 1.500.000
	Evaluación cumplimiento del límite máximo	Anual	\$ 1.500.000
	Recepción y revisión de informes de exclusión de cumplimiento	Anual	\$ 3.000.000
	Evaluación cumplimiento del límite máximo	Anual	\$ 3.000.000
Instalación y validación de sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS) para material particulado (MP) y dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ), para calderas nuevas y existentes, cuya potencia térmica nominal es mayor o igual a 20 MWt	Dictar protocolo de CEMS (MP, SO <sub>2</sub> )	Puntual	\$ 3.000.000
	Proceso validación CEMS	Anual	\$ 12.000.000
Realización de mediciones discretas de material particulado MP y SO <sub>2</sub> , para calderas nuevas y	Dictar protocolos para mediciones discretas (MP, SO <sub>2</sub> )	Puntual	\$ 3.000.000



Actualización AGIES para proyecto definitivo del PDA para el Valle Central de Curicó

Medidas PDA	Tareas SMA	Temporalidad de la Tarea	COSTO en pesos/año
existentes, cuya potencia térmica nominal sea mayor a 75 kWt y menor a 20 MWt	Proceso validación mediciones discretas	Anual	\$ 18.000.000
Compensación de emisiones	Fiscalizar el cumplimiento de las medidas de compensación asociadas a proyectos que se sometan al SEIA	Anual	\$ 4.500.000
La fiscalización del cumplimiento de las medidas del PDA será efectuada por la SMA o por los organismos sectoriales que participan en la implementación del mismo (seguimiento periodo GEC).	Programación y seguimiento actividades de fiscalización	Anual	\$ 1.500.000
La verificación del estado de avance de las medidas e instrumentos del plan, estará a cargo de la SMA. La SMA remitirá anualmente a la SEREMI del Medio Ambiente un informe de avance y de fiscalización de las medidas.	Actividades Resolución 913/2016, instrucciones sobre registro y reporte del estado de avance de PDAs	Puntual	\$ 4.500.000
	Elaboración de informes	Anual	\$ 3.000.000
Arriendo vehículos		Anual	\$ 2.000.000
Bencina		Anual	\$ 600.000
Equipos		Anual	\$ 3.000.000

(\*) Se elimina en la etapa de proyecto definitivo.

Fuente: SMA "Costos unitarios Fiscalización SMA.xls"

Para el cálculo del valor presente de estos costos se consideró la periodicidad indicada por la SMA. En el caso de costos anuales, se supuso el mismo flujo para cada año del periodo de evaluación (2018-2027), mientras que para las medidas puntuales, se consideró un costo sólo para el primer año de vigencia del plan (2018). Estos flujos fueron llevados a valor presente para el año 2017 utilizando una tasa de descuento de 6%. Para convertir el valor presente a dólares se consideró el tipo de cambio 624 pesos/dólar. El resultado es un valor presente de 0,95 millones de dólares, que representa un 1% de los costos totales del plan.

## Anexo actualización GEC

Las medidas para episodios críticos fueron modificadas según se detalla en la Tabla C.

Tabla C: Comparación medidas de episodios críticos Anteproyecto vs Proyecto Definitivo

Episodio	Medida	Anteproyecto	Proyecto definitivo
<b>Alerta</b>	Residencial	Entre 18:00 y 23:59	Entre 18:00 y 23:59
		Prohibición zonas territoriales	Humos visibles zonas territoriales
<b>Preemergencia</b>	Residencial	Entre 18:00 y 06:00	Entre 18:00 y 06:00
		Prohibición zonas territoriales	Humos visibles zonas territoriales
	Calderas a leña o carbón potencia menos a 75 kWt	Entre 18:00 y 06:00	Entre 18:00 y 06:00, agrega Hornos a leña o carbón
	Calderas de potencia mayor a 75 kWt	Entre 18:00 y 06:00, concentración mayor a 30 mg/m <sup>3</sup> N de MP	Entre 18:00 y 06:00, concentración mayor a 30 mg/m <sup>3</sup> N de MP

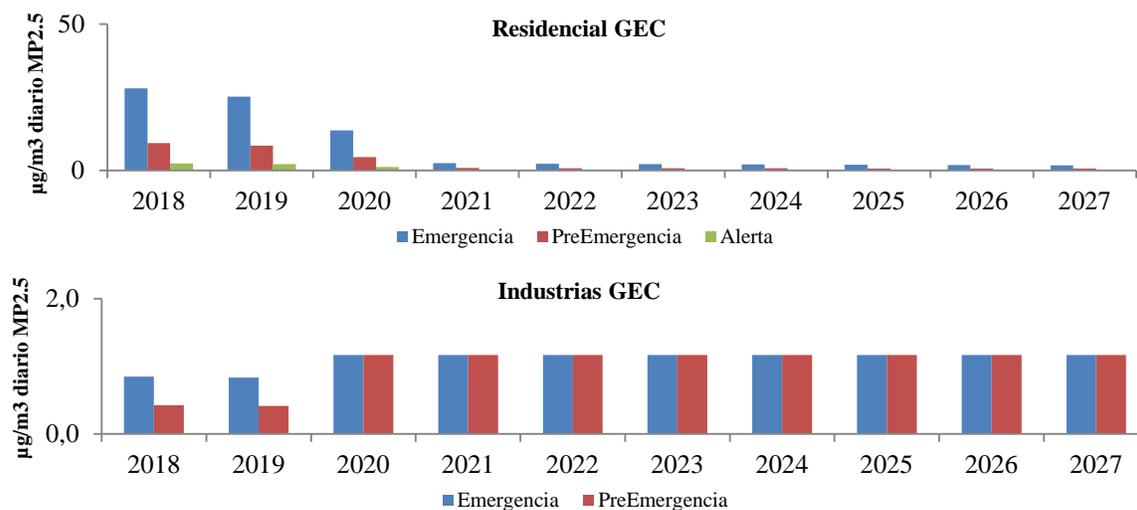


Episodio	Medida	Anteproyecto	Proyecto definitivo
		Primer año en las zonas territoriales a determinar. Tercer año, toda la zona saturada, <b>entre 06:00 y 06:00</b>	Primer año en las zonas territoriales a determinar. Tercer año, toda la zona saturada, <b>entre 06:00 y 06:00</b>
<b>Emergencia</b>	Residencial	Durante 24 horas	Entre 06:00 y 06:00
		Prohibición zonas territoriales	Humos visibles zonas territoriales
	Calderas a leña o carbón potencia menos a 75 kWt	Entre 06:00 y 06:00	Entre 06:00 y 06:00, agrega Hornos a leña o carbón
	Calderas de potencia mayor a 75 kWt	Entre 18:00 y 06:00	Entre 06:00 y 06:00
		concentración mayor a <b>20</b> mg/m <sup>3</sup> N de MP	concentración mayor a <b>20</b> mg/m <sup>3</sup> N de MP
	Toda la zona saturada. Desde tercer año, entre <b>06:00 y 06:00</b>	Primer año en las zonas territoriales a determinar. Desde tercer año en toda la zona	

Fuente: Elaboración propia

La Figura H presenta la reducción de concentración diaria de MP<sub>2,5</sub> para 1 día de episodio de Alerta, Pre Emergencia y Emergencia.

Figura H: Reducción de concentración diaria de MP<sub>2.5</sub> para un episodio crítico



Fuente: Elaboración propia


**Ficha de la actualización de costos y beneficios (A-PD)**

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre regulación	Borrador de Proyecto Definitivo (7 de Agosto de 2017) del Plan de Descontaminación Atmosférica del Valle Central de la Provincia de Curicó
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Declaración de zona saturada: Decreto Supremo N° 53 de 2016, del Ministerio del Medio Ambiente.
	Tipo de regulación	Plan de Descontaminación Atmosférica
	Fecha de término evaluación	27 de Septiembre de 2017
	Alcance geográfico	Comunas de Curicó, Teno, Rauco, Romeral, Sagrada Familia, Molina.
	Instrumento nuevo o revisión	Instrumento Nuevo.
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos.
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA 2013)
	Normativas consideradas de línea base	Sector residencial: Norma emisión calefactores (DS N°39 de 2012, MMA)
	Nivel de evaluación de beneficios	Valorados beneficios en salud
	Tasa de descuento	6%
	Beta	(MMA 2011)
	Tasas de incidencia	(MMA 2011)
	Valor de la vida estadística	16.272 UF al año 2017, con IC al 90% de [11.290; 20.726] UF
	Modelo de dispersión	FEC transferido de DICTUC, Co-beneficios de la Mitigación de GEI, Santiago de Chile, Reporte preparado para el Ministerio del Medio Ambiente, 2011
	Reducción de concentraciones por parámetro	Año 2027: 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2.5}$ diario
	Reducción de emisiones por parámetro	Año 2027: 654 ton/año de $\text{MP}_{2.5}$
Años de evaluación	2018-2027	
Parámetros	Valor del dólar	624 pesos/dólar
	Valor de la UF	26643 pesos/UF
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	90,5
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	151,4
	Valor actual neto en MM USD	61



## 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.
- 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."
- GreenLabUC (2013). Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2.5 de Temuco y Padre Las Casas, Solicitado por SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía.
- 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.



*Actualización AGIES para proyecto definitivo del PDA para el Valle Central de Curicó*

- 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 and J. Roger Morris (1975). "Rollback Modeling: Basic and Modified." Journal of the Air Pollution Control Association **25**(9): 943-947.
- 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.
  - 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.