

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL ANTEPROYECTO NORMA DE EMISIÓN PARA MAQUINARIA MÓVIL FUERA DE RUTA

Paulina Schulz⁽¹⁾, Sandra Briceño⁽²⁾

27 de Octubre 2016

Presentación

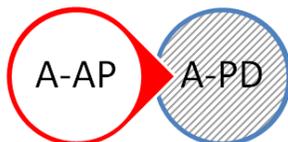
El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y de Emisión, así como planes de descontaminación y prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y en el Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación (D.S. N° 39/2012 del Ministerio de Medio Ambiente), se requiere de un Análisis de Impacto Económico y Social (AGIES) de las propuestas normativas 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), tarea que 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 un documento AGIES que se realiza en dos etapas:

- Un primer documento para apoyar el proceso de participación ciudadana, denominado AGIES del Anteproyecto (A-AP)
- Y el segundo documento para apoyar al CMSyCC en la toma de decisión, denominado Actualización de Costos y Beneficios del Proyecto Definitivo (A-PD).

El presente AGIES se encuentra en el proceso A-AP (en rojo, Figura 1), y en él se evaluarán los beneficios y los costos de la norma nacional de emisión para maquinaria móvil fuera de ruta.

Figura 1: Etapa del AGIES



Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados corresponden a las medidas definidas a la fecha de cierre de este informe, las que podrían sufrir modificaciones en etapas posteriores, tales como Consejo de Asesores, Participación Ciudadana, Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático.

⁽¹⁾ Profesional del departamento de Economía Ambiental, Coordinador del AGIES

⁽²⁾ Revisor

Resumen

El presente informe presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la Norma de Emisión para Maquinaria Móvil Fuera de Ruta. Este tiene como objetivo evaluar los beneficios y costos asociados a las medidas propuestas en el Anteproyecto.

El Anteproyecto propone establecer límites de emisión de acuerdo a la potencia de la maquinaria, normando a todas las potencias desde el año 2019 con límites equivalentes al estándar europeo *Stage IIIA* y a partir del año 2022 a las potencias mayores de 56 kW con límites equivalentes a *Stage IV*.

La metodología empleada en la elaboración del AGIES fue un Análisis Costo-Beneficio (ACB), es decir, se llevaron a términos monetarios los impactos (costos y beneficios) del proyecto en análisis. La elaboración del ACB consideró la comparación de dos escenarios: situación sin proyecto o línea base y situación con proyecto. La línea base asumió que se mantiene la tendencia de desfase normativa según país de origen de la maquinaria, mientras que la situación con proyecto supuso que la norma se implementa a partir del año 2019. Como costos relevantes se consideraron los costos de mejora tecnológica de las maquinarias para cumplir los nuevos estándares de emisión. Como beneficios se estimaron ahorros en combustible y reducciones de riesgo de morbilidad y mortalidad en la población.

Cabe hacer notar que en la contabilización de costos y beneficios no se considera a la Región Metropolitana, ya que será regulada previamente a la vigencia de esta normativa mediante el Plan de Descontaminación para la zona.

Los resultados del AGIES indican que:

- La reducción de emisiones al año 2026 (excluyendo RM) de material particulado alcanzaría las 1.835 ton/año, mientras que el NOx y SO2 se reducirían en 15.188 y 25 ton/año respectivamente.
- La normativa provee beneficios de 201,5 millones de USD en valor presente¹, lo que equivale a 35,9 millones de USD por año.
- Los costos alcanzan los 47 millones de USD en valor presente, equivalentes a 6,24 millones de USD por año.
- Por cada dólar gastado la sociedad obtiene un beneficio de 4 dólares, mientras que el VAN del proyecto es de 154 millones de USD.

En conclusión, el AGIES sugiere que la normativa es conveniente desde el punto de vista social dado que los beneficios superan los costos calculados.

¹ Valor presente calculado para año 2016, considera flujos hasta el año 2026. El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 15.816 UF al año 2016, con IC al 90% de [10.966; 20.339] UF. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2,9%. Los coeficientes de riesgo utilizados se presentan en la sección 5.3 de anexos.

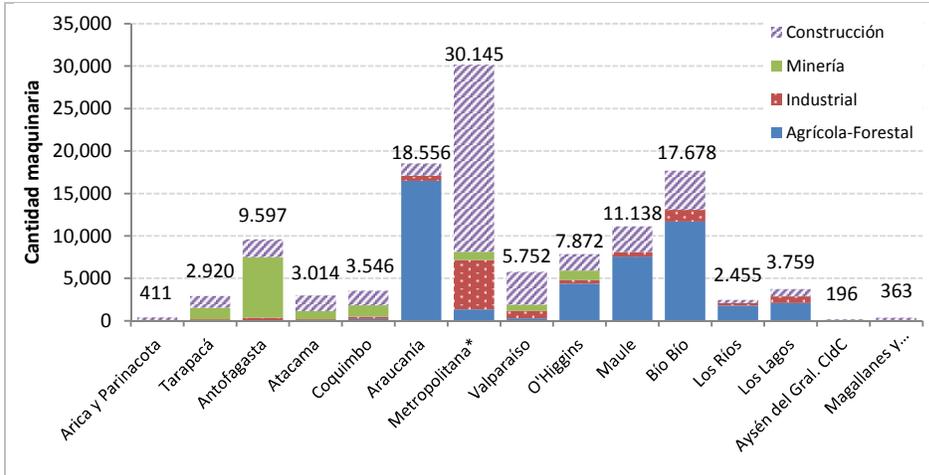


Figura A: Parque de MMFR año 2013
El parque a nivel nacional de MMFR es de 117.403 unidades.
Excluyendo a la RM, el parque es de 87.258 unidades.

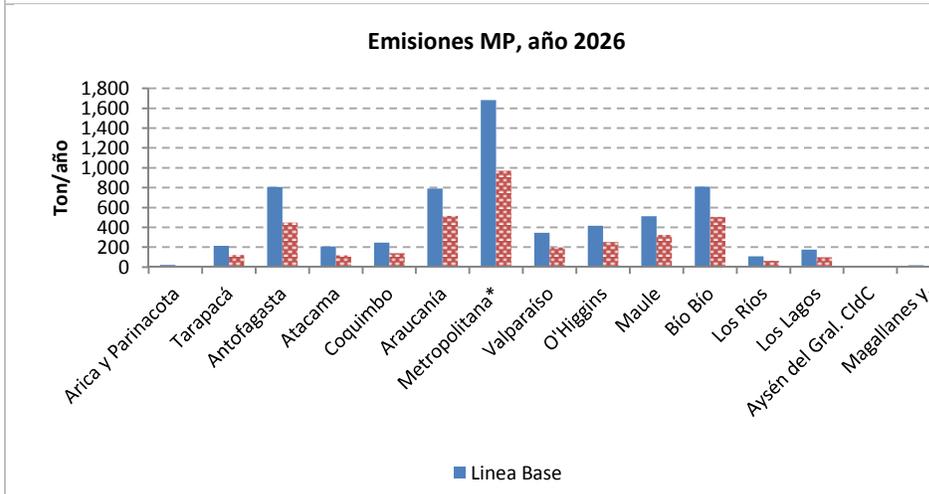
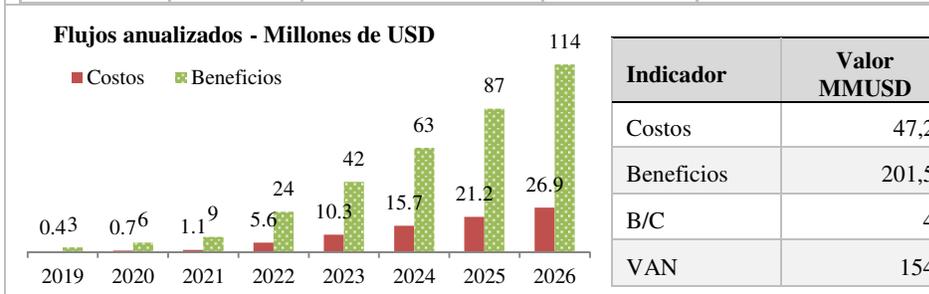


Figura B: Emisiones MP de línea base y con normativa, año 2026.
Las emisiones de MP se reducirían entre un 35 y 47%, dependiendo de la región del país.

Evento	Casos evitados 2026 (p50)	Intervalo de confianza al 90%	Casos evitados 2019-2026 (p50)	Intervalo de confianza al 90%
Mortalidad	143	[99 - 196]	451	[316 - 617]
Admisiones hospitalarias	152	[92 - 202]	486	[296 - 643]
Visitas Salas de Emergencia	2.411	[1.559 - 3.875]	8.027	[5.199 - 12.889]
Productividad perdida (días)	304.180	[280.366 - 318.806]	1.012.530	[934.028 - 1.061.671]

Figura C: Casos Evitados
El número de casos evitados de mortalidad el año 2026 sería de 143, mientras que el acumulado periodo 2019-2026 llegaría a 451.



Indicador	Valor MMUSD
Costos	47,2
Beneficios	201,5
B/C	4
VAN	154

Figura D: Indicadores económicos
La presente normativa tiene una relación beneficio costo de 4 y valor actual neto de casi 154 millones de dólares.



ÍNDICE

Resumen	2
1. Antecedentes	5
2. Metodología	7
3. Resultados	9
3.1 Proyección de Parque de Línea Base	9
3.2 Reducción de Emisiones	10
3.3 Casos Evitados de Mortalidad y Morbilidad	12
3.4 Indicadores Económicos	12
4. Conclusiones	15
5. Anexos.....	16
5.1 Metodología Beneficios en Salud	16
5.2 Valores unitarios de casos evitados	17
5.3 Coeficientes de Riesgo Unitario	18
5.4 Costos incrementales	20
5.5 Otros resultados	21
6. Ficha del AGIES	29
7. Bibliografía.....	30

1. Antecedentes

La maquinaria móvil fuera de ruta, en adelante MMFR, se define como “cualquier máquina móvil o equipo industrial portátil o vehículo con o sin carrocería, no destinados al transporte de pasajeros o mercancías por carretera, aptos para desplazarse sobre el suelo, con o sin carretera y que funciona en base a motores de combustión interna, de encendido por compresión, con una potencia neta instalada, igual o superior a 19 kW pero inferior a 560 kW. Se excluyen los motores destinados a la propulsión de automotores, locomotoras u otros elementos y equipos ferroviarios que se desplacen sobre rieles, barcos, aeronaves y vehículos de recreación.”

La presente regulación propone una norma de entrada de carácter nacional, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 1. Para el presente análisis, no se considerará a la Región Metropolitana para efectos de costos y beneficios dado que se regulará a este sector en el contexto de actualización del Plan de Descontaminación para dicha zona. Sin embargo, sí se incluirá información para esta región a modo de antecedente.

Tabla 1: Regulación propuesta en el Anteproyecto

Potencia	Vigencia	Norma equivalente
Todas	2019	Stage IIIA
Mayor a 56 kW	2022	Stage IV

Fuente: Elaboración propia

El parque total de MMFR (*of-road*) estimado para el año 2013 es de 117.403 unidades (87.258 excluyendo la RM), representando un 2,8% de la flota *on-road*, siendo el sector agrícola-forestal el que cuenta con la mayor cantidad de maquinarias, seguido por maquinarias utilizadas en el sector de la construcción, como se aprecia en la Tabla 2.

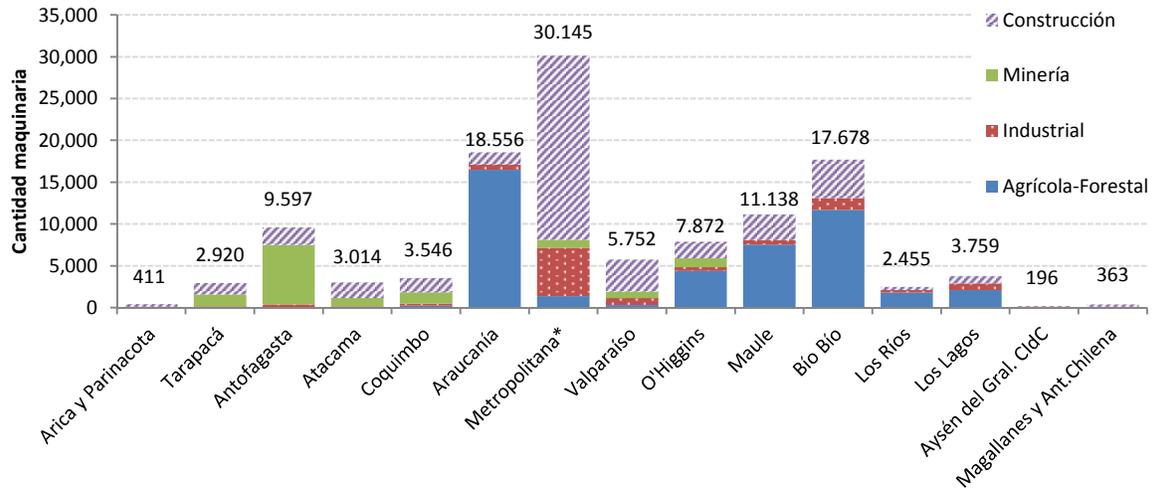
Tabla 2: Parque de MMFR según rubro, año 2013.

Rubro	Cantidad	Porcentaje
Agrícola-Forestal	46.117	39%
Construcción	45.870	39%
Industrial	11.723	10%
Minería	13.693	12%
Total	117.403	100%

Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

Con respecto a la distribución regional de maquinaria, es la RM la que cuenta con una mayor participación, superando el 25%, seguida por las regiones de la Araucanía y del Bío Bío, cada una con una participación de alrededor de 15%, como se muestra en Figura 2.

Figura 2: Distribución por región y rubro de parque de MMFR, año 2013.

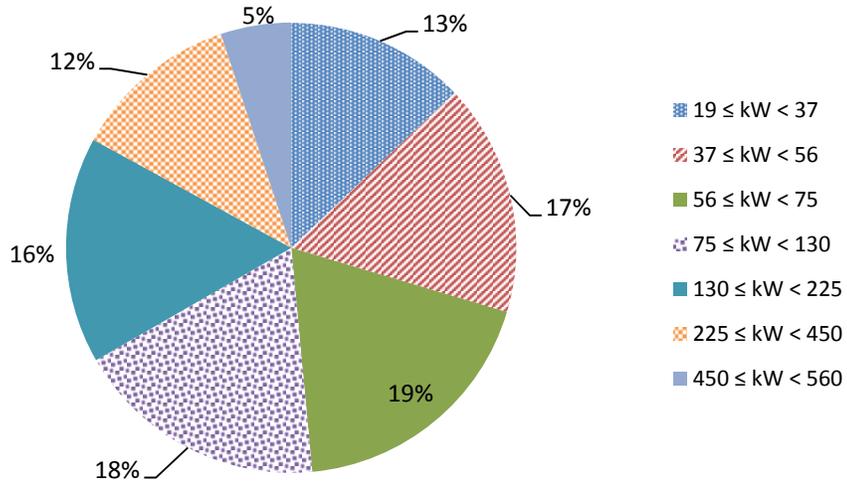


Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014).

(*) Los costos y beneficios asociados al cumplimiento de la norma en la RM no se consideran como parte de la norma nacional, ya que dicha región estará sujeta a un Plan de Descontaminación que incluirá este sector previo a la vigencia de la norma nacional.

El 30% de la maquinaria tiene una potencia entre 19 y 56 kW, mientras que el 70% tiene una potencia entre 56 y 560kW. La Figura 3 muestra en mayor detalle la distribución según tramo de potencia.

Figura 3: Distribución del parque según tramo de potencia



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014).

Con respecto a las emisiones de línea base, la Tabla 3 presenta las emisiones según contaminante de MMFR a nivel nacional total y excluyendo las emisiones en la Región Metropolitana.

Tabla 3: Línea base de emisiones 2013

	<i>PM</i>	<i>NOx</i>	<i>SO2</i>	<i>CO</i>	<i>CO2</i>	<i>VOC</i>
Emisión MMFR	4.159	35.630	108	26.673	3.525.209	5.762
Emisión MMFR sin RM	3.034	25.959	77	18.941	2.523.237	4.112

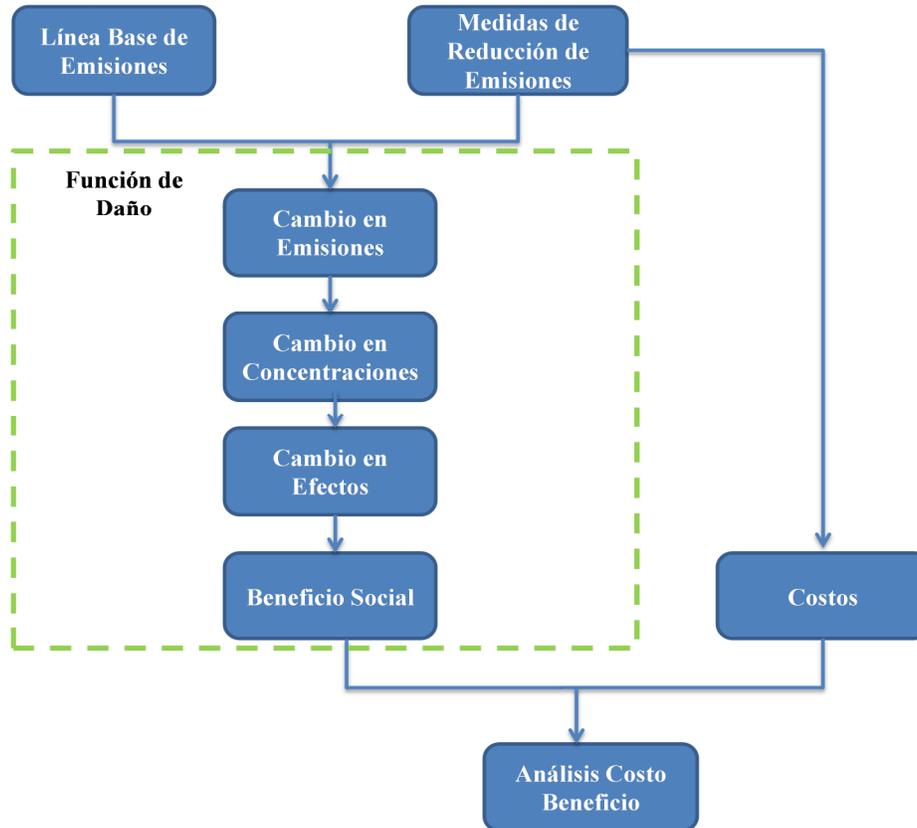
Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

2. 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 la regulación 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 continuación.

Las reducciones de emisiones son atribuibles a los estándares definidos en el Anteproyecto, los cuales afectan heterogéneamente a los regulados.

Figura 4. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio.



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

El AGIES se elabora utilizando una secuencia de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las emisiones 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 simplificado de emisión-calidad, modelo de concentración-respuesta basado en estudios epidemiológicos² y un modelo económico de valorización de los beneficios. Paralelamente se integra la información de los costos de las medidas que pueden ser relacionados con los beneficios para completar el análisis costo-beneficio (ver Figura 4).

Los beneficios valorizados de las medidas del plan corresponden a impactos en la salud de la población expuesta debido a 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. Adicionalmente se valoran los beneficios por ahorros en el uso de combustible debido a posibles mejoras de eficiencia de las nuevas tecnologías.

En relación a los costos, se incorporan lo relacionado a inversión y costos de operación, donde los primeros son anualizados de acuerdo a su vida útil.

Dentro de las limitaciones del análisis se mencionan los beneficios por reducción de MP que no fueron valorizados tales como la mejora 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 y beneficios derivados de la reducción de *Black Carbon*³. Esto se debe a la carencia de metodologías validadas a nivel internacional o falta de información base.

Finalmente es importante recalcar que los resultados del AGIES intentan orientar a los tomadores de decisiones mediante el uso de la metodología aquí planteada, sin embargo, no debe ser considerada como el único criterio para la aprobación de una política pública (Fisher 1991; Arrow, Cropper et al. 1996). Ésta debe tener una visión integral que incorpore otras variables tales como el riesgo de la población expuesta⁴, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras⁵.

² 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.

³ 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.

⁴ El riesgo en salud está dado de manera implícita con la norma de calidad ambiental de MP₁₀ y MP_{2,5}, la cual debe cumplirse en todo el territorio nacional.

⁵ D.S.38 y 39/2012 del MMA incorporan, entre otras cosas, la generación de comités, la Participación Ciudadana y el Consejo de Ministros por la Sustentabilidad los cuales intentan incorporar los aspectos mencionados.

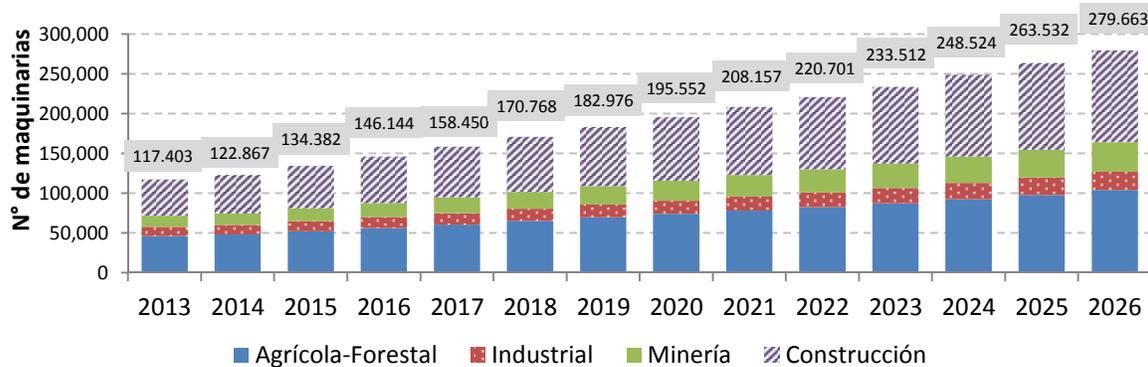
3. Resultados

3.1 Proyección de Parque de Línea Base

El parque de línea base fue proyectado desde el año 2013 hasta el año 2026 por Geasur (2014), considerando la potencia del motor, país de origen y rubro, para posteriormente distribuirlo a nivel regional. El detalle de la información utilizada, supuestos y metodologías se encuentra en dicho estudio y se basan en información recopilada de Aduanas entre los años 2000 y 2013 y de plantas de revisión técnica entre 2010 y 2013.

La Figura 5 muestra la proyección del parque en el tiempo según rubro incluyendo a la RM, mientras que la Figura 6 muestra la proyección de las demás regiones del país.

Figura 5: Proyección del parque nacional total de MRF según rubro, incluyendo RM



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

Figura 6: Proyección del parque de MRF según rubro, excluyendo RM.



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

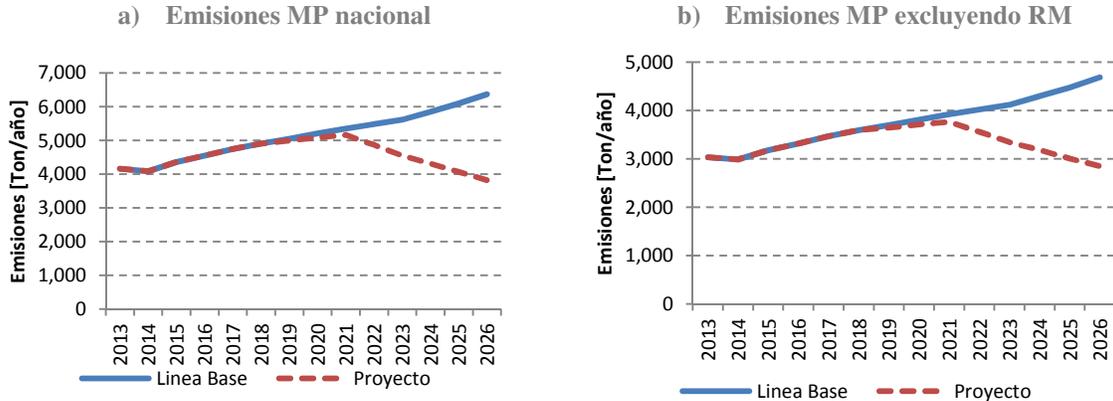
Las proyecciones indican que el parque de maquinaria crecería más de un 100% durante el periodo de evaluación, alcanzando cerca de 280 mil unidades a nivel nacional al año 2026, cifra que al excluir la Región Metropolitana, llegaría a alrededor de 200 mil unidades.

La distribución del parque según región del país se presenta en la sección 5.5 de Anexos.

3.2 Reducción de Emisiones

La Figura 7, Figura 8 y Figura 9 muestran la proyección de emisiones de línea base, en que se mantienen las tendencias actuales de desfase normativo en el parque de entrada de acuerdo al país de origen, tipología y potencia de la maquinaria, versus el escenario con proyecto, en que a partir de la vigencia de la normativa todo el parque que entre al mercado local deberá cumplir los límites establecidos en el anteproyecto de norma.

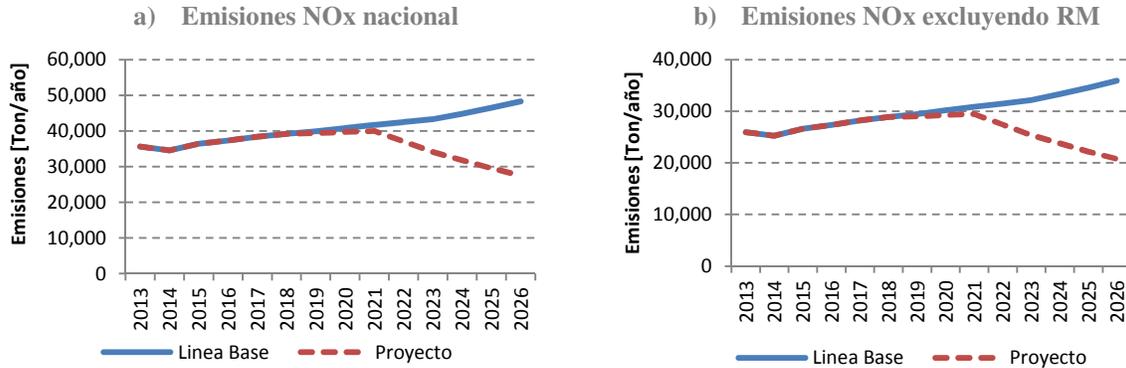
Figura 7: Proyección de emisiones por escenario, material particulado [Ton/año]



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

La Figura 7 presenta las emisiones de material particulado. Se observa en la figura a) que las emisiones a nivel nacional se reducirían el año 2026 en 2.542 toneladas con respecto a la línea base del mismo año, lo que representa una reducción del 40%. Excluyendo la Región Metropolitana (figura b)), la reducción alcanzaría 1.835 toneladas, equivalentes a un 39%.

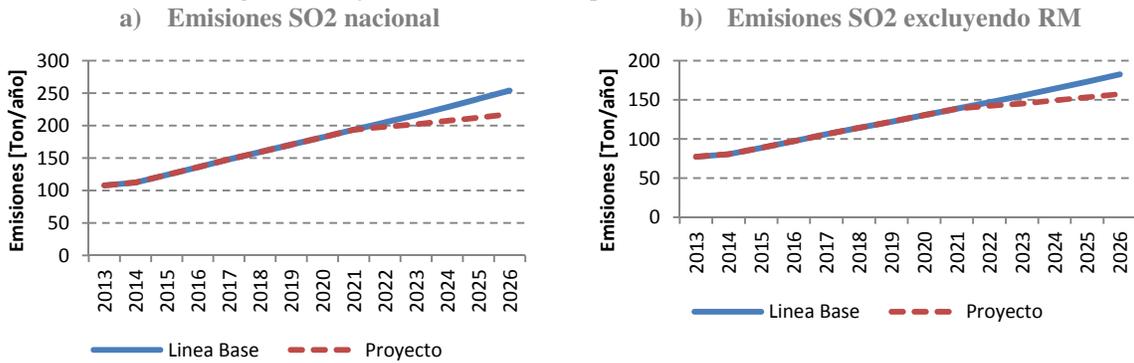
Figura 8: Proyección de emisiones por escenario, NOx [Ton/año]



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

La Figura 8 presenta las emisiones de NOx. Se observa en la parte a) que el año 2026 la reducción de emisiones a nivel nacional asociada a la norma de entrada alcanzaría las 20.785 toneladas, lo que representa una reducción del 43% respecto a la línea base. Sin considerar las emisiones de la Región Metropolitana, la reducción alcanzaría 15.188 toneladas, equivalentes al 42%.

Figura 9: Proyección de emisiones por escenario, SO2 [Ton/año]

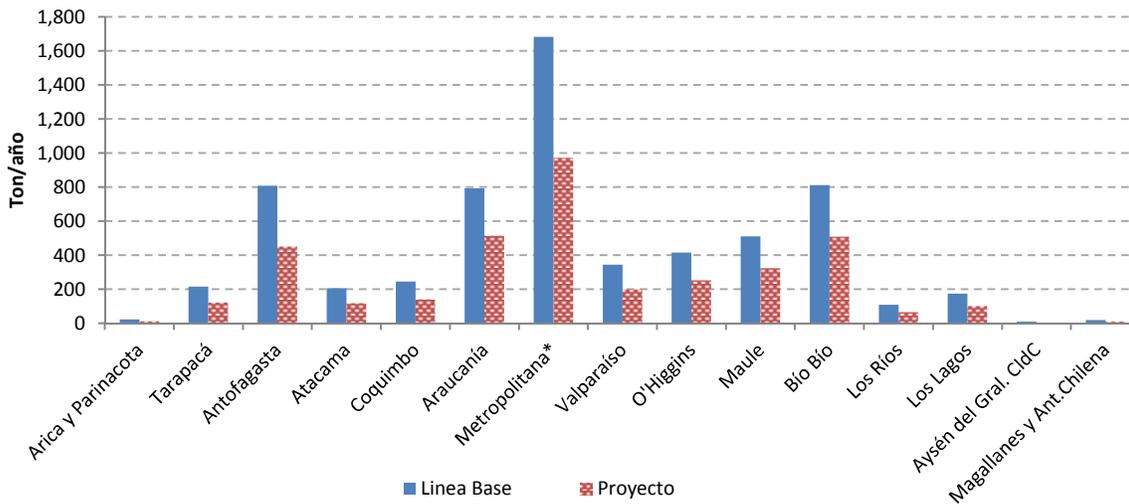


Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

Por último, la Figura 9 muestra las emisiones de SO2, las que disminuyen en el escenario con proyecto en un 14% respecto a la línea base el año 2026.

Con respecto a las emisiones de material particulado con y sin normativa a nivel regional, se presentan en la Figura 10 las emisiones correspondientes al año 2026.

Figura 10: Emisiones año 2026 de MP por región del país.



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

(*) Los costos y beneficios asociados al cumplimiento de la norma en la RM no se consideran como parte de la norma nacional, ya que dicha región estará sujeta a un Plan de Descontaminación que incluirá este sector previo a la vigencia de la norma nacional.

3.3 Casos Evitados de Mortalidad y Morbilidad

La disminución de concentración de $MP_{2,5}$ se asocia a la reducción de casos de mortalidad y morbilidad en todas las regiones del país. La metodología para la estimación de casos evitados se describe en la sección 5.1 de Anexos.

La Tabla 4 muestra el detalle de los casos evitados debido a la implementación de la norma de entrada a nivel nacional para la maquinaria fuera de ruta, excluyendo a la Región Metropolitana, que será regulada previamente en su Plan de Descontaminación Atmosférica. Los casos de mortalidad anuales para el año 2026 alcanzarían los 143, mientras que los casos agregados en el periodo 2019-2026 alcanzarían los 451.

Tabla 4: Casos evitados de mortalidad y morbilidad (Excluye RM).

Evento	Tipo	Casos evitados 2026 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%	Casos evitados 2019-2026 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%
Mortalidad	Cardiopulmonar largo plazo	143	[99 - 196]	451	[316 - 617]
Admisiones hospitalarias	Asma (crónica)	4	[4 - 5]	13	[12 - 18]
	Cardiovascular	65	[56 - 75]	209	[178 - 238]
	Respiratorias crónicas	15	[-2 - 27]	50	[-6 - 88]
	Neumonía	68	[35 - 95]	214	[112 - 299]
Visitas Salas de Emergencia	Asma	2.411	[1.559 – 3.875]	8.027	[5.199 – 12.889]
Productividad perdida	Días laborales	20.467	[19.638 – 22.046]	68.057	[65299 - 73240]
	Días de actividad restringida	98.408	[91.555 – 102.411]	327.822	[305.052 – 341.047]
	Días de actividad restringida menor	185.306	[169.173 – 194.349]	616.651	[563.677 – 647.384]

Fuente: Elaboración propia

3.4 Indicadores Económicos

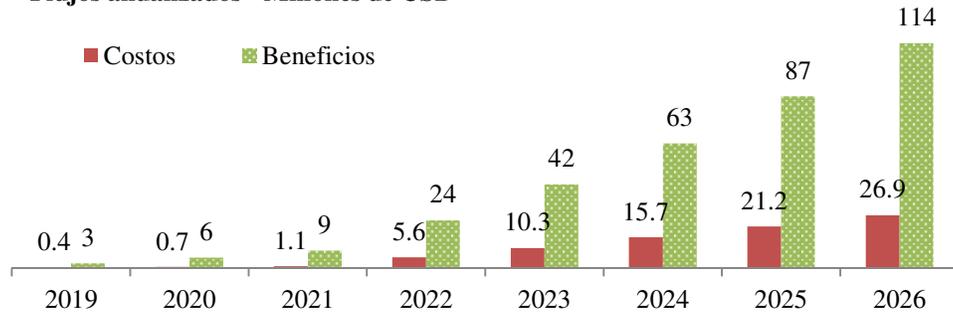
Posteriormente a la cuantificaciones de los casos de morbilidad y mortalidad evitados, se procede a su valorización, de acuerdo a la metodología indicada en la sección 5.1, utilizando los valores unitarios correspondientes (sección 5.2 presenta los valores para el año 2016).

Con respecto a los costos, estos fueron tomados de la tabla 10.2 del estudio Geasur (2014) y anualizados de acuerdo a su vida útil. El detalle se presenta en la sección 5.4 en Anexos.

La Figura 11 presenta los flujos anualizados de costos y beneficios de implementar la normativa.

Figura 11: Flujos anualizados de costos y beneficios, millones de USD

Flujos anualizados - Millones de USD



Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014)

(*) Los costos y beneficios asociados al cumplimiento de la norma en la RM no se consideran como parte de la norma nacional, ya que dicha región estará sujeta a un Plan de Descontaminación que incluirá este sector previo a la vigencia de la norma nacional.

Tabla 5: Valor presente de costos y beneficios (excluye RM)

Región	Costos USD		Beneficios USD		Beneficio Neto USD	B/C
	VP Costo	VP Inversion	VP Beneficio Salud	VP Ahorro		
Arica y Parinacota	46.379	128.510	251.398	1.686	78.194	1
Tarapacá	497.760	1.390.022	3.526.114	33.469	1.671.801	2
Antofagasta	1.924.225	5.406.977	16.251.775	154.241	9.074.814	2
Atacama	466.996	1.297.752	1.550.817	27.051	-186.880	1
Coquimbo	566.305	1.582.024	3.225.927	36.477	1.114.075	2
Araucanía	2.495.634	7.089.166	29.778.350	170.763	20.364.313	3
Valparaíso	730.404	2.031.390	15.383.489	34.866	12.656.561	6
O'Higgins	1.123.203	3.167.517	17.355.198	74.150	13.138.628	4
Maule	1.447.970	4.083.644	38.627.748	86.983	33.183.117	7
Bío Bío	2.253.659	6.367.415	52.051.722	136.932	43.567.581	6
Los Ríos	307.042	873.533	6.707.048	20.327	5.546.799	6
Los Lagos	436.444	1.241.695	14.282.780	27.142	12.631.783	9
Aysén del Gral. CidC	18.983	54.081	508.886	990	436.812	7
Magallanes y Ant.Chilena	39.354	109.618	1.163.250	1.524	1.015.803	8
Total MM USD	12,4	34,8	200,7	0,81	154,3	4
		47,2		201,5		

Fuente: Elaboración propia

El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 15.816 UF al año 2016, con IC al 90% de [10.966; 20.339] UF⁶. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2,9%. Los coeficientes de riesgo utilizados se presentan en la sección 5.3 de anexos. Valor presente considera flujos hasta año 2026.

De la Tabla 5 se observa que los beneficios son muy superiores a los costos para la presente normativa, resultando que por cada dólar gastado se obtiene un retorno de 4 dólares. El valor actual neto (VAN) de la normativa alcanzaría 154 millones de dólares, siendo la Región del Bío Bío la que tendría la mayor cantidad de beneficios netos, alcanzando un

⁶ 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.



28% de estos, seguida por la Región del Maule y la Región de la Araucanía, con una participación del 22 y 13% respectivamente.

4. Conclusiones

El presente informe muestra la evaluación de los beneficios y costos asociados al Anteproyecto de la Norma de Emisión para Maquinaria Móvil Fuera de Ruta.

El Anteproyecto propone establecer límites de emisión de acuerdo a la potencia de la maquinaria que ingresa al país a partir del año 2019.

La metodología empleada en la evaluación fue un Análisis Costo-Beneficio (ACB), es decir, se llevaron a términos monetarios los impactos (costos y beneficios) del proyecto en análisis. La elaboración del ACB consideró la comparación de dos escenarios: situación sin proyecto o línea base y situación con proyecto. La línea base asumió que se mantiene la tendencia de desfase normativa según país de origen de la maquinaria, mientras que la situación con proyecto supuso que la norma se implementa a partir del año 2019. Como costos relevantes se consideraron los costos de mejora tecnológica de las maquinarias para cumplir los nuevos estándares de emisión. Como beneficios se estimaron ahorros en combustible y reducciones de riesgo de morbilidad y mortalidad en la población.

Cabe hacer notar que en la contabilización de costos y beneficios no se consideró a la Región Metropolitana, ya que esta será regulada previamente a la vigencia de esta normativa mediante el Plan de Descontaminación para la zona.

Los resultados del AGIES indican que:

- La reducción de emisiones al año 2026 (excluyendo RM) de material particulado alcanzaría las 1.835 ton/año, mientras que el NOx y SO2 se reducirían en 15.188 y 25 ton/año respectivamente.
- La normativa provee beneficios de 201,5 millones de USD en valor presente⁷, lo que equivale a 35,9 millones de USD por año.
- Los costos alcanzan los 47 millones de USD en valor presente, equivalentes a 6,24 millones de USD por año.
- Por cada dólar gastado la sociedad obtiene un beneficio de 4 dólares, mientras que el VAN del proyecto es de 154 millones de USD.

En conclusión, el AGIES sugiere que la normativa es ampliamente rentable desde el punto de vista social dado que los beneficios son cuatro veces superiores a los costos calculados.

⁷ Valor presente calculado para año 2016, considera flujos hasta el año 2026. El valor de la reducción de riesgos fatales (valor de la vida estadística) sigue una distribución triangular con mediana de 15.816 UF al año 2016, con IC al 90% de [10.966; 20.339] UF. Se proyecta con una tasa de crecimiento del 2,9%. Los coeficientes de riesgo utilizados se presentan en la sección 5.3 de anexos.

5. Anexos

5.1 Metodología Beneficios en Salud

Los efectos en salud se asocian a principalmente a la fracción fina del material particulado (MP_{2,5}) que fueron cuantificados en este análisis.

La fracción fina del MP contiene partículas tan pequeñas que son capaces de ingresar en las vías respiratorias y depositarse en los alveolos pulmonares e incluso llegar al torrente sanguíneo. Esto provoca graves efectos sobre la salud de las personas, exacerbando enfermedades de tipo respiratorio y dolencias cardiovasculares, siendo los niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias y cardiacas los grupos más vulnerables a la contaminación.

Además de los efectos a la salud de las personas, existen otros beneficios de reducir la contaminación. La Tabla 6 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 6: Beneficios identificados derivados de la reducción de emisiones

Identificados	Valorizados
↓ Mortalidad prematura (MP)	Sí
↓ Morbilidad (MP)	Sí
↓ Productividad perdida (MP)	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: Elaboración propia.

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

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

Dónde:

ΔEfecto_{pj} : Cambio en efecto en salud j debido al delta de emisión del contaminante p



- β_{pj} : $[(\text{ug}/\text{m}^3)^{-1}]$,
 Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p $[(\text{ug}/\text{m}^3)^{-1}]$,
 ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i $[\text{ug}/\text{m}^3]$,
 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 linealizar⁸ la expresión anterior se obtiene:

$$\Delta \text{Efecto}_{pj} \approx \sum_{i=1}^n \beta_{pj} \cdot \Delta C_{pi} \cdot P_{ijp} \cdot Y_{0j}$$

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:

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

Dónde:

- Beneficio_p : Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p , en este caso $\text{MP}_{2.5}$.
 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”.

5.2 Valores unitarios de casos evitados

Tabla 7: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso] para el año 2016.

Tipo de efecto	Efecto detalle	Grupo etario								
		0-1	1-4	5-12	13-17	18-29	30-44	45-64	65-74	75+
Mortalidad	<i>Largo y corto plazo</i>	15.805	15.805	15.805	15.805	15.805	15.805	15.805	15.805	15.805
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	27	27	27	27	30	30	30		
	<i>Cardiovascular</i>					60	60	60	60	60
	<i>Respiratorias crónicas</i>					38	38	38	39	39
	<i>Neumonía</i>								42	42
	<i>Bronquitis</i>	27	27	27	27	38	38	38	39	39

⁸ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1,3	1,3	1,3	1,3					
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>					0,9	0,9	0,9		
	<i>Días de actividad restringida</i>					0,3	0,3	0,3		
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (MMA 2011)

5.3 Coeficientes 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

Tipo de efecto	Efecto detalle	Grupo etario (años de edad)								
		0-1	1-4	5-12	13-17	18-29	30-44	45-64	65-74	75+
Mortalidad	<i>Cardiopulmonar largo plazo</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0,86%	0,86%	0,86%	0,86%
Admisiones hospitalarias	<i>Asma</i>	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0,33%	0%	0%
	<i>Cardiovascular</i>	0%	0%	0%	0%	0,15%	0,15%	0,15%	0,16%	0,16%
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0%	0%	0%	0%	0,24%	0,24%	0,24%	0,12%	0,12%
	<i>Neumonía</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,4%	0,4%
	<i>Bronquitis</i>	0%	0%	0,77%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Bronquitis crónica</i>	0%	0%	0%	0%	1,11%	1,11%	1,11%	1,11%	1,11%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	0,44%	0,44%	0,44%	0,44%	0%	0%	0%	0%	0%
Productividad perdida	<i>Días laborales</i>	0%	0%	0%	0%	0,46%	0,46%	0,46%	0%	0%
	<i>Días de actividad restringida</i>	0%	0%	0%	0%	0,47%	0,47%	0,48%	0%	0%
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0%	0%	0%	0%	0,74%	0,74%	0,74%	0%	0%

Fuente: (MMA 2011)

Tabla 9: Detalle coeficientes de riesgo unitario y fuente de información

Tipo de Efecto	Nombre	Grupo edad	Cont.	Métrica	Fuente	Original Location	Beta	Standard Error
Mortalidad Prematura	Exp de Largo Plazo Cardiopulmonar	>30	MP2.5	Annual	Pope et al.	US Metropolitan Areas	0,86%	3,03 E-03
Admisiones Hospitalarias	Congestive Heart Failure	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,31%	1,29 E-03
Admisiones Hospitalarias	Dysrhythmia	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,12%	2,03 E-03
Admisiones Hospitalarias	Ischemic Heart (less Myocardial Infarctions)	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,14%	1,16 E-03
Admisiones Hospitalarias	Chronic Lung	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,12%	2,06 E-03
Admisiones Hospitalarias	Pneumonia	65+	MP2.5	D24HourMean	Ito	Detroit, MI	0,40%	1,66 E-03
Admisiones Hospitalarias	Cardiovasculares	18-64	MP2.5	D24HourMean	Moolgavkar	Los Angeles, CA	0,15%	3,68 E-04
Admisiones Hospitalarias	Chronic Lung	18-64	MP2.5	D24HourMean	Moolgavkar	Los Angeles, CA	0,24%	7,91 E-04
Admisiones Hospitalarias	Cardiovasculares	65+	MP2.5	D24HourMean	Moolgavkar	Los Angeles, CA	0,16%	3,44 E-04
Admisiones Hospitalarias	Asthma	0-64	MP2.5	D24HourMean	Sheppard	Seattle, WA	0,33%	1,05 E-03
Visitas Sala Urgencia	Asthma	0-17	MP2.5	D24HourMean	Norris et al.	Seattle, WA	1,65%	4,14 E-03
Restricción de Actividad	Dias Laborales Perdidos	18-64	MP2.5	D24HourMean	Ostro	Nationwide, USA	0,46%	3,60 E-04
Restricción de Actividad	Dias con Actividad Restringida	18-64	MP2.5	D24HourMean	Ostro	Nationwide, USA	0,48%	2,90 E-04
Restricción de Actividad	Dias con Actividad Restringida Menor	18-64	MP2.5	D24HourMean	Ostro and Rothschild	Nationwide, USA	0,74%	7,00 E-04
Visitas Sala Urgencia	Bronquitis Aguda	0-17	MP2.5	D24HourMean	Dockery et al.	Six Cities USA	0,44%	2,16 E-03

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Costos incrementales

Con respecto a los costos, estos fueron tomados de la tabla 10.2 del estudio Geasur (2014) y anualizados de acuerdo a su vida útil. Los costos presentados en el estudio corresponden al costo incremental desde el paso tecnológico inmediatamente anterior, por lo que en casos de que el cumplimiento normativo requiera mejoras adicionales, los costos incrementales deben sumarse hasta alcanzar la tecnología requerida. El resultado obtenido se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 10: Costos unitarios anualizados de mejora tecnológica [USD/año]

		19 ≤ kW < 37		37 ≤ kW < 56		56 ≤ kW < 75		75 ≤ kW < 130		130 ≤ kW < 225		225 ≤ kW < 560	
		Stage IIIA	Stage IV	Stage IIIA	Stage IV	Stage IIIA	Stage IV	Stage IIIA	Stage IV	Stage IIIA	Stage IV	Stage IIIA	Stage IV
Inversión	Sin norma	80	140	128	180	135	480	361	745	378	755	1.139	2.905
	Stage I	74	135	90	143	95	440	239	623	267	644	776	2.542
	Stage II	45	105	53	106	56	401	117	501	155	532	413	2.179
	Stage IIIA	0	61	0	53	0	345	0	384	0	377	0	1.766
	Stage IIIB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operación	Sin norma	145	145	125	125	131	244	-367	-222	-442	-267	-2.420	-1.365
	Stage I	73	73	125	125	131	244	-367	-222	-442	-267	-2.420	-1.365
	Stage II	0	0	84	84	88	201	-298	-154	-335	-159	-1.361	-306
	Stage IIIA	0	0	0	0	0	112	0	144	0	175	0	1.055
	Stage IIIB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a Geasur (2014).

Cabe mencionar que la consultoría sólo presenta costos unitarios incrementales, y que la agregación de los costos fue realizada por el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

(1) Profesional del departamento de Economía Ambiental, Coordinador del AGIES
(2) Revisor

5.5 Otros resultados

Tabla 11: Proyección del parque por región.

Región	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Arica y Parinacota	411	431	472	514	558	601	644	689	734	780	825	879	933	988
Tarapacá	2.920	3.079	3.411	3.746	4.107	4.456	4.804	5.173	5.545	5.911	6.281	6.698	7.118	7.544
Antofagasta	9.597	10.136	11.272	12.416	13.662	14.855	16.043	17.313	18.595	19.849	21.116	22.530	23.949	25.387
Atacama	3.014	3.175	3.511	3.851	4.215	4.569	4.922	5.295	5.670	6.041	6.415	6.840	7.267	7.701
Coquimbo	3.546	3.733	4.124	4.520	4.942	5.353	5.764	6.197	6.633	7.063	7.498	7.993	8.490	9.000
Araucanía	18.556	19.323	20.951	22.657	24.422	26.250	28.032	29.811	31.583	33.355	35.192	37.387	39.561	42.080
Metropolitana*	30.145	31.602	34.654	37.720	40.909	44.061	47.224	50.523	53.841	57.149	60.501	64.436	68.399	72.463
Valparaíso	5.752	6.038	6.638	7.241	7.875	8.498	9.122	9.775	10.432	11.084	11.746	12.514	13.286	14.078
O'Higgins	7.872	8.231	8.990	9.772	10.591	11.418	12.232	13.065	13.898	14.727	15.577	16.572	17.564	18.654
Maule	11.138	11.623	12.647	13.709	14.812	15.939	17.046	18.165	19.282	20.397	21.546	22.907	24.261	25.779
Bío Bío	17.678	18.440	20.051	21.719	23.445	25.211	26.946	28.700	30.452	32.203	34.007	36.152	38.287	40.679
Los Ríos	2.455	2.556	2.772	2.995	3.225	3.461	3.693	3.926	4.159	4.392	4.632	4.922	5.210	5.538
Los Lagos	3.759	3.916	4.250	4.591	4.940	5.296	5.648	6.005	6.363	6.721	7.089	7.535	7.980	8.473
Aysén del Gral. CIdC	196	205	223	240	258	276	294	312	331	350	369	392	416	441
Magallanes y Ant.Chilena	363	380	415	451	489	526	563	601	640	679	718	764	811	859
Total Sin RM	87.258	91.265	99.728	108.424	117.541	126.707	135.751	145.028	154.316	163.552	173.011	184.088	195.133	207.201
Total Nacional	117.403	122.867	134.382	146.144	158.450	170.768	182.976	195.552	208.157	220.701	233.512	248.524	263.532	279.663

Fuente: Elaboración propia

(*) Los costos y beneficios asociados al cumplimiento de la norma en la RM no se consideran como parte de la norma nacional, ya que dicha región estará sujeta a un Plan de Descontaminación que incluirá este sector previo a la vigencia de la norma nacional.

Tabla 12: Proyección emisiones de MP según escenario y región [ton/año].

Escenario	Región	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Línea Base	Antofagasta	541	519	552	572	600	618	633	656	678	696	714	744	775	807
	Araucanía	491	492	523	550	575	599	619	638	656	673	691	721	752	792
	Arica y Parinacota	15	15	16	16	17	18	18	19	19	19	20	21	21	22
	Atacama	140	135	144	150	156	161	165	170	175	179	183	190	198	206
	Bío Bío	515	513	546	573	597	620	640	659	677	693	711	741	772	811
	Coquimbo	165	160	171	177	185	191	196	202	208	213	218	227	236	246
	Los Lagos	110	109	116	122	127	132	137	141	145	149	153	160	167	175
	Los Ríos	68	68	72	76	79	82	85	88	90	93	95	99	104	109
	Maule	326	325	345	362	378	392	404	416	427	437	448	467	487	511
	O'Higgins	269	265	282	295	308	319	328	339	348	357	366	382	397	416
	Tarapacá	145	140	149	155	162	167	171	177	182	186	191	199	207	215
	Valparaíso	231	225	240	250	261	269	276	284	292	298	305	317	330	344
	Aysén del Gral. CIdC	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10
	Magallanes y Ant.Chilena	13	13	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	19	19
Metropolitana*	1.125	1.102	1.178	1.227	1.277	1.318	1.354	1.393	1.428	1.458	1.489	1.551	1.615	1.681	
Total Línea Base		4.159	4.086	4.355	4.545	4.743	4.908	5.049	5.206	5.350	5.477	5.608	5.846	6.090	6.364
Proyecto	Antofagasta	541	519	552	572	600	618	627	643	657	616	571	534	494	452
	Araucanía	491	492	523	550	575	599	607	614	619	593	565	548	528	517
	Arica y Parinacota	15	15	16	16	17	18	18	18	19	17	16	15	14	13
	Atacama	140	135	144	150	156	161	164	168	171	161	149	140	131	121
	Bío Bío	515	513	546	573	597	620	630	640	646	614	580	556	531	510
	Coquimbo	165	160	171	177	185	191	194	198	202	190	176	166	154	142
	Los Lagos	110	109	116	122	127	132	135	137	138	130	121	115	109	103
	Los Ríos	68	68	72	76	79	82	84	85	85	81	77	73	70	67
	Maule	326	325	345	362	378	392	398	404	409	389	368	354	338	326
	O'Higgins	269	265	282	295	308	319	324	329	334	316	297	284	269	255
	Tarapacá	145	140	149	155	162	167	170	174	177	166	154	145	135	124

	Valparaíso	231	225	240	250	261	269	274	280	285	267	247	232	216	200
	Aysén del Gral. CIdC	6	6	7	7	7	8	8	8	8	7	7	6	6	5
	Magallanes y Ant.Chilena	13	13	14	14	15	15	15	16	16	15	14	13	12	11
	Metropolitana*	1.125	1.102	1.178	1.227	1.277	1.318	1.344	1.372	1.396	1.306	1.207	1.133	1.055	974
Total Proyecto		4.159	4.086	4.355	4.545	4.743	4.908	4.991	5.085	5.163	4.869	4.550	4.315	4.062	3.822

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Proyección emisiones de NOx según escenario y región [ton/año].

Escenario	Región	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Línea Base	Antofagasta	5.191	4.947	5.192	5.295	5.478	5.586	5.672	5.825	5.982	6.120	6.260	6.494	6.740	6.993
	Araucanía	3.825	3.822	4.036	4.209	4.356	4.500	4.624	4.745	4.856	4.964	5.082	5.269	5.456	5.707
	Arica y Parinacota	127	123	129	132	134	136	138	140	142	144	147	151	157	163
	Atacama	1.277	1.224	1.285	1.309	1.346	1.367	1.385	1.413	1.442	1.467	1.494	1.546	1.602	1.660
	Bío Bío	4.142	4.086	4.307	4.454	4.588	4.711	4.818	4.927	5.030	5.128	5.237	5.425	5.618	5.858
	Coquimbo	1.518	1.455	1.528	1.558	1.604	1.633	1.656	1.693	1.732	1.765	1.801	1.865	1.934	2.005
	Los Lagos	883	866	911	940	968	995	1.019	1.044	1.069	1.092	1.118	1.160	1.203	1.255
	Los Ríos	537	531	560	581	600	618	634	651	666	681	698	724	750	784
	Maule	2.623	2.590	2.731	2.824	2.909	2.986	3.052	3.119	3.182	3.242	3.308	3.425	3.546	3.697
	O'Higgins	2.290	2.235	2.352	2.422	2.499	2.560	2.612	2.675	2.736	2.792	2.852	2.956	3.063	3.189
	Tarapacá	1.353	1.294	1.358	1.384	1.427	1.452	1.472	1.506	1.541	1.572	1.604	1.661	1.723	1.786
	Valparaíso	2.030	1.952	2.050	2.088	2.140	2.173	2.203	2.243	2.285	2.322	2.363	2.444	2.532	2.625
	Aysén del Gral. CIdC	53	51	53	54	56	57	58	60	61	62	64	66	69	71
	Magallanes y Ant.Chilena	109	105	111	113	115	117	119	121	123	125	127	131	136	141
Metropolitana*	9.671	9.317	9.781	9.959	10.178	10.327	10.465	10.639	10.812	10.972	11.153	11.531	11.945	12.379	
Total Línea Base		35.630	34.599	36.384	37.322	38.397	39.218	39.927	40.800	41.657	42.448	43.305	44.849	46.472	48.312
Proyecto	Antofagasta	5.191	4.947	5.192	5.295	5.478	5.586	5.605	5.690	5.777	5.324	4.860	4.479	4.102	3.730
	Araucanía	3.825	3.822	4.036	4.209	4.356	4.500	4.522	4.537	4.540	4.299	4.059	3.884	3.701	3.578
	Arica y Parinacota	127	123	129	132	134	136	137	138	139	127	116	107	99	91

Atacama	1.277	1.224	1.285	1.309	1.346	1.367	1.373	1.389	1.405	1.293	1.180	1.090	1.002	915
Bío Bío	4.142	4.086	4.307	4.454	4.588	4.711	4.733	4.754	4.766	4.463	4.160	3.934	3.707	3.525
Coquimbo	1.518	1.455	1.528	1.558	1.604	1.633	1.639	1.659	1.679	1.546	1.412	1.304	1.198	1.095
Los Lagos	883	866	911	940	968	995	999	1.003	1.007	935	863	809	755	711
Los Ríos	537	531	560	581	600	618	621	623	624	585	546	518	488	466
Maule	2.623	2.590	2.731	2.824	2.909	2.986	3.000	3.014	3.021	2.833	2.646	2.506	2.366	2.253
O'Higgins	2.290	2.235	2.352	2.422	2.499	2.560	2.571	2.592	2.609	2.433	2.254	2.116	1.978	1.857
Tarapacá	1.353	1.294	1.358	1.384	1.427	1.452	1.457	1.476	1.496	1.378	1.257	1.160	1.065	971
Valparaíso	2.030	1.952	2.050	2.088	2.140	2.173	2.182	2.202	2.221	2.039	1.856	1.713	1.575	1.440
Aysén del Gral. CIdC	53	51	53	54	56	57	57	57	58	53	48	44	40	37
Magallanes y Ant.Chilena	109	105	111	113	115	117	117	118	119	109	99	91	84	77
Metropolitana*	9.671	9.317	9.781	9.959	10.178	10.327	10.370	10.445	10.519	9.636	8.753	8.071	7.415	6.781
Total Proyecto	35.630	34.599	36.384	37.322	38.397	39.218	39.384	39.697	39.979	37.053	34.110	31.826	29.576	27.526

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Proyección emisiones de SO2 según escenario y región [ton/año].

Escenario	Región	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Línea Base	Antofagasta	17	18	19	21	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40
	Araucanía	10	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24
	Arica y Parinacota	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Atacama	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10
	Bío Bío	12	12	13	15	16	17	18	20	21	22	23	25	26	27
	Coquimbo	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11
	Los Lagos	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6
	Los Ríos	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	Maule	7	8	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	16	17
	O'Higgins	7	7	8	8	9	10	11	11	12	13	14	14	15	16
	Tarapacá	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
	Valparaíso	6	7	7	8	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15
	Aysén del Gral. CIdC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Magallanes y Ant.Chilena	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Metropolitana*	31	32	35	39	42	45	48	52	55	58	61	64	68	71
Total Línea Base		108	112	124	135	148	159	170	182	193	205	216	228	241	254
Proyecto	Antofagasta	17	18	19	21	23	25	27	29	31	31	32	32	33	34
	Araucanía	10	10	11	12	14	15	16	17	18	18	19	20	20	21
	Arica y Parinacota	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Atacama	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	8	8
	Bío Bío	12	12	13	15	16	17	18	20	21	21	22	23	23	24
	Coquimbo	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	9	10	10
	Los Lagos	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5
	Los Ríos	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	Maule	7	8	8	9	10	11	12	12	13	13	14	14	15	15
	O'Higgins	7	7	8	8	9	10	11	11	12	12	13	13	13	14
	Tarapacá	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	9	9
	Valparaíso	6	7	7	8	9	10	10	11	12	12	12	12	13	13
	Aysén del Gral. CIdC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Magallanes y Ant.Chilena	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Metropolitana*	31	32	35	39	42	45	48	52	55	56	57	58	59	60	
Total Proyecto		108	112	124	135	148	159	170	182	193	198	202	207	212	218

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Proyección emisiones de línea base según contaminante y rubro [ton/año] (excluye RM)

	Rubro	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
PM	Agrícola-Forestal	1.129	1.139	1.208	1.273	1.329	1.387	1.435	1.481	1.522	1.562	1.606	1.676	1.747	1.844
	Construcción	937	919	981	1.019	1.058	1.087	1.113	1.142	1.166	1.185	1.205	1.253	1.302	1.353
	Industrial	169	164	177	187	197	206	216	224	234	243	252	265	278	291
	Minería	799	763	811	839	882	910	931	966	1.000	1.028	1.056	1.102	1.148	1.195
NOx	Agrícola-Forestal	8.664	8.720	9.221	9.659	10.020	10.385	10.695	10.990	11.259	11.521	11.806	12.247	12.678	13.280
	Construcción	8.112	7.838	8.238	8.371	8.529	8.615	8.685	8.779	8.869	8.945	9.043	9.318	9.629	9.953

	Industrial	1.346	1.272	1.324	1.354	1.394	1.442	1.497	1.556	1.620	1.686	1.751	1.837	1.923	2.011
	Minería	7.836	7.451	7.820	7.978	8.275	8.450	8.586	8.837	9.097	9.324	9.551	9.916	10.297	10.689
SO2	Agrícola-Forestal	21	22	25	27	29	32	34	36	39	41	43	46	49	52
	Construcción	26	26	29	32	35	38	40	43	46	48	51	54	56	59
	Industrial	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10
	Minería	26	27	29	32	35	38	41	43	46	49	52	55	58	61
NH3	Agrícola-Forestal	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	Construcción	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
	Industrial	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Minería	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
CO	Agrícola-Forestal	5.847	6.113	6.677	7.277	7.895	8.531	9.149	9.770	10.388	11.011	11.659	12.401	13.133	14.003
	Construcción	6.362	6.629	7.356	8.071	8.854	9.578	10.278	10.990	11.705	12.398	13.093	13.866	14.636	15.412
	Industrial	1.291	1.356	1.524	1.669	1.790	1.913	2.031	2.149	2.266	2.385	2.502	2.632	2.762	2.895
	Minería	5.441	5.622	6.257	6.882	7.609	8.219	8.776	9.440	10.111	10.731	11.346	12.034	12.726	13.417
CO2	Agrícola-Forestal	695.149	730.648	800.562	874.571	950.686	1.028.552	1.104.907	1.181.802	1.258.500	1.335.902	1.415.917	1.505.826	1.594.537	1.697.711
	Construcción	833.377	863.136	954.381	1.043.234	1.140.576	1.229.601	1.315.082	1.401.968	1.489.523	1.573.974	1.658.395	1.750.568	1.842.401	1.934.759
	Industrial	149.900	157.549	176.226	192.744	206.685	221.034	235.192	249.540	263.991	278.513	292.815	307.912	323.079	338.453
	Minería	844.810	869.582	961.635	1.052.100	1.156.472	1.243.411	1.322.495	1.417.936	1.514.214	1.603.188	1.691.167	1.789.611	1.888.757	1.987.537
CH4	Agrícola-Forestal	41	44	48	52	57	61	66	70	75	80	84	90	95	101
	Construcción	49	51	56	61	67	72	77	82	88	92	97	103	108	113
	Industrial	9	9	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20
	Minería	51	52	58	63	69	75	79	85	91	96	102	107	113	119
N2O	Agrícola-Forestal	29	31	33	37	40	43	46	49	53	56	59	63	67	71
	Construcción	34	36	39	43	47	51	54	58	61	65	68	72	76	79
	Industrial	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	13	13	14
	Minería	36	37	40	44	49	52	56	60	64	67	71	75	79	83
VOC	Agrícola-Forestal	1.350	1.358	1.437	1.512	1.574	1.636	1.690	1.742	1.790	1.838	1.888	1.962	2.034	2.134
	Construcción	1.386	1.351	1.420	1.461	1.500	1.528	1.555	1.586	1.618	1.649	1.683	1.745	1.810	1.877
	Industrial	248	234	240	243	248	254	262	271	281	291	302	316	331	346
	Minería	1.127	1.080	1.138	1.174	1.226	1.261	1.292	1.340	1.388	1.433	1.477	1.540	1.604	1.671

BSFC	Agrícola-Forestal	219.240	230.377	252.371	275.645	299.566	324.036	348.025	372.181	396.273	420.584	445.717	473.975	501.855	534.296
	Construcción	262.608	271.903	300.574	328.468	359.021	386.957	413.780	441.048	468.528	495.033	521.531	550.487	579.340	608.359
	Industrial	47.234	49.618	55.479	60.660	65.035	69.540	73.986	78.493	83.033	87.595	92.089	96.836	101.605	106.440
	Minería	265.937	273.658	302.571	330.966	363.736	391.025	415.847	445.813	476.043	503.978	531.602	562.525	593.669	624.700

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Proyección emisiones con proyecto según contaminante y rubro [ton/año] (excluye RM)

	Rubro	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
PM	Agrícola-Forestal	1.129	1.139	1.208	1.273	1.329	1.387	1.406	1.420	1.428	1.374	1.319	1.286	1.248	1.233
	Construcción	937	919	981	1.019	1.058	1.087	1.110	1.136	1.157	1.089	1.016	964	908	848
	Industrial	169	164	177	187	197	206	210	213	215	193	167	147	126	105
	Minería	799	763	811	839	882	910	921	944	967	907	840	785	725	661
NOx	Agrícola-Forestal	8.664	8.720	9.221	9.659	10.020	10.385	10.438	10.467	10.462	9.973	9.485	9.136	8.760	8.544
	Construcción	8.112	7.838	8.238	8.371	8.529	8.615	8.655	8.719	8.777	8.079	7.384	6.848	6.334	5.823
	Industrial	1.346	1.272	1.324	1.354	1.394	1.442	1.444	1.448	1.457	1.282	1.106	970	842	727
	Minería	7.836	7.451	7.820	7.978	8.275	8.450	8.478	8.618	8.763	8.084	7.382	6.802	6.224	5.651
SO2	Agrícola-Forestal	21	22	25	27	29	32	34	36	39	40	41	43	45	47
	Construcción	26	26	29	32	35	38	40	43	46	47	47	48	49	51
	Industrial	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8
	Minería	26	27	29	32	35	38	41	43	46	47	48	49	50	52
NH3	Agrícola-Forestal	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	Construcción	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5
	Industrial	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Minería	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
CO	Agrícola-Forestal	5.847	6.113	6.677	7.277	7.895	8.531	9.147	9.765	10.380	10.748	11.131	11.597	12.045	12.622
	Construcción	6.362	6.629	7.356	8.071	8.854	9.578	10.278	10.990	11.705	11.988	12.256	12.586	12.898	13.204
	Industrial	1.291	1.356	1.524	1.669	1.790	1.913	2.031	2.148	2.265	2.278	2.286	2.305	2.323	2.347
	Minería	5.441	5.622	6.257	6.882	7.609	8.219	8.776	9.440	10.110	10.339	10.547	10.813	11.069	11.314
CO2	Agrícola-Forestal	695.149	730.648	800.562	874.571	950.686	1.028.552	1.105.039	1.182.069	1.258.907	1.335.538	1.414.760	1.503.851	1.591.723	1.694.031
	Construcción	833.377	863.136	954.381	1.043.234	1.140.576	1.229.601	1.315.093	1.401.992	1.489.559	1.570.075	1.650.433	1.738.423	1.825.958	1.913.910

	Industrial	149.900	157.549	176.226	192.744	206.685	221.034	235.215	249.586	264.062	278.275	292.265	307.041	321.887	336.955
	Minería	844.810	869.582	961.635	1.052.100	1.156.472	1.243.411	1.322.526	1.417.999	1.514.309	1.600.432	1.685.478	1.780.911	1.876.975	1.972.606
CH4	Agrícola-Forestal	41	44	48	52	57	61	66	70	75	80	84	90	95	101
	Construcción	49	51	56	61	67	72	77	82	88	92	97	103	108	113
	Industrial	9	9	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20
	Minería	51	52	58	63	69	75	79	85	91	96	102	107	113	119
N2O	Agrícola-Forestal	29	31	33	37	40	43	46	49	53	56	59	63	67	71
	Construcción	34	36	39	43	47	51	54	58	61	65	68	72	76	79
	Industrial	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	13	13	14
	Minería	36	37	40	44	49	52	56	60	64	67	71	75	79	83
VOC	Agrícola-Forestal	1.350	1.358	1.437	1.512	1.574	1.636	1.649	1.658	1.662	1.605	1.548	1.513	1.472	1.459
	Construcción	1.386	1.351	1.420	1.461	1.500	1.528	1.552	1.579	1.607	1.535	1.464	1.418	1.374	1.330
	Industrial	248	234	240	243	248	254	255	256	258	236	214	199	185	173
	Minería	1.127	1.080	1.138	1.174	1.226	1.261	1.283	1.320	1.358	1.300	1.240	1.195	1.150	1.106
BSFC	Agrícola-Forestal	219.240	230.377	252.371	275.645	299.566	324.036	348.025	372.181	396.273	420.238	445.016	472.909	500.415	532.472
	Construcción	262.608	271.903	300.574	328.468	359.021	386.957	413.780	441.048	468.528	493.697	518.818	546.355	573.751	601.279
	Industrial	47.234	49.618	55.479	60.660	65.035	69.540	73.986	78.493	83.033	87.466	91.830	96.447	101.087	105.799
	Minería	265.937	273.658	302.571	330.966	363.736	391.025	415.847	445.813	476.043	502.982	529.582	559.454	589.524	619.459

Fuente: Elaboración propia

6. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Entrada Nacional de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Entrada Nacional de Maquinaria Móvil Fuera de Ruta
	Tipo de regulación	Norma de emisión de entrada nacional
	Fecha de término del AGIES	27/10/2016
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Nuevo
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA 2013)
	Normativas consideradas de línea base	PDA RM
	Nivel de evaluación de beneficios	Se valoraron beneficios en salud y costos de abatimiento.
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 8
	Tasas de incidencia	GreenLabUC (2015)
	Valor de la vida estadística	15.805 UF al año 2016, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población
	Modelo de dispersión	FEC Cobeneficios
	Beneficios marginales por concentración de MP _{2,5}	(MMA 2013)
	Reducción de emisiones por parámetro	Año 2026: MP: 1835 [ton/año].
Años de evaluación	2016-2026	
Parámetros	Valor del dólar	684,1 pesos/dólar
	Valor de la UF	25.115 pesos/UF
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	US\$47 millones
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	US\$201,5 millones

(1) Profesional del departamento de Economía Ambiental, Coordinador del AGIES

(2) Revisor



7. Bibliografía

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.

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."

Geasur (2014). Análisis técnico-económico de la aplicación de una nueva norma de emisión para motores de maquinaria fuera de ruta a nivel país, ID Licitación 608897-54-LE14.

GreenLabUC (2015). Actualización de tasas de incidencia base, valores unitarios por eventos de morbilidad y análisis de funciones dosis – respuesta para contaminación atmosférica, Preparado para Ministerio del Medio Ambiente, ID licitación 608897-148-LE14.

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). 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.

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.