



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL
ANTEPROYECTO DE NORMAS DE EMISIÓN APLICABLES A VEHÍCULOS
PESADOS

Mayo 2022

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/o prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y en el reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N°38/2012 del Ministerio del Medio Ambiente), se requiere de un Análisis de Impacto Económico y Social (AGIES) de la propuesta regulatoria, 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 (CMS). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de una Norma de Emisión, 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. Para apoyar al CMS y CC 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 (PAC), el Consejo Consultivo (CC) y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, 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 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 una evaluación de Costos y Beneficios para el Anteproyecto A-AP (en rojo, Figura 1) de las Normas de Emisión aplicables a vehículos motorizados pesados.

Figura 1: Etapa del AGIES



Fuente: Elaboración propia

Este análisis evalúa el impacto en la calidad del aire de las normas propuestas y estima los beneficios valorizables producto de la reducción de casos de mortalidad y morbilidad en la población. También se estiman los costos asociados a las normas propuestas.

Los resultados presentados corresponden a las normas definidas a la fecha de cierre de este informe, las que podrían sufrir modificaciones en etapas posteriores, tales como Participación Ciudadana, Consejos Consultivos o Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

Resumen

El presente informe presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de revisión de las Normas de Emisión aplicables a vehículos motorizados pesados, elaborado a partir de la revisión del D.S. N°55 de 1994 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. El análisis tiene como objetivo evaluar los beneficios y costos asociados a las normas propuestas en el Anteproyecto.

El Anteproyecto propone establecer una norma de entrada para los vehículos pesados nuevos, limitando sus emisiones mediante la exigencia de que, al ingresar al país, cumplan con la normativa equivalente a Euro VI, a partir de 24 meses de la entrada en vigencia.

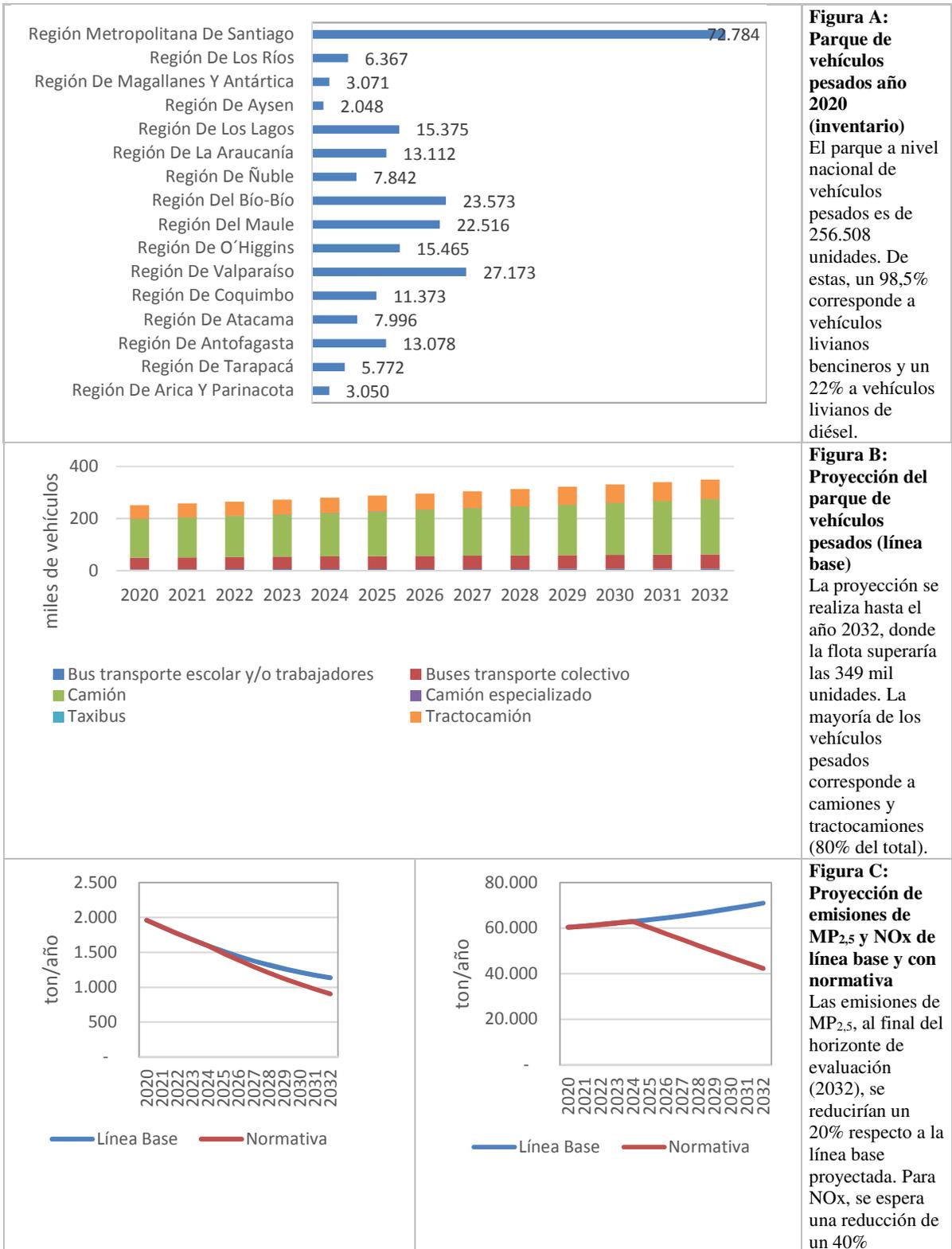
La metodología empleada en la elaboración del AGIES corresponde a un Análisis Costo-Beneficio (ACB), donde se llevan a términos monetarios los impactos (costos y beneficios) de la normativa en análisis. El ACB consideró la comparación de dos escenarios: situación de línea base y situación con normativa. Debido a que la normativa vigente en Chile para vehículos pesados exige el cumplimiento del estándar Euro V, la línea base considera que estos vehículos ingresan al país, mientras que la situación con proyecto supone que un 100% de los vehículos pesados, a partir del año 2025, ingresarían cumpliendo el estándar Euro VI. Los costos considerados corresponden a costos incrementales de inversión, operación y mantención y de certificación de los nuevos modelos que ingresarían al parque vehicular. Como beneficios se estimaron ahorros en combustible, reducciones de riesgo de mortalidad, morbilidad y productividad perdida en la población y cobeneficios debido a emisiones de CO₂ evitadas.

Los resultados del AGIES indican que:

- Al año 2032 la reducción de emisiones de MP_{2,5} alcanzarían 230 ton/año, mientras que el NO_x se reduciría en 28.642 ton/año, correspondiendo a una reducción del 20% y 40% con respecto a la línea base, respectivamente.
- La concentración ambiental de MP_{2,5} se reduciría en promedio 1,13 µg/m³ al año 2032, pero variando de acuerdo con las zonas geográficas.
- La normativa evitaría 2.627 muertes prematuras en 2032, con un acumulado de 10.673 muertes evitadas en el horizonte de evaluación. Eventos de morbilidad y productividad perdida también se verían reducidos en el tiempo.
- La normativa tendría beneficios de US\$5.779 millones y costos de US\$564 millones en valor presente, resultando un VPN de \$5.215 millones¹.
- La razón beneficio-costos se estima en 10, implicando una alta rentabilidad social.

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 El valor presente se calcula para el año 2022, considerando flujos hasta el año 2032. Se asume un valor de la UF de 31.775,27 pesos, un tipo de cambio de 807.88 pesos por dólar y un valor de la vida estadística de 17.788 UF en 2022.



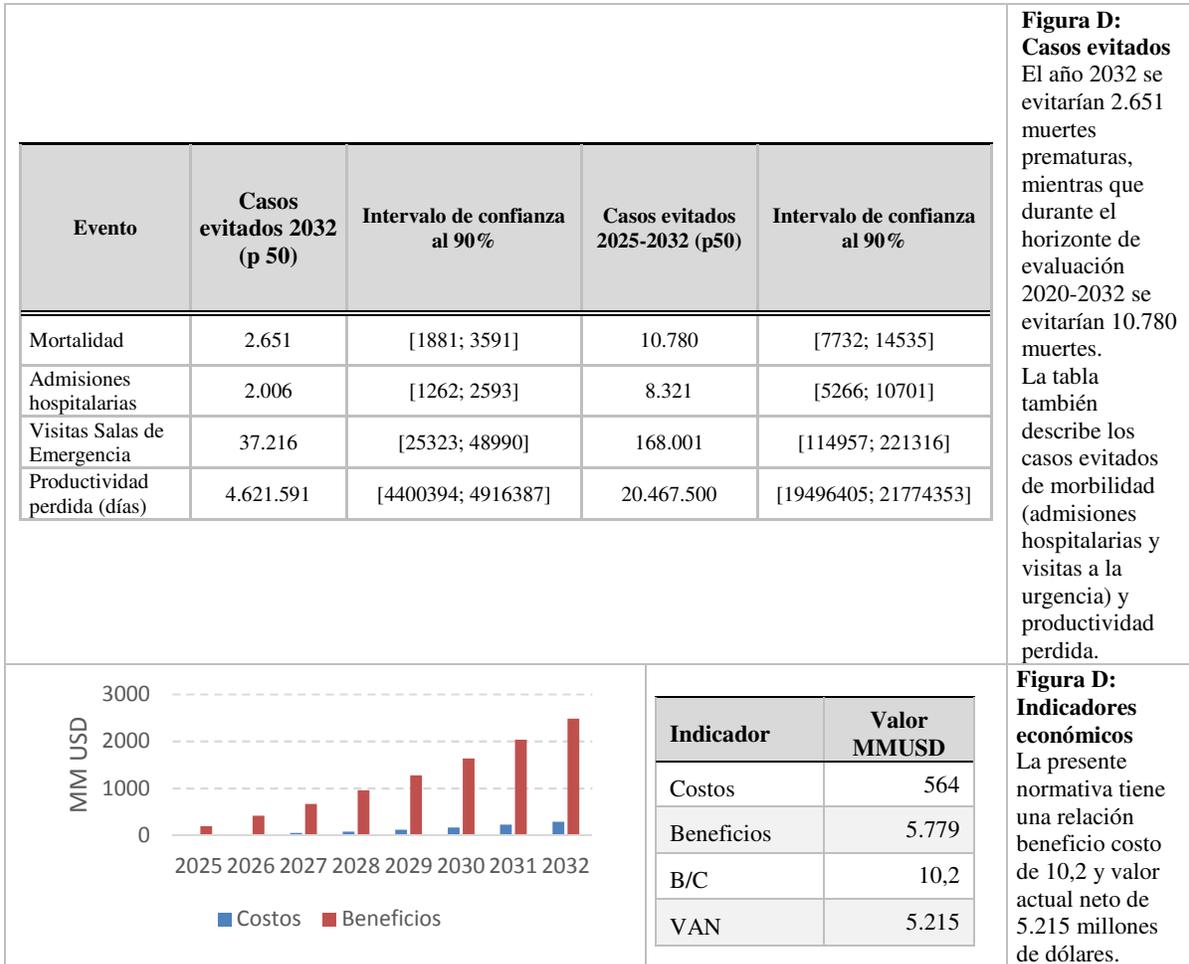


Figura D: Casos evitados
 El año 2032 se evitarían 2.651 muertes prematuras, mientras que durante el horizonte de evaluación 2020-2032 se evitarían 10.780 muertes. La tabla también describe los casos evitados de morbilidad (admisiones hospitalarias y visitas a la urgencia) y productividad perdida.

Figura D: Indicadores económicos
 La presente normativa tiene una relación beneficio costo de 10,2 y valor actual neto de 5.215 millones de dólares.

ÍNDICE

Resumen.....	3
1. Antecedentes	7
1.1 Diseño regulatorio y evaluación económica	7
1.2 Fuentes emisoras reguladas	8
2. Metodología del AGIES	9
2.1 Metodología general.....	9
2.2 Parque vehicular y su proyección.....	11
2.2.1 Ingreso de vehículos.....	12
2.2.2 Tasa de retiro	13
2.3 Emisiones	14
2.3.1 Metodología de estimación de emisiones.....	14
2.3.2 Factores de emisión.....	17
2.4 Costos.....	19
2.5 Beneficios.....	20
2.5.1 Co-beneficios	21
2.6 Análisis costo beneficio	21
3. Resultados	22
3.1 Proyección de Parque Vehicular	22
3.2 Reducción de Emisiones	25
3.3 Reducción de concentraciones y casos evitados	29
3.4 Indicadores Económicos	31
4. Conclusiones	34
5. Anexos.....	35
5.1 Parque.....	35
5.2 Emisiones	36
5.3 Correspondencia entre categorías vehiculares	36
5.4 Nivel de actividad.....	39
5.5 Metodología Beneficios en Salud	40
5.6 Factores emisión concentración (FEC)	42
5.7 Coeficientes de Riesgo Unitario.....	43
5.8 Valores unitarios de casos evitados.....	43
6. Ficha del AGIES	45
7. Bibliografía	46

1. Antecedentes

1.1 Diseño regulatorio y evaluación económica

La regulación vigente (D.S. N° 55/1994 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, MTT) que se está revisando actualmente corresponde a una norma de emisión de entrada, aplicable a nivel nacional, para los vehículos motorizados pesados². Considerando que Chile no es un país fabricante de motores ni de vehículos, se tiene que la totalidad de los vehículos pesados son importados. Esto implica que la normativa corresponde a una norma de ingreso al país, cuya verificación de emisiones y respectiva homologación está a cargo del Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV) del MTT.

El Anteproyecto evaluado en el presente documento exige niveles máximos de emisión de estos vehículos, equivalentes a Euro VI o a la norma de los Estados Unidos de Norteamérica, a partir de 24 meses desde su entrada en vigencia. Su objeto normativo corresponde a proteger a la población de los efectos adversos de las emisiones de contaminantes atmosféricos generadas por los vehículos pesados, garantizando un nivel de protección a las personas que trabajan, habitan o transitan en las proximidades de los vehículos pesados, de manera de disminuir la exposición acumulativa. Esto se realiza mediante la exigencia de la mejor tecnología disponible en la actualidad a fin de reducir al mínimo las emisiones de los vehículos pesados.

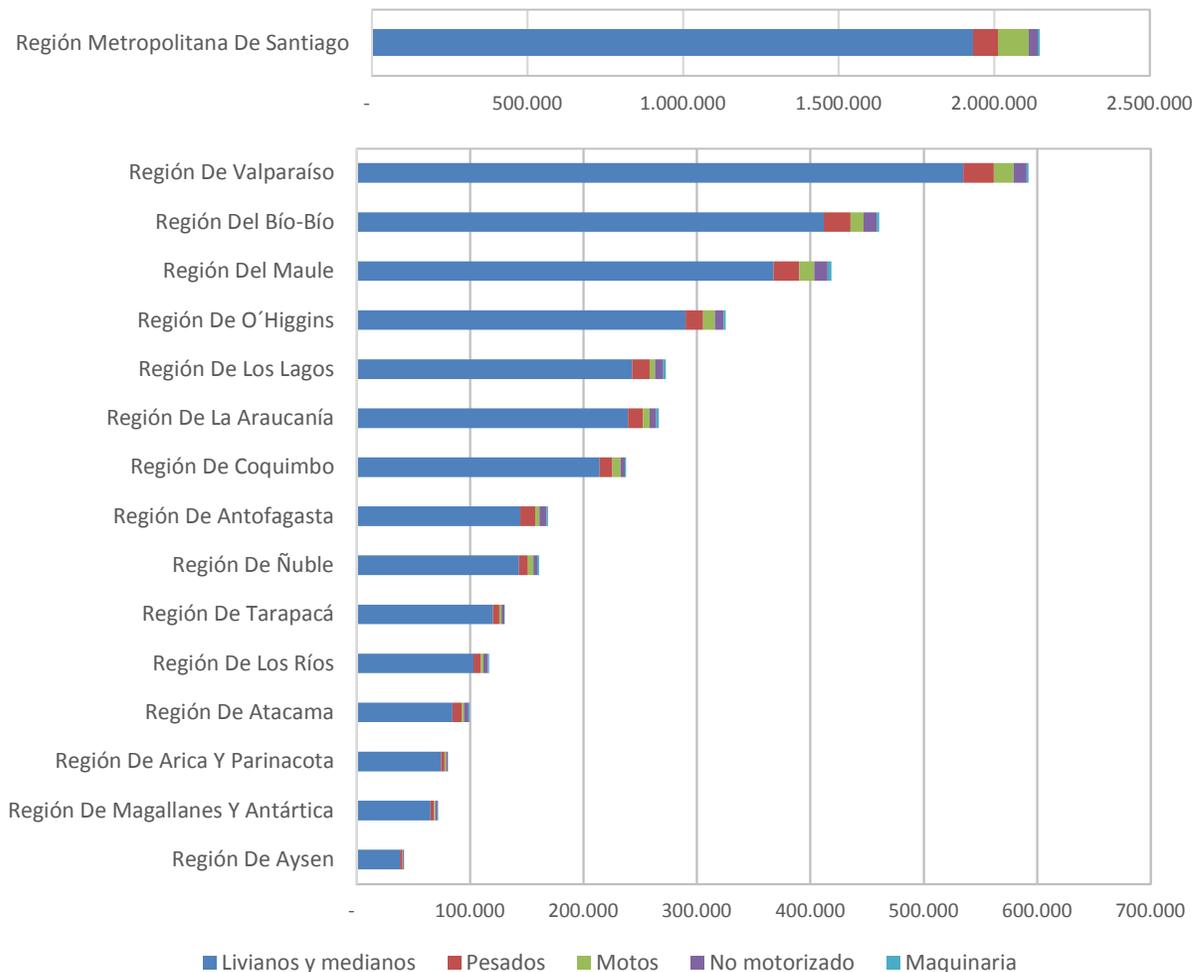
Respecto a la evaluación económica de los impactos de esta norma, un aspecto crucial es determinar la línea base. Una línea base se refiere al estado o “situación actual” con la cual se compara la norma propuesta. El artículo 2 del D.S. 38/2012 establece los criterios para determinar con qué situación se compara el instrumento de gestión ambiental propuesto, señalando que en la evaluación de los costos y beneficios del cumplimiento del anteproyecto de una norma primaria de calidad ambiental se debe comparar la “situación actual” con la situación con el Anteproyecto de norma. Cuando se evalúa la revisión de una norma, la “situación actual” corresponde a un escenario de línea base donde ya existe la norma (norma vigente), mientras que la situación con Anteproyecto simula el cumplimiento del anteproyecto de revisión de norma respecto de la “situación actual” (con norma revisada vs con norma existente), independiente del estado de cumplimiento de la norma vigente. Es decir, la línea base de comparación es el ambiente normativo vigente. Este razonamiento permite que no exista un doble conteo en los costos y beneficios estimados en las evaluaciones económicas de los instrumentos de gestión ambiental dictados por el MMA.

² Vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos, y que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 3.860 kilogramos.

1.2 Fuentes emisoras reguladas

La Figura 2 presenta el parque total nacional en el año 2020, distribuido según región. Se puede observar que los vehículos pesados corresponden a una pequeña fracción del parque total (4,6%), con 256.508 unidades el año 2020.

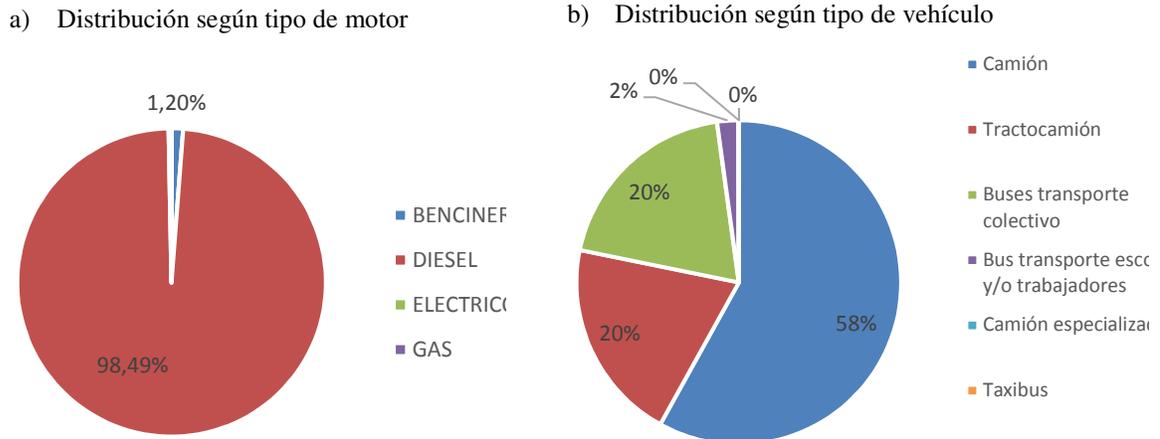
Figura 2. Parque nacional en año 2020, según tipo de vehículo.



Fuente: (CALAC+, 2022) en base a INE (2021).

La Figura 3 presenta la distribución del parque de vehículos pesados según tipo de motor (parte a) y según tipo de vehículo (parte b). Como se observa, la gran mayoría de vehículos pesados tiene motor diésel, seguido de motores bencineros. Los vehículos eléctricos ascenderían a 797 unidades, equivalentes al 0,31% del parque. De estos, el 98,2% corresponde a buses de transporte colectivo y un 1,8% a camiones.

Figura 3. Distribución del parque de vehículos pesados



Fuente: (CALAC+, 2022) en base a (INE, 2021)

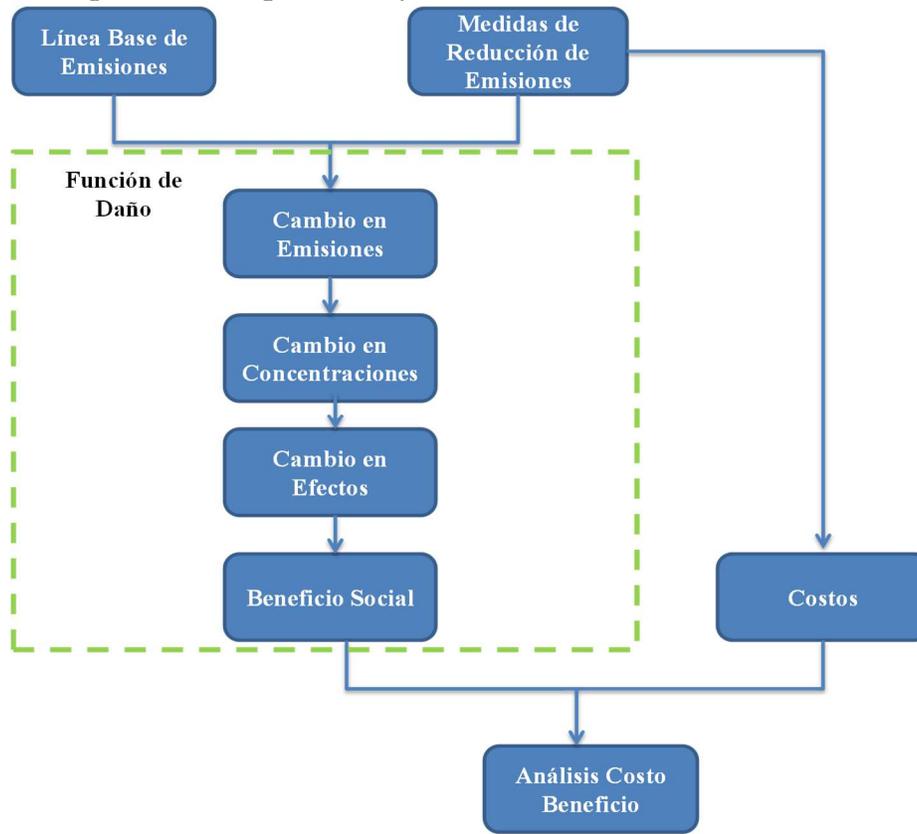
2. Metodología del AGIES

2.1 Metodología general

La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, ampliamente utilizado y recomendado en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Boardman *et al.*, 2006; Hanley and Spash, 1993; Layard and Glaister, 1994). La reducción de emisiones asociadas a 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.

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, una relación de emisión-calidad, modelo de riesgo ambiental basado en estudios epidemiológicos y un modelo de valorización de los beneficios. Paralelamente se integra la información de los costos para completar el análisis costo-beneficio (ver Figura 4).

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



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

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 $MP_{2,5}$ producto de la reducción de emisiones de las fuentes reguladas. Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad y productividad perdida, así como los ahorros de combustibles. Referencialmente se estiman beneficios debido a la reducción de gases de efecto invernadero. Respecto a los costos, se incorporan los relacionados a inversión y operación asociados a la implementación de mejoras tecnológicas de reducción de emisiones de las fuentes emisoras.

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. Tampoco se consideran aumentos en emisiones de N_2O y COVs. Esto se debe a la carencia de metodologías validadas a nivel internacional o falta de información base.

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 atmosfera, con tiempo de residencia que va de días a semanas. Se asocia al aumento de la temperatura global.

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.

2.2 Parque vehicular y su proyección

El parque vehicular utilizado para el año base corresponde al parque 2020, de acuerdo con datos del INE. Debido a que la base de datos pública no contiene toda la información requerida para el cálculo de emisiones (como tipo de combustible utilizado y año de fabricación), se realizó una solicitud de información a dicho organismo, la cual fue utilizada en el presente análisis. La base de datos recibida identifica la comuna de registro, el tipo de vehículo, tipo de motor (o combustible utilizado), año de fabricación, marca y modelo de cada vehículo en circulación. Además, incluye categorías no motorizadas, maquinarias, motos, vehículos livianos, medianos y pesados. Para el presente análisis se considerarán solo las categorías correspondientes a vehículos pesados, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 9 (Anexo 5.1).

El parque vehicular se proyecta desde el año 2020 hasta el año final del horizonte de evaluación (2032), dando cuenta de la evolución tecnológica del parque, tanto para la línea base como para el escenario con nueva normativa. Esto se refleja en el supuesto de que los vehículos que entran al parque cumplirán el estándar de emisión vigente en el año de ingreso. Por lo tanto, en el escenario con la nueva norma, a partir del año 2025 ingresarían solamente vehículos con tecnología Euro VI.

El número de vehículos en el periodo t se determina de acuerdo con los vehículos existentes en el parque el año anterior, $t-1$, los vehículos que ingresan al parque en el año t y los vehículos que se retiran del parque en el mismo año, de acuerdo con la ecuación (2-1).

$$\text{Vehiculos}_t = \text{Vehiculos}_{t-1} + \text{VehiculosEntran}_t - \text{VehiculosSalen}_t \quad (2-1)$$

La cantidad de vehículos que ingresa cada año se calcula de acuerdo con los datos de ventas históricas de buses y camiones, de acuerdo con los datos de ANAC, como se indica en la sección 0. Del mismo modo, los vehículos que se retiran del parque cada año se calculan como un porcentaje respecto al parque existente en el periodo anterior, de acuerdo con la ecuación (2-2). La tasa de retiro utilizada se documenta en la sección 2.2.2.

⁴ El riesgo en salud está dado de manera implícita con la norma de calidad ambiental de MP_{10} y $MP_{2,5}$, las cuales deben 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.



$$\text{VehiculosSalen}_t = \text{TasaRetiro}(\text{antigüedad}) * \text{Vehiculos}_{t-1} \quad (2-2)$$

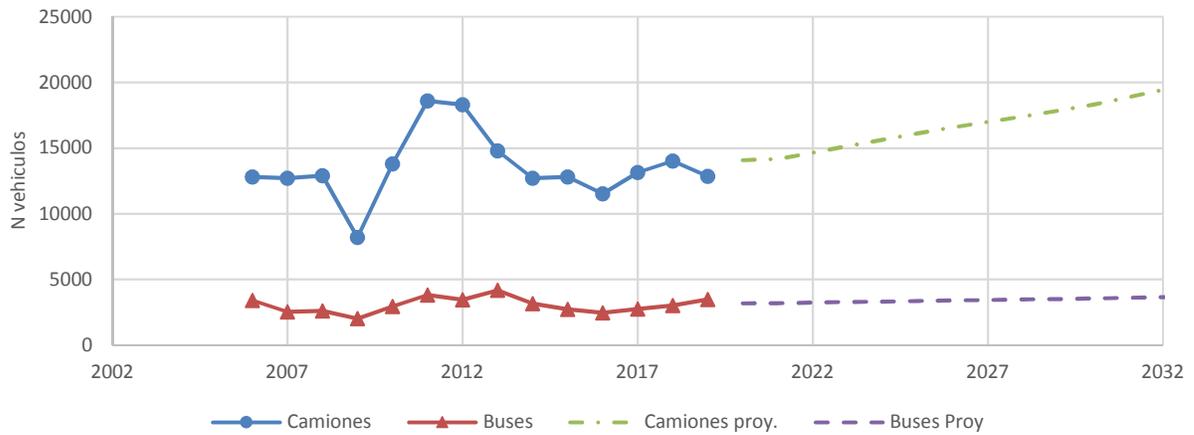
La tasa de retiro se asume constante en el tiempo, dependiendo de la antigüedad de los vehículos. El crecimiento neto del parque se asume igual a 2.8% para todos los años de evaluación, según los datos del parque vehicular INE.

2.2.1 Ingreso de vehículos

Para proyectar el ingreso futuro de buses y camiones al parque vehicular se determina el número de vehículos que debe ingresar al parque anualmente tal que el crecimiento neto del parque (considerando el retiro) sea de un 2.8% anual. Las ventas futuras proyectadas y los datos de ventas históricos se presentan en la

Figura 8.

Figura 5. Ventas históricas de buses y camiones (2006 a 2019) y proyección 2020 a 2032.

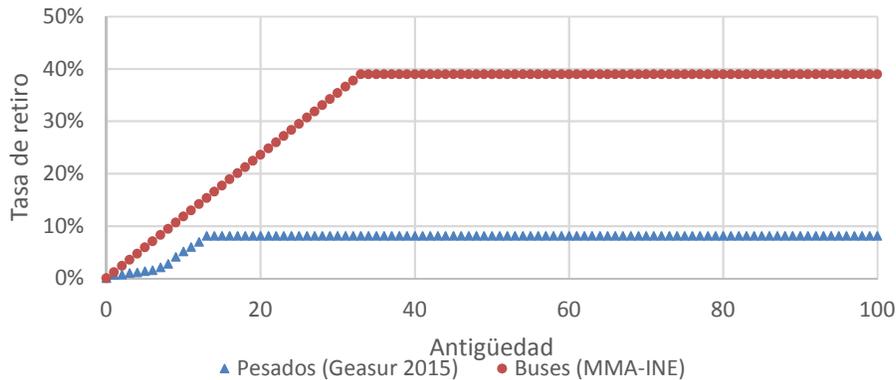


Fuente: (CALAC+, 2022) en base a datos de ANAC (ANAC, 2018, 2019, 2021).

2.2.2 Tasa de retiro

La tasa de retiro de buses y camiones dependerá de la antigüedad de estos. Se evaluó la opción de aplicar una tasa de retiro diferenciada a buses y camiones: para camiones la tasa de retiro del estudio Geasur 2015 y para buses la curva de retiro elaborada por el MMA basada en datos del INE. Ambas curvas de retiro se presentan en la Figura 6.

Figura 6. Tasas de retiro para vehículos pesados de carga y de pasajeros



Fuente: (CALAC+, 2022) en base a (Geasur, 2015) y a datos MMA-INE.

Se optó por aplicar la misma tasa de retiro a buses y camiones, en base a Geasur 2015, por considerarse que el retiro “MMA-INE” es alto comparado con las tasas de ventas vehiculares.

2.3 Emisiones

2.3.1 Metodología de estimación de emisiones

A continuación, se detalla el cálculo de las emisiones del parque para los escenarios de línea base y normativo. La reducción de emisiones para cada año y contaminante corresponderá a la diferencia entre las emisiones de línea base y el escenario normativo, como se indica en la ecuación (2-3).

$$\text{Reducción Emisiones} = \text{Emisiones LB} - \text{Emisiones Normativa} \quad (2-3)$$

La metodología propuesta para el cálculo de emisiones se basa en la guía de inventarios de contaminantes atmosféricos de la Agencia Ambiental Europea (EEA, 2019), de su capítulo 1.A.3.b.i-iv *Road transport hot EFs Annex 2018*. La guía presenta tres niveles de factores de emisión, dependiendo de la disponibilidad de información: Tier 1, Tier 2 y Tier 3. La metodología Tier 1 es la que requiere menor información para su aplicación, presentando factores de emisión por defecto para países de Europa, según tipo de vehículo y combustible utilizado. La metodología Tier 2 requiere más información que la metodología Tier 1, requiriéndose para su uso conocer la desagregación del parque según estándar de emisión, tipo de vehículo y combustible utilizados. Los factores de emisión Tier 3 requieren conocer además las velocidades de circulación de los vehículos. Los factores Tier 2 son calculados a partir de factores Tier 3, asumiendo valores típicos de velocidad de circulación, entre otros parámetros de operación, correspondientes a condiciones promedio de operación de los vehículos en Europa.

En la presente evaluación se cuenta con la información necesaria para aplicar los factores de emisión Tier 3, por lo que se opta por dichos factores. En términos generales, las emisiones vehiculares se calcularán utilizando factores de emisión de la EEA y parámetros locales de composición de la flota (tipo de vehículo, estándar de emisión y combustibles utilizados) y niveles de actividad locales. La ecuación (2-4) presenta la fórmula de cálculo de las emisiones.

$$E_i = \sum_s \sum_f FE_{ifs}(v) * NA_i * FA_{ifs} \quad (2-4)$$

Donde,

- E_i : Emisión vehículos tipo i
- FE_{ifs} : Factor de emisión (en el caso de factores Tier 3, depende de la velocidad) vehículo tipo i, combustible tipo f, estándar de emisión tipo s (gr/km)
- NA_i : Nivel de actividad vehículo tipo i (km/año)
- FA_{ifs} : Factor de ajuste por deterioro vehículo tipo i, combustible tipo f, estándar de emisión tipo s.

A partir de factores de emisión se calcularán las emisiones de material particulado, carbono negro, óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM). Posteriormente, con el consumo de combustible es posible calcular las

emisiones de óxidos de azufre (SO_x) y dióxido de carbono (CO₂). Las emisiones de SO₂ dependen del consumo de combustible y del contenido de azufre de los mismos, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$E_{SO_2,m} = 2 * K_{S,m} * FC_m \quad (2-5)$$

Donde,

$E_{SO_2,m}$: Emisiones de SO₂ en combustible m [g]
 $K_{S,m}$: Contenido de azufre en el combustible m [g/g combustible]
 FC_m : Consumo de combustible m [g]

Las emisiones de dióxido de carbono, también dependen del tipo de combustible y de las emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos y de material particulado. Para el presente análisis, se considerarán los kilogramos de CO₂ liberados por kg de combustible presentados en la Tabla 1, correspondientes a la metodología Tier 1. Las emisiones de CO₂ se obtienen de la multiplicación del consumo de combustible por los valores indicados en la tabla.

Tabla 1: Kilogramos de CO₂ por kg de combustible, Tier 1.

Combustible original	Combustible Local	kg CO ₂ por kg de combustible
Petrol	Gasolina	3,17
Diesel	Diésel	3,17
CNG	GNV	3,02
LPG	GLP	2,74

Fuente: Tabla 3-12, (EEA, 2019).

Las emisiones de carbono negro se pueden estimar como una fracción de las emisiones de material particulado, según el tipo de vehículo, combustible utilizado y estándar de emisión. Dichas fracciones fueron obtenidas del “Manual para el Desarrollo de Inventario de Emisiones Atmosféricas” (MMA, 2017).

Por último, el consumo de combustible es convertido desde unidades másicas a volumétricas utilizando las densidades presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2: Densidades de los combustibles

Combustible	Densidad (kg/m ³)
Gasolina	750
Diésel	840
GLP	520
GNV	175

Fuente: Tabla 3-28, (EEA, 2019).

Un supuesto relevante respecto al consumo de combustible dice relación con el menor consumo de un vehículo pesado diésel Euro VI respecto al de estándar Euro V. Este corresponde a un 7% de acuerdo con Blumberg (2010a).

Las emisiones del sector transporte deben ser proyectadas en el tiempo, considerando el crecimiento del parque, evolución tecnológica de los vehículos (i.e. estándares de emisión), los combustibles utilizados y el nivel de actividad de los vehículos (kilómetros recorridos). La sección 2.2 presenta la metodología de proyección en el tiempo del parque vehicular.

Cabe mencionar que las emisiones consideradas en el análisis incluirán solamente las emitidas por el tubo de escape de los vehículos, ya que las emisiones de polvo re suspendido en calles, desgaste de frenos y neumáticos, se considerará iguales en el escenario de línea base y en el escenario con normativa.

Los buses y camiones corresponden a la categoría *Heavy duty vehicles* de la EEA, cuya definición se presenta en la Tabla 2 (Anexo 5.2), junto con las definiciones de las demás categorías vehiculares (no consideradas en este análisis). Como se explica en la siguiente sección, se utilizan los factores de emisión correspondientes a los diferentes segmentos de la categoría *Heavy duty vehicles*.

2.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión se calculan utilizando los parámetros de la EEA (EEA, 2021) y aplicando la fórmula (2-6).

$$FE = \frac{\alpha * V^2 + \beta * V + \gamma + \frac{\delta}{V}}{\varepsilon * V^2 + \zeta * V + \eta} * (1 - RF) \quad (2-6)$$

Donde,

- FE: Factor de emisión, en g/km o MJ/km en el caso del consumo de combustibles
- V: Velocidad de circulación, en km/hora
- RF: Factor de reducción
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta, \eta$: Parámetros para el cálculo de factores de emisión

Los factores de emisión dependen de la velocidad de circulación. Se asumen las velocidades de circulación indicadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Velocidad de circulación según tipo de vehículo (km/hora)

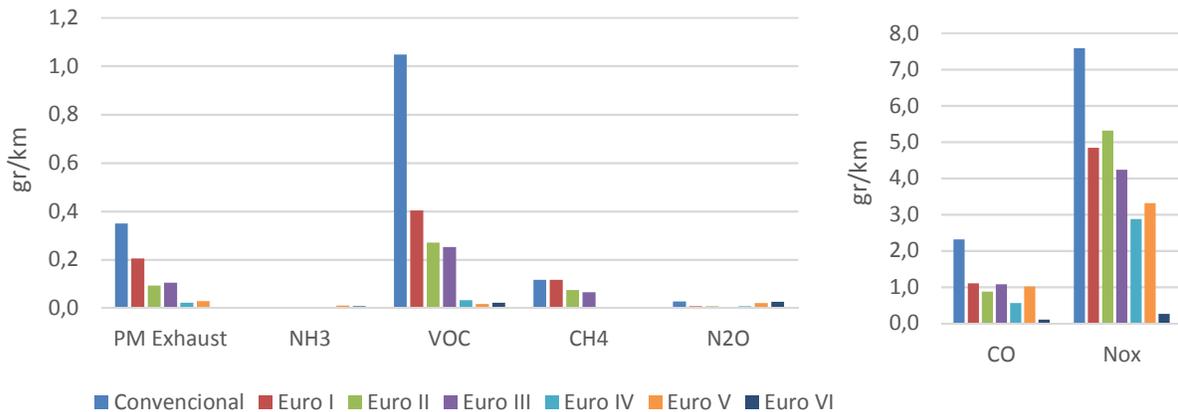
Tipo de vehículo	Velocidad (km/hora)
Buses	21
Camiones livianos	37
Camiones medianos	37
Camiones pesados	43

Fuente: (CALAC+, 2022) en base a (MMA, 2017).

Además, los FE utilizados asumen una pendiente de cero grados y que los vehículos circulan a mitad de carga⁶. La Figura 7 presenta los FE obtenidos para camiones diésel en circulación urbana, para los diferentes estándares tecnológicos.

⁶ Supuestos utilizados en estudio en desarrollo “Estimación de emisiones de transporte en ruta para la generación del décimo quinto informe consolidado de emisiones y transferencia de contaminantes del RETC”, correspondiente a Licitación ID 608897-29-LE21, desarrollado por GreenLab.

Figura 7. Ejemplo factores de emisión para camiones diésel, en gramos por kilómetro.



Fuente: (CALAC+, 2022) en base a EEA (2021).

Es necesario asociar las categorías INE con los segmentos vehiculares de la categoría *Heavy duty vehicles* de la EEA. Esto se detalla en el Anexo 5.3.

Además, el cálculo de las emisiones considerará que los sistemas de abatimiento podrían deteriorarse en el tiempo, dando lugar a emisiones mayores que las emisiones teóricas obtenidas utilizando la metodología descrita previamente. Los factores de ajuste utilizados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores de ajuste por deterioro aplicados a vehículos pesados

	CO	NOx	COV	EC	CH ₄	NH ₃	N ₂ O	PM Exhaust
Convencional	1	1	1	1	1	1	1	1
Euro I	1	1	1.56	1	1	1	1	2.14
Euro II	1	1	1.77	1	1	1	1	3.14
Euro III	1	1	1.24	1	1	1	1	1.54
Euro IV	1	1	1	1	1	1	1	1
Euro V	1	1	1	1	1	1	1	1
Euro VI	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: En base a Geasur (2015)

Respecto al contenido de azufre en los combustibles, se asumen 15 ppm entre 2020 y 2024. A partir del año 2025, se considera un contenido de 10 ppm de azufre, de acuerdo con las exigencias del decreto 41 del 2020 del MMA⁷, que modifica el Decreto Supremo N° 211, de 1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que establece la norma de emisión para vehículos livianos.

En cuanto al nivel de actividad, en kilómetros anuales recorridos según tipo de vehículo, y región del país se presenta en la Tabla 16. Buses y camiones circulan en áreas urbanas e

⁷ Decreto disponible en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1149886>

interurbanas. De acuerdo con datos de SECTRA⁸, los kilómetros recorridos se distribuyen como se presenta en la Tabla 17.

Las categorías SECTRA son más agregadas que las categorías INE, por lo que, para completar el análisis de emisiones, se utilizó la información de la Tabla 17 y la correspondencia entre categorías INE y SECTRA (ver Tabla 15) para dar lugar a la Tabla 5, que presenta la distribución de circulación utilizada en el cálculo de las emisiones. Se asume además que los buses de transporte colectivo son urbanos⁹.

Tabla 5. Distribución del tipo de circulación según categoría vehicular INE.

Región	Taxibus	Buses transporte colectivo	Bus escolar y/o transporte trabajadores	Camión	Tractocamión	Camión especializado
Tarapacá	18,1%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Antofagasta	21,3%	100,0%	100,0%	70,4%	47,7%	99,7%
Atacama	17,9%	100,0%	100,0%	70,4%	47,7%	99,7%
Coquimbo	22,9%	100,0%	100,0%	70,4%	47,7%	99,7%
Valparaíso	54,3%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
O'Higgins	42,9%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Maule	59,9%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Bío-Bío	57,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
La Araucanía	52,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Los Lagos	80,6%	100,0%	100,0%	70,5%	47,9%	99,7%
Aysén	43,7%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Magallanes y Antártica	61,3%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Metropolitana	46,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Los Ríos	80,6%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%
Arica y Parinacota	18,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Ñuble	57,0%	100,0%	100,0%	70,5%	47,8%	99,7%

Fuente: (CALAC+, 2022)

La distribución de la velocidad de circulación y del nivel de actividad según modos urbano e interurbano permitirán obtener las emisiones en centros poblados y las emisiones fuera de los centros poblados. Esta distinción es relevante para el cálculo de los beneficios en salud, para cuyo cálculo las emisiones fuera de centros poblados no serán consideradas.

2.4 Costos

Los costos de inversión se basan en el estudio “*Costs of emission reduction technologies for heavy-duty diesel vehicles*” (ICCT 2016). Dichos costos corresponden a valores para el

⁸ Archivo STEP_KR_Proyeccion.acddb

⁹ Supuesto utilizado en estudio en desarrollo “Estimación de emisiones de transporte en ruta para la generación del décimo quinto informe consolidado de emisiones y transferencia de contaminantes del RETC”, correspondiente a Licitación ID 608897-29-LE21, desarrollado por GreenLab.

año 2015, por lo que se convierten desde el año original t_0 (2015 en este caso) a dólares del año t (2020 en este caso, correspondiente al año base y al último año para el que se cuenta con datos de PIB encadenado para Estados Unidos). La fórmula para convertir los costos se presenta en la expresión (2-7), de acuerdo con lo indicado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 2010).

$$Costo (\$ t) = \frac{Costo_{t_0} * PIB Encadenado USA_t}{PIB Encadenado USA_{t_0}} \quad (2-7)$$

Los costos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 6: Costo incremental de tecnologías de control de emisiones para un motor diésel de 12L

Combustible	Euro V a Euro VI - USD 2015	Euro V a Euro VI - USD 2020
Diésel	2.280	2.400

Fuente: Tabla ES-1, ICCT (2016). Mayor detalle de la desagregación de costos se encuentra disponible en la tabla 13 de ICCT (2016)

De acuerdo con lo indicado en el documento de la ICCT, se asume una vida útil de la tecnología de 6 años.

Otro costo relevante para tener en cuenta corresponde al de la mantención de los filtros de partículas diésel (DPF) en vehículos pesados Euro VI que utilizan diésel. Para el presente análisis se consideró un costo de 62 dólares cada 75.000 kilómetros recorridos, en base a Miller y Façanha (2016).

No se consideran en el análisis posibles costos adicionales por el uso del aditivo urea AUS32, debido a que este aditivo es también requerido para los vehículos diésel Euro V con sistemas SCR (supuesto utilizado para el cálculo de emisiones) y por lo tanto no corresponde a un costo adicional.

Respecto a los costos de certificación, de acuerdo con datos del 3CV, entre 1997 y 2021, alrededor de seis mil modelos de vehículos pesados han sido certificados, promediando 240 modelos por año. El costo de certificación de las emisiones de camiones o tractocamiones, de acuerdo con lo establecido en el DS 55/94 MTT, asciende a \$312,803 pesos para el año 2021, según datos del 3CV (MTT, 2021)¹⁰. Se asume que el número de modelos que se certificarán cada año corresponderá al promedio histórico de 240 vehículos.

2.5 Beneficios

Una vez cuantificados los cambios en emisiones asociados a la norma de emisión para vehículos pesados, es necesario cuantificar el impacto en la concentración ambiental de material particulado (ver Anexo 5.6). La menor concentración de MP_{2,5} en el ambiente implicará que la población expuesta a la contaminación respirará un aire más limpio, lo que derivará en impactos positivos en la salud de la población. Por lo tanto, es posible estimar el cambio en la carga de enfermedades atribuible a la contaminación atmosférica (para más

¹⁰ <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/01/TABLA-VALORES-SERVICIOS-2021.pdf>

detalle metodológico ver Anexo 5.5). Esta carga puede ser cuantificada y valorizada utilizando funciones concentración-respuesta que dan lugar a coeficientes de riesgo unitarios (ver Anexo 5.7) y valores monetarios para la mortalidad y morbilidad evitada (Anexo 5.8), respectivamente.

Respecto a los cobeneficios de esta norma, se tiene que se reducen además emisiones de gases de efecto invernadero y ahorros en consumo de combustible. Estos generan impactos sociales y económicos y la metodología de estimación se detalla a continuación.

2.5.1 Co-beneficios

La valorización de CO₂ equivalente considera las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O. Las emisiones de CH₄ y de N₂O se convierten en CO₂eq utilizando un factor de conversión de 28 ton de CO₂eq por cada tonelada de CH₄ y de 265 ton de CO₂eq por cada tonelada de N₂O. Una vez obtenidas las reducciones de CO₂eq, estas se valorizan multiplicando por un precio social del carbono para cada tonelada. El precio social utilizado corresponde a \$32,5 USD/ton CO₂, de acuerdo con el documento “Precios Sociales 2021” (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

La migración hacia el estándar de emisión Euro 6/VI para vehículos pesados que utilizan diésel implicaría ahorros en el consumo de combustible de alrededor de 7%, según Blumberg (2010b). Estos ahorros fueron cuantificados utilizando los factores de consumo de combustible de EEA (2016), sobre los que se aplicó una reducción de 7% para vehículos diésel pesados Euro VI. El precio social del combustible diésel corresponde a \$408,7 pesos por litro, de acuerdo con el documento “Precios Sociales 2021” (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

2.6 Análisis costo beneficio

Luego de la estimación de los costos y beneficios, de acuerdo con lo indicado en las secciones anteriores, se procede al análisis de los siguientes indicadores económicos: beneficios, costos, valor actual neto y la razón beneficio costo. Todos los flujos de la evaluación serán llevados a términos anuales, para poder comparar costos con diferentes vidas útiles. Los costos de inversión serán anualizados de acuerdo con la fórmula (2-8).

$$I_a = \frac{I_0 * r * (1 + r)^{VU}}{(1 + r)^{VU} - 1} \quad (2-8)$$

Donde,

- I_a : Inversión anualizada \$/año
- I_0 : Inversión realizada en año 0
- r : Tasa de descuento
- VU : Vida útil (años)

Una vez calculados los flujos anuales, se calculará el valor presente neto de costos y beneficios desagregados. El valor presente en t_0 de una serie de flujos en el tiempo, t , están dado por la sumatoria de los flujos descontados hasta el periodo final tf , como se indica en la expresión (2-9).

$$\text{Valor presente}_{t_0} = \sum_{t=t_0}^{tf} \frac{F_t}{(1+r)^{t-t_0}} \quad (2-9)$$

Una vez calculado el valor presente de los diferentes flujos de la evaluación (costos de inversión, de operación, beneficios, entre otros) se procederá al cálculo del valor actual neto, VAN, de la nueva normativa. El valor actual neto corresponderá a los beneficios menos los costos asociados a la regulación, como se indica en la expresión (2-10). Un VAN positivo indica una rentabilidad social positiva del proyecto, mientras que un VAN de cero indica indiferencia frente a la inversión y un VAN negativo implicaría un costo social.

$$\text{Valor Actual Neto} = \text{Valor presente Beneficios} - \text{Valor presente Costos} \quad (2-10)$$

La tasa de descuento utilizada es de 6%, de acuerdo con lo recomendado por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia en el documento “Precios Sociales 2021” (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2021).

3. Resultados

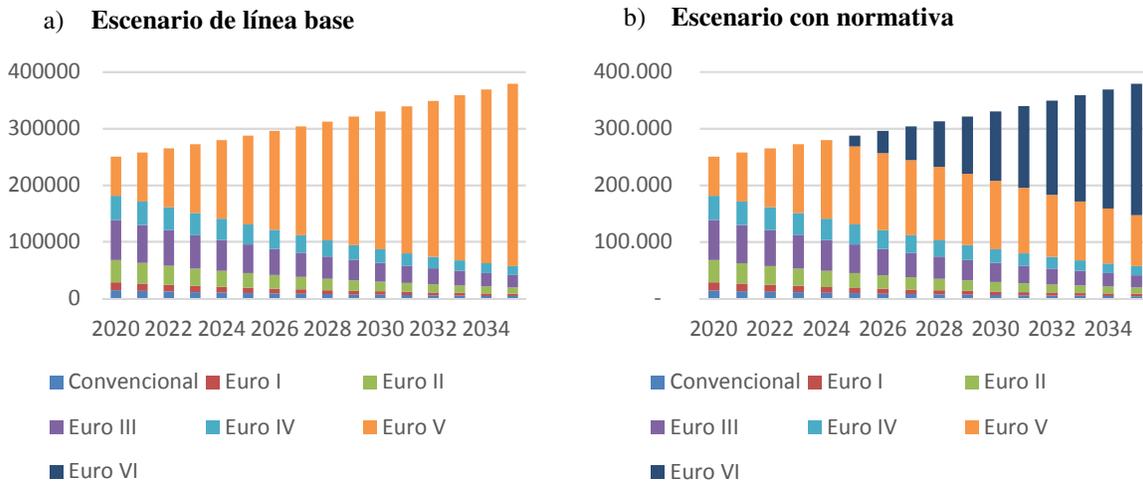
3.1 Proyección de Parque Vehicular

El parque proyectado, de acuerdo con los supuestos indicados en la sección 2.2, se presenta en la

Figura 8. La parte a) de la figura presenta el parque de línea base, en que el parque entrante cumpliría un estándar de emisión Euro V, mientras que la parte b) presenta el parque proyectado en el escenario normativo. En el escenario normativo, los vehículos entrantes cumplirían el estándar Euro VI a partir del año 2025. Cabe mencionar que el parque de la Región Metropolitana excluye los buses RED¹¹, los que ya requieren cumplir el estándar Euro VI como parte de la línea base.

¹¹ Corresponden a Red Metropolitana de Movilidad

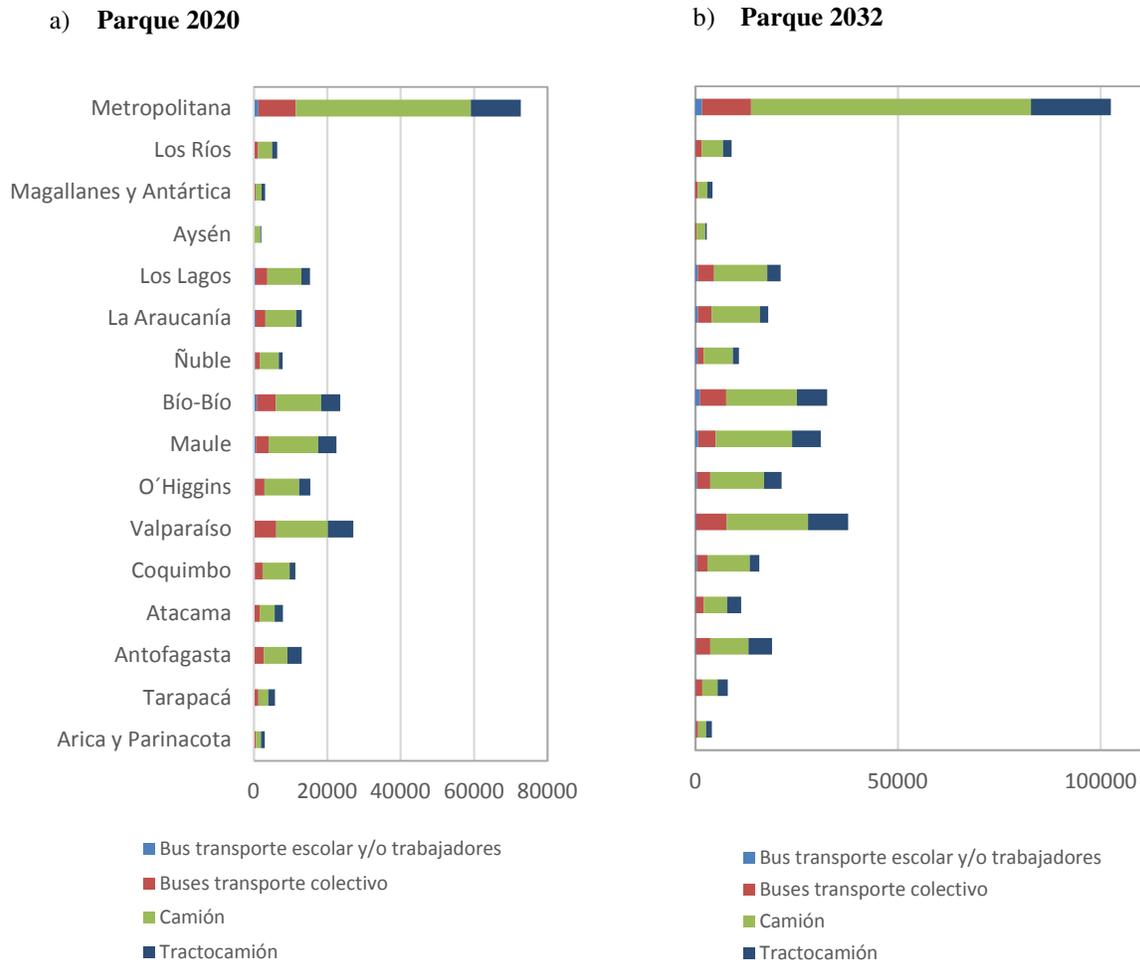
Figura 8: Proyección del parque de vehículos pesados, escenario de línea base y normativo.



Fuente: (CALAC+, 2022)

La Figura 9 presenta el parque de vehículos pesados distribuidos según región del país y según tipo de vehículo (categorías INE) para el año base y el año final de la evaluación, 2020 y 2032, respectivamente. Se estima que en 2032 el parque total de vehículos pesados (excluyendo buses RED en la Región Metropolitana) alcanzaría 349.052 unidades a nivel nacional.

Figura 9: Parque de vehículos pesados 2020 y proyectado 2032, según región y tipo.



Fuente: (CALAC+, 2022)

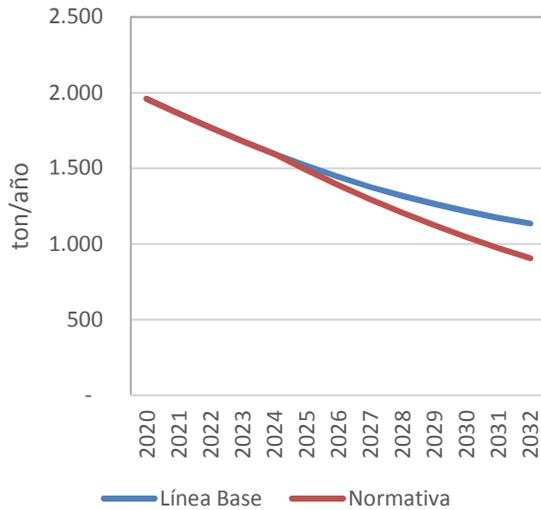
3.2 Reducción de Emisiones

La

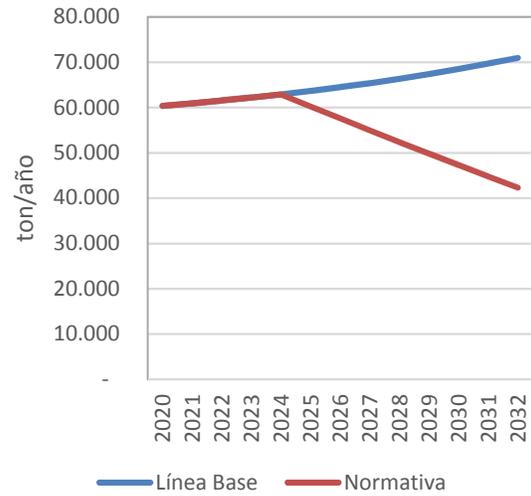
Figura 10 presenta la trayectoria de las emisiones de los principales contaminantes. Se observa que en ambos escenarios las emisiones disminuirían en el tiempo. Esto se debe a que de línea base los vehículos nuevos cumplirían el estándar Euro V, el que ya implicaría emisiones bajas comparadas con estándares anteriores. De todas formas, el escenario normativo implicaría reducción de emisiones para la mayoría de los contaminantes. El NO_x es el contaminante que se vería reducido en mayor cantidad, con una reducción de 14.321 toneladas en 2032, equivalentes a una reducción de 20% con respecto a la línea base. Para el mismo año, el MP_{2,5} se reduciría 115 toneladas, equivalente a 10% con respecto a la línea base.

Figura 10: Emisiones en el tiempo según escenario, MP_{2,5}, NO_x, SO₂ y CO₂ (ton/año)

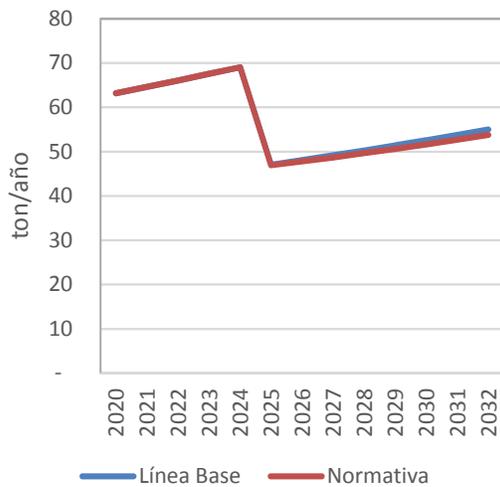
a) Emisiones de MP_{2,5}



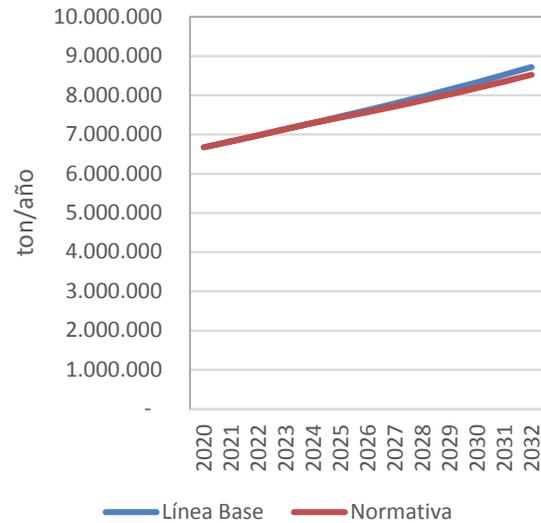
b) Emisiones de NO_x



c) Emisiones de SO₂



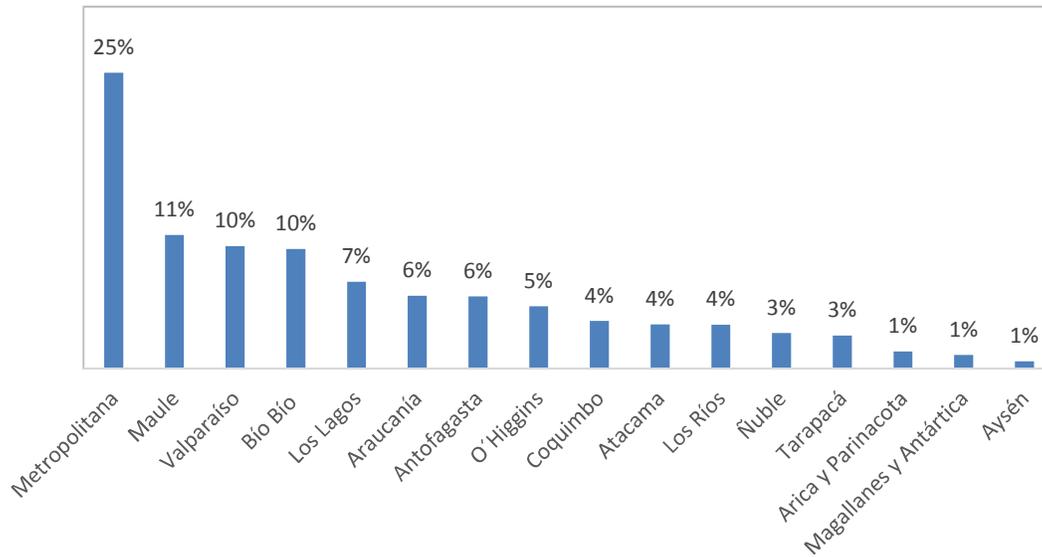
d) Emisiones de CO₂



Fuente: (CALAC+, 2022)

La contribución a la reducción de emisiones según región del país para el año 2032 se presenta en la figura siguiente.

Figura 11: Contribución a la reducción de emisiones en 2032 según región



Fuente: (CALAC+, 2022)

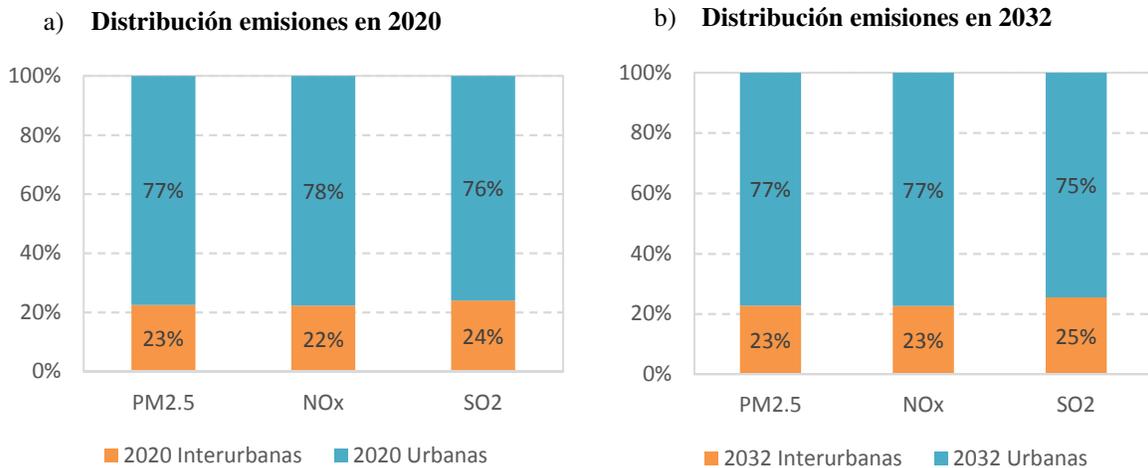
Por último, la Tabla 7 presenta la reducción de emisiones totales nacionales para todos los contaminantes durante el periodo de evaluación. La mayoría de los contaminantes se ven reducidos, excepto el N₂O, que aumentaría levemente con la introducción de la normativa y el CH₄, que no se vería afectado. El aumento de estos gases de efecto invernadero, al ser convertidos a CO₂eq y agregados con las reducciones de CO₂, resultan en reducciones netas de CO₂eq.

Tabla 7: Reducción de emisiones en el tiempo, según contaminante, en toneladas por año.

Contaminante	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
MP								
MP ₁₀	27,3	55,2	83,5	112,1	141,1	170,4	200,0	229,9
MP _{2,5}	27,3	55,2	83,5	112,1	141,1	170,4	200,0	229,9
BC								
BC	22,3	45,1	68,2	91,6	115,3	139,2	163,4	187,8
CO								
CO	1.052	2.127	3.215	4.317	5.431	6.555	7.691	8.839
CO₂								
CO ₂	22.974	46.493	70.374	94.588	119.110	143.917	169.055	194.521
CO₂eq								
CO ₂ eq	22.167	44.865	67.916	91.293	114.970	138.928	163.211	187.816
NH₃								
NH ₃	1,6	3,3	4,9	6,7	8,4	10,1	11,9	13,7
NOx								
NOx	3.409	6.891	10.419	13.989	17.597	21.240	24.922	28.642
SO₂								
SO ₂	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
COV								
COV	-6,3	-12,7	-19,2	-25,7	-32,4	-39,1	-45,9	-52,8
CH₄								
CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N₂O								
N ₂ O	-3,0	-6,1	-9,3	-12,4	-15,6	-18,8	-22,1	-25,3

Cabe mencionar que las emisiones pueden ser desagregadas en interurbanas y urbanas (o en centros poblados). La distribución de emisiones se basa en el nivel de actividad proyectado en zonas interurbanas y urbanas de SECTRA (ver Tabla 17). Los resultados indican que las emisiones urbanas corresponderían al 74-78% de las emisiones, mientras que las emisiones en carretera o interurbanas corresponderían a un 22-26%. Como se presenta en la Figura 12, la distribución de emisiones se mantiene aproximadamente constante en el tiempo.

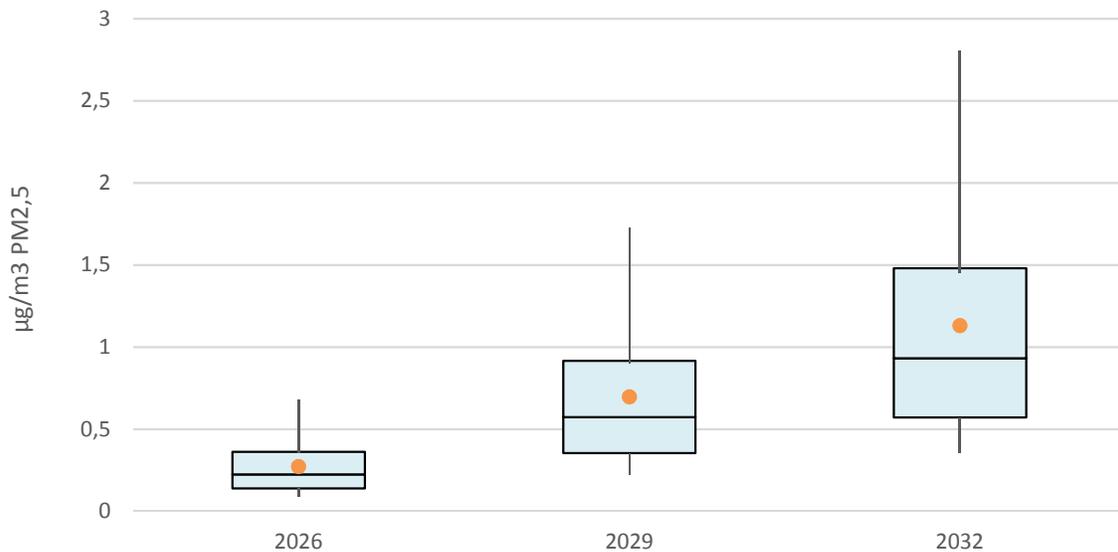
Figura 12: Distribución de emisiones urbanas e interurbanas.



Fuente: (CALAC+, 2022)

3.3 Reducción de concentraciones y casos evitados

A partir de la reducción de emisiones se cuantifica la reducción en la concentración ambiental de $MP_{2,5}$, con el fin de utilizar este resultado para cuantificar los impactos en salud de la normativa. La Figura 13 presenta la reducción de $MP_{2,5}$ para los años 2026, 2029 y 2032. La reducción de concentración varía entre las diferentes zonas geográficas, debido a diferentes reducciones de emisiones y a un FEC que varía según zona geográfica (ver sección 5.6). La figura presenta la reducción mínima, máxima, promedio y las reducciones correspondientes al percentil 25, 50 y 75, considerando los valores obtenidos para todas las provincias en análisis. En promedio, el año 2032 se obtendría una reducción de $1,13 \mu g/m^3$ de $MP_{2,5}$ en centros poblados. Nótese que esta reducción de concentración no considera las emisiones de contaminantes en carreteras, ya que se asume que no habría población expuesta en dichas condiciones de circulación de los vehículos.

Figura 13: Reducción de concentración de MP_{2,5} para 2026, 2029 y 2032.


A partir de los cambios en concentraciones ambientales de MP_{2,5} se calculan los casos evitados de mortalidad y de admisiones hospitalarias, así como de productividad perdida evitada. Los resultados para el año 2032 y para el acumulado entre 2025 (inicio de la normativa) y 2032 (año final de la evaluación) se presentan en la Tabla 8. El resultado más relevante en términos de beneficios en salud asociados a la introducción de la normativa sería la reducción de 2.627 muertes prematuras en 2032 y de 10.673 muertes entre 2025 y 2032.

Tabla 8: Casos evitados de mortalidad y morbilidad.

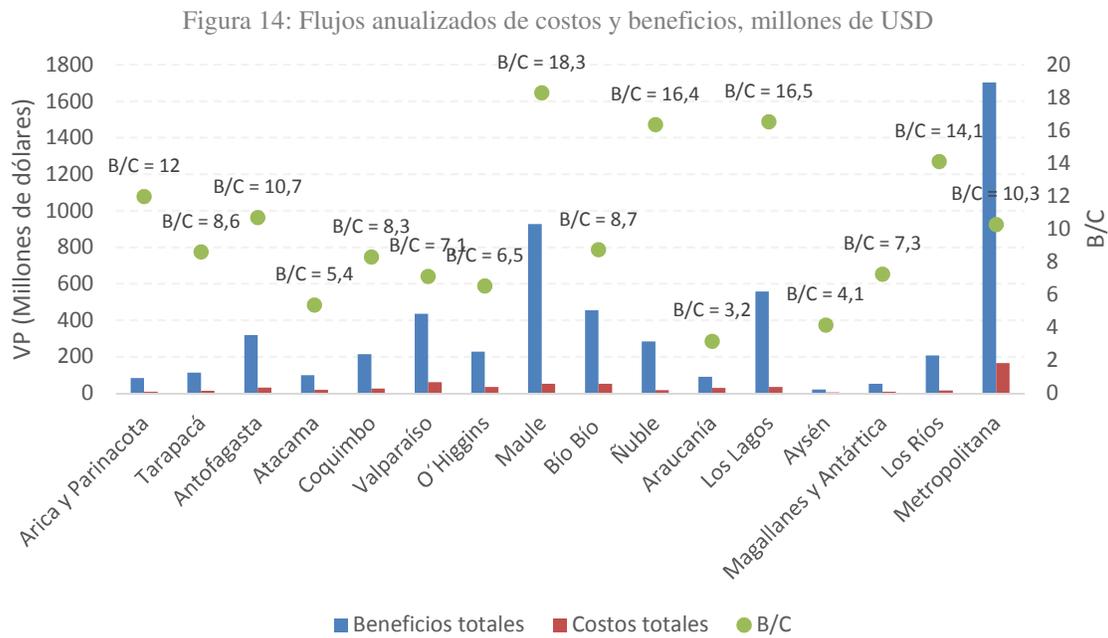
Evento	Tipo	Casos evitados 2032 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%	Casos evitados 2025-2032 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%
Mortalidad	Cardiopulmonar largo plazo	2.627	[1867; 3557]	10.673	[7670; 14382]
Admisiones hospitalarias	Asma (crónica)	60	[44; 73]	269	[196; 327]
	Cardiovascular	1.127	[883; 1294]	4.713	[3691; 5394]
	Respiratorias crónicas	116	[0; 217]	490	[16; 889]
	Neumonía	703	[335; 1009]	2.849	[1363; 4091]
Visitas Salas de Emergencia	Bronquitis	37.216	[25323; 48990]	168.001	[114957; 221316]
Productividad perdida	Días laborales	257.642	[251871; 286393]	1.141.786	[1116173; 1269189]
	Días de actividad restringida	1.503.258	[1450531; 1597282]	6.655.345	[6428685; 7073240]
	Días de actividad restringida menor	2.860.691	[2697992; 3032712]	12.670.369	[11951547; 13431924]

Fuente: (CALAC+, 2022)

3.4 Indicadores Económicos

Una vez cuantificados los costos y beneficios asociados a la implementación de la normativa, es posible calcular los indicadores típicos de un análisis costo-beneficio, como el valor presente de costos, beneficios, valor actual neto y razón beneficio-costo.

La Figura 14 presenta, para cada región del país, el valor presente de los beneficios totales (incluyendo beneficios en salud y ahorros en combustibles), los costos totales (de inversión, operación y mantención) y la razón beneficio-costo. Como se observa en la figura, la razón beneficio-costo varía entre regiones, entre un mínimo de 3 y un máximo de 18, dependiendo del nivel de actividad, de la reducción de concentración resultando, de la población expuesta en cada región, entre otros. De todas formas, en todas las regiones se obtiene una relación beneficio-costo mayor a 1.



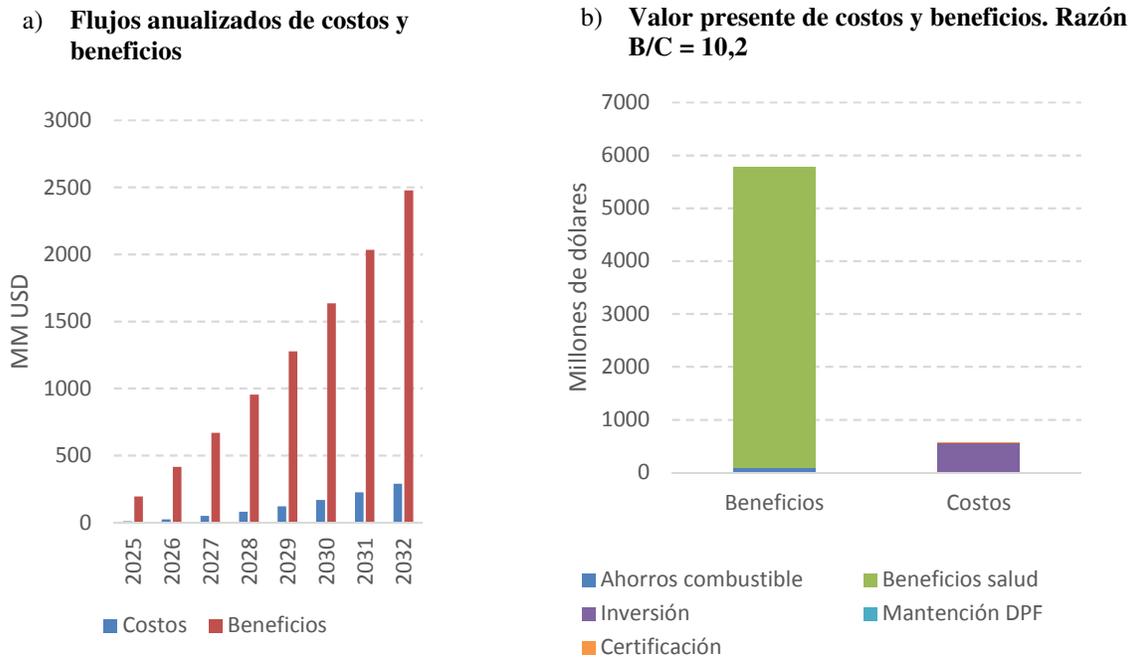
Fuente: (CALAC+, 2022)

Por otra parte, los cobeneficios por reducción de gases de efecto invernadero ascienden a US\$ 16,4 millones en valor presente.

La

Figura 15 presenta los flujos de costos y beneficios durante el periodo de evaluación, así como los indicadores agregados de la implementación de la normativa. Como se observa en la figura, los beneficios son mayores a los costos de implementación, obteniéndose beneficios 10,2 veces superiores a los costos. Los beneficios en salud corresponden al 98% del total de los beneficios asociados a la normativa, mientras que los costos incrementales de inversión también corresponden al mismo porcentaje de los costos totales.

Figura 15: Flujos anualizados y valor presente de costos y beneficios.



Fuente: (CALAC+, 2022)

4. Conclusiones

El presente documento analiza los costos y beneficios asociados a la implementación de la normativa Euro VI para vehículos pesados (de carga y buses) a nivel nacional a partir del año 2025, a excepción de los buses RED (ex Transantiago).

Previo al cálculo de los indicadores del análisis costo beneficio, se cuantifican las reducciones de emisiones y los impactos en calidad el aire que tendría la normativa. Se estima una reducción con respecto a la línea base en 2032 de 230 toneladas de MP_{2,5} (equivalente a un 20%) y de 28.642 toneladas de NO_x (equivalentes a un 40%). Otros contaminantes, como el SO₂ y CO₂ se verían reducidos en una menor proporción (cerca de un 2%), mientras que habría un leve aumento del N₂O y COVs. El MP_{2,5} ambiental se vería reducido entre 0,36 y 2,8 µg/m³ en 2032, dependiendo de la zona geográfica.

Se consideran en el análisis los costos incrementales de inversión para dar cumplimiento a la normativa, con respecto a la normativa vigente en el país, Euro V, los costos de mantención de los filtros de partículas y los de certificación que deberán incurrir los modelos introducidos al mercado.

Con respecto a los beneficios, se valorizan los impactos de mortalidad prematura evitada, morbilidad evitada y productividad perdida asociados a una reducción del MP_{2,5} ambiental, así como co-beneficios debido a emisiones de CO₂ evitadas y ahorros de combustible.

Los resultados indican una alta rentabilidad social de introducir la normativa, con una razón beneficio-costos igual a 10,2. El valor actual neto de la normativa sería de \$5.215 millones de dólares, con beneficios de \$5.779 y costos de \$564 millones de dólares¹². La mayor parte de los beneficios correspondería a mortalidad prematura evitada (98.5%), mientras que la mayor parte de los costos correspondería a los costos incrementales de inversión (también un 99%).

¹² Se considera un periodo de evaluación desde el año 2022 al 2032, calculándose el valor presente para el año 2022. Se asume un valor de la UF de 31.775,27 pesos, un tipo de cambio de 807.88 pesos por dólar y un valor de la vida estadística de 17.788 UF en 2022.

5. Anexos

5.1 Parque

Tabla 9. Diccionario categorías INE con clasificación según tamaño o tipo de vehículo

COD_TIPO	I_MT_GLOSA_TIPO	Tipo
1	Automóvil particular	Livianos y medianos
2	Station Wagon	Livianos y medianos
3	Todo Terreno (Tipo Jeep)	Livianos y medianos
4	Furgón.	Livianos y medianos
5	Casas Rodante (con motor)	Livianos y medianos
6	Minibus Particular	Livianos y medianos
7	Camioneta	Livianos y medianos
8	Motos	Motos
10	Casa rodante remolque hasta 1750 kg	No motorizado
11	Carro de arrastre hasta 1750 kg	No motorizado
13	Taxi básico	Livianos y medianos
14	Taxi colectivo	Livianos y medianos
15	Taxi Turismo	Livianos y medianos
16	Minibus transporte colectivo	Livianos y medianos
17	Minibus escolares y/o trabajadores	Livianos y medianos
18	Taxibus	Pesados
19	Buses transporte colectivo	Pesados
20	Bus transporte escolar y/o trabajadores	Pesados
22	Camión	Pesados
23	Tractocamión	Pesados
24	Camión especializado	Pesados
26	Tractor agrícola	Maquinaria
27	Maquinaria automotriz especializada	Maquinaria
29	Remolque sobre 1750 Kg	No motorizado
30	Semirremolque	No motorizado

Fuente: (CALAC+, 2022) en base a INE (2021).

5.2 Emisiones

Tabla 10: Resumen de categorías vehiculares y su definición, EEA

Categoría vehicular EEA	Categoría en español	Definición
Passenger Cars	Vehículos de pasajeros	M1: Vehículos para el traslado de pasajeros, de no más de 8 asientos adicionales al asiento del conductor.
Light Commercial Vehicles	Vehículos comerciales livianos	N1: Vehículos utilizados para la carga de bienes, de peso menor o igual a 3.5 toneladas.
Heavy-Duty Vehicles	Vehículos pesados	N2 y N3: Vehículos para el transporte de bienes, peso mayor a 3.5 toneladas. M2 y M3: Vehículos para el transporte de pasajeros (más de 8 asientos adicionales al conductor)
L-Category	Categoría-L	L1e, L2e, L3e, L4e: motocicletas de dos ruedas L5e: motocicletas de tres ruedas L6e, L7e: Cuadriciclos (mini-autos, vehículos todo terreno)

Fuente: (CALAC+, 2022) en base a la (EEA, 2019).

5.3 Correspondencia entre categorías vehiculares

Para determinar la correspondencia o equivalencia vehicular se analizaron los datos de las plantas de revisión técnica (PRT) y las características de los modelos certificados por el 3CV. Los datos del 3CV¹³ indican la capacidad de carga de los modelos, mientras que los datos de las PRT permiten determinar la cantidad de cada modelo en circulación. Se logró identificar la capacidad de carga de 38.760 buses (detalle en Tabla 11) y de 147.702 vehículos de carga (ver Tabla 12).

Tabla 11. Cantidad de buses y minibuses según tramo de capacidad de carga, PRTs.

Aplicación	<=15 t	15-18t	Total
Minibús	1183		1183
Transporte Interurbano	3790	202	3992
Transporte Interurbano Privado	19		19
Transporte Interurbano Público y Privado	37		37
Transporte Interurbano y Rural	27		27
Transporte Privado y Rural	3206		3206
Transporte Rural	8998		8998
Transporte Urbano	5481		5481
Transporte Urbano y Rural	14853		14853
Transporte Urbano, Rural y Privado	964		964
Total	38558	202	38760

Fuente: (CALAC+, 2022) en base a 3CV y datos de PRT.

Como se observa en la Tabla 11, la gran mayoría de los buses corresponderían a una capacidad de carga menor o igual a 15 toneladas. Los vehículos cuya capacidad de carga es

¹³ Datos disponibles en <https://mtt.gob.cl/archivos/5607>

superior a 15 toneladas corresponderían al 0.5% del total, por lo que se asume que el 100% de los buses correspondería al segmento “Urban Buses Midi $\leq 15 t$ ”, como se indica en la Tabla 13.

Tabla 12. Cantidad de vehículos de carga según tramo de capacidad de carga, PRT

Aplicación	>3,5t	3,5 - 7,5 t	7,5 - 12 t	12 - 14 t	14- 20 t	20 - 26 t	26 - 28 t	28 - 34 t	34 - 40 t	40 - 50 t	50 - 60 t
Camión	7472	29425	16323	2284	26547	11061	2179	547	324	114	
Camioneta	339										
Carro Bomba			33	7	11						
Chasis urbano regiones, interurbano, rural R.M			140								
Furgón	3651	2									
Furgón Bomberos	2										
Tracto Camión		41	1474	17269	23431	1156	3595	51	7	151	66
Total	11464	29468	17970	19560	49989	12217	5774	598	331	265	66

Fuente: (CALAC+, 2022) en base a 3CV y datos de PRT.

En el caso de los vehículos de carga, para las categorías INE “camión” y “tractocamión” se considera la distribución de los modelos bajo la aplicación “camión” y “tracto camión” del 3CV. Para la categoría INE “camión especializado” se considera la distribución de las demás aplicaciones del 3CV. La asignación de categorías resultante se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 13. Distribución de vehículos desde categorías INE a categorías EEA, de acuerdo con capacidad de carga.

Tipo EEA	Segmento EEA	Taxibus	Buses transporte colectivo	Bus transporte escolar y/o trabajadores	Camión	Tracto camión	Camión especializado
Buses	Urban Buses Midi $\leq 15 t$	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Urban Buses Articulated $>18 t$	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Coaches Standard $\leq 18 t$	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Coaches Articulated $>18 t$	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Urban CNG Buses	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Heavy Duty Trucks	$>3,5 t$	0,00%	0,00%	0,00%	7,76%	0,00%	95,39%
	Rigid $\leq 7,5 t$	0,00%	0,00%	0,00%	30,56%	0,09%	0,05%
	Rigid 7,5 - 12 t	0,00%	0,00%	0,00%	16,95%	3,12%	4,13%
	Rigid 12 - 14 t	0,00%	0,00%	0,00%	2,37%	36,56%	0,17%
	Rigid 14 - 20 t	0,00%	0,00%	0,00%	27,57%	49,60%	0,26%
	Rigid 20 - 26 t	0,00%	0,00%	0,00%	11,49%	2,45%	0,00%
	Rigid 26 - 28 t	0,00%	0,00%	0,00%	2,26%	7,61%	0,00%
	Rigid 28 - 32 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,57%	0,11%	0,00%
Rigid $>32 t$	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	

Tipo EEA	Segmento EEA	Taxibus	Buses transporte colectivo	Bus transporte escolar y/o trabajadores	Camión	Tracto camión	Camión especializado
	Articulated 14 - 20 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 20 - 28 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 28 - 34 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Articulated 34 - 40 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,34%	0,01%	0,00%
	Articulated 40 - 50 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,32%	0,00%
	Articulated 50 - 60 t	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	0,00%

Fuente: (CALAC+, 2022)

SECTRA por su parte utiliza las siguientes categorías para vehículos de carga: i) Camiones livianos, cuyo peso bruto es inferior a 7.5 toneladas, ii) Camiones medianos, con peso bruto entre 7,5 y 16 toneladas y iii) Camiones pesados, con peso bruto superior a 16 toneladas.

Utilizando nuevamente los datos de las PRT y del 3CV, pero agrupando los vehículos pesados de acuerdo con las definiciones de SECTRA, se obtiene la distribución parque de vehículos de carga, presentada en la Tabla 14.

Tabla 14. Vehículos de carga, datos PRT/3CV clasificados de acuerdo con definición SECTRA

Aplicación	Camiones livianos <=7.5 t	Camiones medianos 7.5-16t	Camiones pesados >16t	Total
Camión	36897	29797	29582	96276
Camioneta	339			339
Carro Bomba		40	11	51
Chasis urbano regiones, interurbano, rural R.M		140		140
Furgón	3653			3653
Furgón Bomberos	2			2
Tracto Camión	41	21522	25678	47241
Total	40932	51499	55271	147702

Fuente: (CALAC+, 2022) en base a 3CV y datos de PRT.

A partir de la tabla anterior se construye el diccionario (o correspondencia) entre las categorías INE y SECTRA presentado en la Tabla 15.

Tabla 15. Correspondencia o diccionario entre categorías INE y SECTRA, para vehículos de carga.

Categorías INE	Categorías SECTRA		
	Camiones livianos	Camiones medianos	Camiones pesados
Camión	38.32%	30.95%	30.73%
Tractocamión	0.09%	45.56%	54.36%
Camión especializado	95.44%	4.30%	0.26%

Fuente: (CALAC+, 2022)

5.4 Nivel de actividad

Tabla 16. Nivel de actividad (kilómetros recorridos por año) según categorías vehiculares SECTRA

Región	Camión	Tractocamión	Camión especializado	Buses
Región De Tarapacá	30.934	81.187	30.934	51.166
Región De Antofagasta	30.254	72.431	30.254	61.559
Región De Atacama	24.508	81.200	24.508	63.198
Región De Coquimbo	25.724	79.791	25.724	49.984
Región De Valparaíso	30.856	56.011	30.856	48.709
Región De O'Higgins	25.809	65.857	25.809	45.618
Región Del Maule	27.241	69.656	27.241	121.038
Región Del Bío-Bío	31.123	56.098	31.123	70.012
Región De La Araucanía	29.332	80.953	29.332	94.655
Región De Los Lagos	26.273	59.968	26.273	109.052
Región De Aysén	19.550	62.155	19.550	75.857
Región De Magallanes Y Antártica	22.110	67.331	22.110	52.154
Región Metropolitana De Santiago	27.543	65.431	27.543	49.045
Región De Los Ríos	29.967	82.630	29.967	129.424
Región De Arica Y Parinacota	28.685	78.402	28.685	51.276
Región De Ñuble	31.123	56.098	31.123	70.012

Fuente: (CALAC+, 2022)

Tabla 17. Distribución de nivel de actividad según región y tipo de vehículo en zonas urbanas e interurbanas, año 2020

Región	Tipo de vehículo	Urbano	Interurbano
Región De Tarapacá	Bus	18%	82%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Los Lagos	Bus	81%	19%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Aysén	Bus	44%	56%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Magallanes Y Antártica	Bus	61%	39%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región Metropolitana De Santiago	Bus	46%	54%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Los Ríos	Bus	81%	19%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Arica Y Parinacota	Bus	18%	82%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%

Región	Tipo de vehículo	Urbano	Interurbano
	Camión Pesado	100%	0%
Región De Antofagasta	Bus	21%	79%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Atacama	Bus	18%	82%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Coquimbo	Bus	23%	77%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De Valparaíso	Bus	54%	46%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De O'Higgins	Bus	43%	57%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región Del Maule	Bus	60%	40%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región Del Bío-Bío	Bus	57%	43%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%
Región De La Araucanía	Bus	52%	48%
	Camión Liviano	100%	0%
	Camión Mediano	100%	0%
	Camión Pesado	4%	96%

Fuente: SECTRA, modelo STEP

5.5 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 cardíacas 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 18 resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla 18: 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: (CALAC+, 2022).

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

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

Donde:

- ΔEfecto_{pj} : Cambio en efecto en salud j debido al delta de emisión del contaminante p [(ug/m³)⁻¹],
- β_{pj} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [(ug/m³)⁻¹],
- ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [ug/m³],
- 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 linealizar¹⁴ la expresión anterior de 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.

¹⁴ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

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:

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

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”.

5.6 Factores emisión concentración (FEC)

Los AGIES desarrollados por el MMA relacionan cambios en emisiones con cambios en concentraciones de $\text{MP}_{2,5}$ utilizando los factores emisión-concentración o FECs. La metodología de los FEC se basa en el estudio (GreenLabUC, 2011), en que se propone una metodología para determinar factores que relacionen emisiones y concentraciones para diferentes sectores emisores y zonas geográficas de Chile. A partir de factores emisión-concentración para 7 ciudades, se propone una metodología de “transferencia” de acuerdo con el volumen (o superficie) de la zona del FEC original a la región de destino.

La idea es ajustar el FEC de acuerdo con el volumen de dispersión de los contaminantes en el área original y en área de transferencia. Se asume que la altura de mezcla es la misma en el área original de estudio y en el área de transferencia, con lo que el ajuste de FEC considera la razón entre las superficies en dichas áreas, de acuerdo con la expresión (5-1).

$$FEC_{jc} = FEC_{i \text{ transporte}} * \frac{\text{Superficie}_j}{\text{Superficie}_i} \quad (5-1)$$

Donde,

FEC_{jc} : Factor emisión-concentración ajustado para la zona geográfica j y área tipo c ($\text{ton}/\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$FEC_{i \text{ transporte}}$: Factor emisión-concentración de la ciudad i representante del sector transporte

Superficie_j : Superficie urbana de la zona geográfica j

Superficie_i : Superficie urbana de la ciudad i

c : tipo de área costera o no-costera.

Para cada zona geográfica (provincias en este caso) el resultado de la transferencia dependerá de si está compuesta de áreas costeras y/o interiores. La metodología se aplica a nivel de provincia.

Cabe mencionar que, para el cálculo de los beneficios en salud, las emisiones fuera de centros poblados (o interurbanas) no son consideradas.

5.7 Coeficientes de Riesgo Unitario

En la Tabla 19 se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla 19: 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)

5.8 Valores unitarios de casos evitados

Los valores unitarios por caso evitado se presentan en la Tabla 20. De estos valores, el más relevante en términos del peso en los beneficios corresponde al valor unitario para la mortalidad evitada (valor de la visa estadística). Dicho valor corresponde originalmente al estudio (Rizzi & Ortúzar, 2003), y su valor actualizado a 2022 se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 20: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso] para el año 2022.

Tipo de evento	Evento	Previsión	0 a 17 años	18 a 64 años	65+ años	
Mortalidad	Mortalidad	Todas	17.788	17.788	17.788	
Admisiones hospitalarias	Asma (crónica)	Fonasa	13,95	13,95	7,07	
		Isapre	28,03	28,03	14,12	
	Cardiovascular	Fonasa	-	73,09	90,46	
		Isapre	-	146,00	176,17	
	Respiratorias crónicas	Fonasa	7,31	14,36	13,56	
		Isapre	10,75	21,49	21,49	
	Neumonía	Fonasa	4,11	4,11	8,02	
		Isapre	2,55	2,55	5,87	
	Visitas Salas de Emergencia	Bronquitis	Fonasa	1,77	-	-
			Isapre	4,70	-	-
Productividad perdida	Días laborales	Fonasa	-	0,26	-	
	Días de actividad restringida	Fonasa	-	0,26	-	

Fuente: (MMA 2011)

6. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Emisión para vehículos pesados.
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Norma de Emisión para vehículos pesados, , elaborado a partir de la revisión del D.S. N°55 de 1994 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones..
	Tipo de regulación	Norma de emisión de entrada nacional
	Fecha de término del AGIES	09/05/2022
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Revisión
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA 2013)
	Normativas consideradas de línea base	Norma de emisión vigente, que exige Norma Euro V.
	Nivel de evaluación de beneficios	Se valoraron beneficios en salud y costos de mejora tecnológica.
	Tasa de descuento	6%
	Beta	Ver Tabla 19
	Tasas de incidencia	(GreenlabUC, 2020)
	Valor de la vida estadística	17.788 UF al año 2018, 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 2032: MP _{2.5} : 230 [ton/año].
	Años de evaluación	2022-2032
Parámetros	Valor del dólar	807,88 pesos/dólar
	Valor de la UF	31.775 pesos/UF
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	US\$564 millones
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	US\$5.779 millones

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.

CALAC+ (2020). Elaboración de AGIES para la norma de vehículos pesados.

CNE (2018). Precio Mensual Regional de Combustibles Líquidos.

EMEP/EEA (2013). Air pollutant emission inventory guidebook 2013. **Technical guidance to prepare national emission inventories.**

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 (2015). Análisis y Desarrollo de Factores de Deterioro y Caracterización de las Emisiones de la Flota mediante el Sistema Remote Sensing Devices (RSD), Preparado para SECTRA.

GEASUR y Sistemas Sustentables (2012). Elaboración de una Estrategia Nacional para Reducir la Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes del Sector Transporte.

GreenLabUC (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.

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.

GreenLabUC (2020). Actualización de tasas de incidencia base de mortalidad y morbilidad para contaminación atmosférica, Preparado para Ministerio del Medio Ambiente, ID licitación 608897-45-LE19.

ICCT (2012). Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for Light-Duty Vehicles.

INE (2017). Encuesta anual de parque vehicular

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 (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.

MMA (2017). Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas.