



GreenLabUC

Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.

Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional

Estudio solicitado por el Ministerio de Medio Ambiente

Informe Final

Santiago, 20 de Marzo de 2012

Equipo de Trabajo

Luis Abdón Cifuentes Lira
lac@ing.puc.cl

Sebastián Tolvett
stolvett@scss.cl

Marcelo Mena
mmena@unab.cl

Álvaro Puelma
alvaropuelma@greenlabuc.cl

Nicolás Borchers Arriagada
nicolasborchers@greenlabuc.cl

Tabla de Contenidos

1. ANTECEDENTES.....	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	1
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.1.3 <i>Productos de la Presente Entrega</i>	2
2. ESTIMACIÓN DE EMISIONES	4
2.1 METODOLOGÍA STEP123	4
2.1.1 <i>Estructura de la metodología STEP123</i>	5
2.2 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....	12
2.2.1 <i>Categorías vehiculares</i>	12
2.2.2 <i>Niveles de Actividad</i>	14
2.2.3 <i>Parque Proyectado</i>	16
2.2.4 <i>Factores de Emisión</i>	16
2.2.5 <i>Selección de Centros Urbanos a Evaluar</i>	16
2.2.6 <i>Asignación del Parque de Vehículos a Centros Urbanos</i>	19
3. ESTIMACIÓN DE COSTOS SOCIALES.....	20
3.1 COSTOS INCREMENTALES DE TECNOLOGÍA NUEVA	20
3.1.1 <i>Vehículos Pesados</i>	22
3.1.2 <i>Vehículos Livianos y Medianos</i>	24
3.1.3 <i>Reducción de Costos dentro del periodo de evaluación</i>	25
3.2 COSTOS DE COMBUSTIBLE	26
3.3 COSTOS DE FISCALIZACIÓN	27
4. REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES AMBIENTALES.....	29
4.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA LOS FACTORES EMISIÓN - CONCENTRACIÓN	30
4.1.1 <i>Inventarios de emisiones</i>	31
4.2 ASIGNACIÓN DE FEC A CENTROS URBANOS SELECCIONADOS	37
5. ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS SOCIALES.....	40
5.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	40
5.2 CUANTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	40
5.3 VALORIZACIÓN DE IMPACTOS.....	42
5.3.1 <i>Valorización de impactos en salud</i>	42
5.4 CALCULO DEL BENEFICIO SOCIAL	44
5.4.1 <i>Proyección de Beneficios en el Tiempo</i>	44
5.4.2 <i>Agregación de Beneficios</i>	45
5.4.3 <i>Distribución de Beneficios</i>	45
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	47
6.1 SUPUESTOS GENERALES UTILIZADOS	47
6.2 VEHÍCULOS PESADOS	48
6.2.1 <i>Camiones</i>	48
6.2.2 <i>Buses</i>	60
6.2.3 <i>Análisis agregado Vehículos Pesados</i>	73
6.3 VEHÍCULOS LIVIANOS Y MEDIANOS	77

6.3.1	Particulares.....	77
6.3.2	Taxis.....	90
6.3.3	Análisis Vehículos Livianos.....	102
6.3.4	Análisis Vehículos Medianos.....	110
6.4	RESULTADOS TOTALES CONSIDERANDO TODAS LAS FUENTES MÓVILES.....	118
6.4.1	Evolución del Parque de Vehículos.....	118
6.4.2	Impactos Ambientales.....	119
6.4.1	Impactos Sociales.....	123
6.4.2	Indicadores Económicos.....	125
6.4.3	Análisis Distributivo.....	126
7.	CONCLUSIONES.....	128
7.1	VEHÍCULOS PESADOS.....	128
7.2	VEHÍCULOS MEDIANOS.....	129
7.3	VEHÍCULOS LIVIANOS.....	129
7.4	CAMIONES.....	130
7.5	BUSES.....	131
7.6	VEHÍCULOS PARTICULARES.....	132
7.7	TAXIS.....	133
7.8	FUENTES MÓVILES.....	133
8.	REFERENCIA.....	135
9.	ANEXOS.....	136
I.	FACTORES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	136
II.	ASIGNACIÓN PARQUE AUTOMOTRIZ Y EMISIONES.....	141

Lista de Tablas

Tabla 1 Evolución de Normas por Categoría – Escenario con Norma	12
Tabla 2: Categorías vehículos por tipo y sub-tipo.....	13
Tabla 3: Categorización de los vehículos según sus características de emisión.	13
Tabla 4: Categoría vehicular para la evaluación de la normativa.	14
Tabla 5: Niveles de Actividad (kilómetros recorridos/año)	15
Tabla 6: Evolución Parque de vehículos a Nivel Nacional.....	16
Tabla 7: Áreas Metropolitanas seleccionadas	18
Tabla 8: Diferencial Parque Vehicular (vehículos/año).....	21
Tabla 9: Costo máximo y mínimo de vehículos EURO III	22
Tabla 10 Costo Incremental Promedio según fuentes revisadas (\$ de 2011)	23
Tabla 11: Costo Incremental Promedio EURO III – EURO V según fuentes revisadas (\$ de 2011)	24
Tabla 12: Costo incremental por tipo y sub-tipo (Miles CLP 2011/veh) – Valores Mínimo y Máximo a partir de recomendación de expertos.....	24
Tabla 13: Costo Incremental de Vehículos Livianos y Medianos (\$ de 2011).....	25
Tabla 14: Densidad de los combustibles considerados.	26
Tabla 15: Precio social de los combustibles (CLP/litro)	27
Tabla 16: Vehículos pesados por línea de revisión técnica el año 2010.....	28
Tabla 17 Descripción de escenarios para cálculo de FEC modelado.	34
Tabla 18 Resumen de Factores de emisión concentración determinados usando modelo WRF-Chem 3.1 para Chile continental (ton/ug-m3).....	37
Tabla 19 Efectos de la contaminación	40
Tabla 20 Efectos en Salud según Causa y Grupo de Edad cuantificados y función dosis-respuesta asociada	41
Tabla 21 Valores Utilizados en la cuantificación de los efectos considerados (UF2009/caso).....	43
Tabla 22: Evolución de Normas para Camiones – Escenario con Norma	48
Tabla 23: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para camiones - periodo 2011-2025.....	50
Tabla 24: Casos Evitados en todos los centros urbanos debido a la norma de camiones.....	53
Tabla 25: Flujo de costos y beneficios para los camiones.	54
Tabla 26: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para camiones (MUSD).	55
Tabla 27: Beneficios y costos para camiones por sector y escenario de beneficios.....	56
Tabla 28: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario más adverso.	58
Tabla 29: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario menos adverso.....	59
Tabla 30: Evolución de normas para buses – escenario con norma.....	60
Tabla 31: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para buses - periodo 2011-2025.....	62
Tabla 32: Casos evitados en todos los centros urbanos debido a la norma de buses.....	65
Tabla 33: Flujo de costos y beneficios para los buses.	66
Tabla 34: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para buses (MUSD).	67
Tabla 35: Beneficios y costos para buses por sector y escenario de beneficios.....	68
Tabla 36: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario más adverso.	70
Tabla 37: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario menos adverso.....	71
Tabla 38: Flujo de costos y beneficios para vehículos pesados.....	73
Tabla 39: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para Vehículos Pesados (MUSD).	74
Tabla 40: Beneficios y costos para Vehículos Pesados por sector y escenario de beneficios.	75
Tabla 41: Evolución de normas para vehículos particulares– escenario con norma.....	77
Tabla 42: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para vehículos particulares - periodo 2011-2025	79
Tabla 43: Casos evitados debido a la norma de vehículos particulares.....	82
Tabla 44: Flujo de costos y beneficios para los vehículos particulares.....	83
Tabla 45: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para vehículos particulares (MUSD).....	84
Tabla 46: Beneficios y costos para vehículos particulares por sector y escenario de beneficios.....	85
Tabla 47: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo.....	87

Tabla 48: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario menos adverso.....88

Tabla 49: Evolución de normas para taxis – escenario con norma.....90

Tabla 50: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para taxis - periodo 2011-2025.....92

Tabla 51: Casos evitados debido a la norma de taxis en todos los centros urbanos.....95

Tabla 52: Flujo de costos y beneficios para taxis.....96

Tabla 53: Valor Presente por tipo y escenario de beneficios para taxis (MUSD).....97

Tabla 54: Beneficios y costos para taxis por sector y escenario de beneficios.....98

Tabla 55: Valor presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo.....99

Tabla 56: Valor presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario menos adverso.....100

Tabla 57: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para vehículos livianos - periodo 2011-2025103

Tabla 58: Casos evitados debido a la norma de vehículos livianos.....106

Tabla 59: Flujo de costos y beneficios para los vehículos livianos.....107

Tabla 60: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para vehículos livianos (MUSD).....108

Tabla 61: Beneficios y costos para vehículos livianos por sector y escenario de beneficios.....109

Tabla 62: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para vehículos medianos - periodo 2011-2025111

Tabla 63: Casos evitados debido a la norma de vehículos medianos.....114

Tabla 64: Flujo de costos y beneficios para los vehículos medianos.....115

Tabla 65: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para vehículos medianos (MUSD).....116

Tabla 66: Beneficios y costos para vehículos medianos por sector y escenario de beneficios.....117

Tabla 67: Evolución de normas para todas las fuentes móviles– escenario con norma118

Tabla 68: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para todas las fuentes móviles - periodo 2011-2025 ..120

Tabla 69: Casos evitados debido a la norma para fuentes móviles.....123

Tabla 70: Flujo de costos y beneficios.....124

Tabla 71: Valor Presente por tipo y escenario de beneficios (MUSD).....125

Tabla 72: Beneficios y costos por sector y escenario de beneficios.....126

Tabla 73: Factores de consumo de combustible desagregados por tipo de vehículo, sub tipo de vehículo, norma o estándar de emisión que cumple y combustible que utiliza.....136

Tabla 74: Categoría de la normativa ambiental.....142

Lista de Figuras

Figura 1: Diagrama *top-down* del enfoque metodológico.....6

Figura 2: Diagrama de Módulos Modelo STEP y fuentes principales de información.....7

Figura 3: Diagrama Módulo STEP 1.....8

Figura 4: Diagrama Módulo STEP 3: Cálculo de emisiones.....10

Figura 5: Dominios de modelación; Izquierda, dominio de 4km de resolución, con 97x97 grillas. Derecha, dominio regional de 12km de resolución, 179 x 269 grillas.....31

Figura 6: Distribución geográfica de emisiones primarias de MP ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$).....32

Figura 7: Ejemplos de aporte emisiones antropogénicas de MP ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$). y estacionalidad a.)Calefacción residencial primavera/otoño b) Calefacción residencial invierno. c.) Calefacción residencial verano d) Emisiones sector transporte público.....33

Figura 8: Emisiones primarias de MP2,5 nacional, dominio Chile Continental (12km), en $\text{pg}/\text{m}^2/\text{s}$33

Figura 9: Efecto de incremento de 10% de emisiones de PM primario, fuentes móviles, Año base 2010, modelo WRF-Chem, Mosaic. En ng/m^335

Figura 10: Efecto de incremento de 10% de emisiones de SO2 primario, fuentes móviles, Año base 2010, modelo WRF-Chem, Mosaic. En ng/m^336

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Entrada y Salida al Parque Automotriz de Vehículos con Distintos Estándares de Emisión.....21

Gráfico 2: Evolución del parque de camiones según normas de emisión48

Gráfico 3: Emisiones del año 2025 de MP2,5 generadas por camiones para cada centro urbano.52

Gráfico 4: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de camiones.56

Gráfico 5: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario más adverso58

Gráfico 6: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario menos adverso.....59

Gráfico 7: Evolución del parque de buses según normas de emisión.60

Gráfico 8: Emisiones año 2025 de MP 2,5 generadas por buses para cada centro urbano.64

Gráfico 9: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de buses.68

Gráfico 10: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario más adverso.70

Gráfico 11: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario menos adverso.71

Gráfico 12: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de Vehículos Pesados75

Gráfico 13: Evolución del parque de vehículos particulares según normas de emisión.78

Gráfico 14: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas por vehículos particulares para cada centro urbano.81

Gráfico 15: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de vehículos particulares.....84

Gráfico 16: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo ...86

Gráfico 17: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario de beneficios Alto ...88

Gráfico 18: Evolución del parque de taxis según normas de emisión.90

Gráfico 19: Emisiones año 2025 de MP 2.5 generadas por taxis para cada centro urbano.94

Gráfico 20: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de taxis97

Gráfico 21: Valor Presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo.99

Gráfico 22: Valor Presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario beneficios Alto.100

Gráfico 23: Evolución del parque de vehículos livianos según normas de emisión.102

Gráfico 24: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas por vehículos livianos para cada centro urbano.105

Gráfico 25: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de vehículos livianos.....108

Gráfico 26: Evolución del parque de vehículos Medianos según normas de emisión.....110

Gráfico 27: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas por vehículos medianos para cada centro urbano.....113

Gráfico 28: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de vehículos medianos.116

Gráfico 29: Evolución del parque de fuentes móviles debido a las normas de emisión.119

Gráfico 30: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas para cada centro urbano.....122

Gráfico 31: Valor Presente de los costos y beneficios.126

1. Antecedentes

El análisis técnico-económico cumple un rol fundamental en el proceso de dictación de normas. La Ley N° 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente (Diario Oficial 09/03/94) y lo dispuesto en el D.S. N° 93, de 1995, MINSEGPRES (Diario Oficial 26/10/95), que establece el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad y Emisión, definen, en el marco del proceso de elaboración, la necesidad de una evaluación económica y social de los anteproyectos de normas ambientales. El reglamento especifica que este análisis deberá evaluar los costos y beneficios para la población, ecosistemas o especies directamente afectadas o protegidas; y los costos y beneficios para el Estado como responsable de la fiscalización del cumplimiento de la norma.

Las emisiones del sector transporte generan un aporte relevante a la contaminación atmosférica, lo que exige en primer lugar disponer de una regulación de las diversas categorías vehiculares (buses, camiones y vehículos livianos) y en segundo lugar exige una revisión de dichas normativas, analizando la factibilidad de exigir niveles de norma más estrictos, de acuerdo a la tecnología disponible, conforme a lo dispuesto por la normativa nacional, que exige un proceso de revisión de las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes cada cinco años. Esto con el objetivo de reducir las emisiones de los vehículos motorizados y de esta manera reducir el impacto en la salud de las personas.

En este contexto, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones dictó los Decretos Supremos N° 211, de 1991, 54 y 55 de 1994, que establecieron niveles máximos de emisión exigibles a vehículos motorizados livianos, medianos y pesados, cuyos valores han ido progresivamente volviéndose más estrictos, a partir de las modificaciones que ha sufrido la normativa a través de los años. Recientemente, en el año 2010, se dio a conocer la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), donde se fijan límites de emisiones comparables a los niveles exigidos en Europa y Estados Unidos.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo General

Valorar económica y socialmente los nuevos estándares de emisión para fuentes móviles en el territorio nacional, profundizando en la estimación de costos y beneficios para los diferentes sectores, incorporando los costos de la fiscalización por parte del Gobierno y los efectos distributivos asociados.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Contar con antecedentes técnicos y económicos que sirvan de apoyo para la toma de decisiones con respecto a la implementación de la nueva normativa propuesta para fuentes móviles.
- Establecer la línea base de emisiones del parque vehicular del país.
- Valorar los beneficios y costos asociados a la implementación de los nuevos estándares propuestos, a partir de la metodología propuesta por el consultor.
- Estimar los costos asociados a la implementación de los nuevos estándares propuestos, considerando los costos de inversión y fiscalización.
- Identificar los beneficios sociales que tendría la aplicación de los nuevos estándares propuestos.
- Cuantificar el cambio en el número de efectos o nivel de impacto que tendría la implementación de los nuevos estándares propuestos.
- Estimar los beneficios asociados a la implementación de los nuevos estándares propuestos.
- Realización de una evaluación social y económica de la implementación de los nuevos estándares propuestos a través de un análisis costo beneficio (ACB) que incluya los indicadores económicos que reflejarán la conveniencia de su aplicación.
- Realización de un análisis distributivo de los beneficios y costos asociados a la implementación de los nuevos estándares propuestos.
- Realización de un análisis de sensibilidad e incertidumbre de los resultados obtenidos.

1.1.3 Productos de la Presente Entrega

En la presente entrega se produjeron los siguientes resultados (incluyen aquellos resultados de las entregas anteriores):

- Caracterización de los impactos sociales y económicos debido a la aplicación de la normativa propuesta a nivel de anteproyecto en los componentes descritos considerando los DS 211/1991, DS 54/1994, DS 55/1994.
 1. El análisis de la aplicación de la normativa considerando los DS 104/2001 y DS 4/1994 no se realiza debido a que la contraparte no entregó los escenarios de anteproyecto a evaluar.
- Evaluación de los costos incrementales asociados a la implementación del anteproyecto de las normas, evaluando los efectos distributivos generados por los gastos adicionales, y sistema de monitoreo y fiscalización.
- Evaluación de los beneficios sociales asociados a la implementación del anteproyecto de norma, tanto desde el punto de vista privado como social (reducción de emisiones,

reducción de eventos de morbilidad y mortalidad asociada a la reducción en la concentración ambiental de MP2,5)

- Evaluación Económica considerando los costos y beneficios determinados previamente.
- Estimación de indicadores económicos: razón beneficio-coste y VAN.

2. Estimación de Emisiones

El presente capítulo consiste en el desarrollo metodológico de la estimación de emisiones para el transporte caminero de Chile, desagregado por Región. La estimación se realizó utilizando la metodología STEP123, modelo de emisiones desarrollado por SECTRA.

En el año 2010, Sistemas Sustentables desarrolló para SECTRA el estudio “Análisis y Desarrollo de una Metodología de Estimación de Consumos Energéticos y Emisiones para el Transporte”, estudio que obtuvo resultados de emisiones para todo el transporte del país separándolos en Aéreo, Caminero, Ferroviario y Marítimo. Las estimaciones se realizaron en un nivel Tier 1 (siguiendo la nomenclatura del IPCC) para todos los modos y en un nivel Tier 2 para el modo Caminero.

En el presente estudio se trabajó con el modo Caminero Tier 2, el cual implica un mayor nivel de detalle en los cálculos. En resumen, se actualizaron las variables de entrada para la metodología y se obtuvieron las emisiones año a año entre 2010 y 2025.

2.1 Metodología Step123

Este apartado corresponde a un resumen de la metodología STEP123, modelo que permite estimar los consumos energéticos del transporte en un horizonte de 15 años, a partir de series históricas de las variables más relevantes identificadas en el estudio de SECTRA. Cabe destacar que en el presente estudio se utilizó la metodología pero no el modelo STEP123 (software).

Los consumos energéticos y las emisiones generados por el sector transporte se estiman a partir de una estructura metodológica basada en escenarios, mediante la parametrización de las variables de entrada en un enfoque "top-down". Vale decir, que está basado en el procesamiento de la información en forma jerárquica de arriba hacia abajo, a partir de un nivel inicial de conocimiento del sistema que se está estudiando, para luego, mediante el refinamiento de la información, generar flujos de información, cada vez más detallados, en los niveles inferiores.

Para los efectos de análisis de los consumos energéticos y de las emisiones provenientes del transporte se consideran como unidades geográficas mínimas todas las regiones del país. Luego, los requerimientos de información de entrada de la metodología que ha sido elaborada están asociados a las regiones del país. Por otra parte, dado que los consumos energéticos del transporte también se producen en el espacio aéreo nacional y en la costa marítima, estos territorios han sido considerados dentro de cada unidad geográfica de análisis.

A nivel temporal se trabaja con series históricas de consumos regionales reportados desde 1998 hasta 2008, a partir de los cuales se realizaron proyecciones cada cinco años, comenzando el

2010 hasta el 2025. El análisis histórico se efectúa considerando 13 regiones debido a que la información existente se encuentra en este formato. No obstante, las proyecciones consideran la reciente conformación de 15 regiones. En el presente estudio se actualizaron las proyecciones año a año.

Los contaminantes locales que han sido considerados son: material particulado respirable (MP10), material particulado fino (MP2,5), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles totales no metálicos (COVNM) y dióxido de azufre (SO₂). Los contaminantes globales o gases de efecto invernadero (GEI) incluidos son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). También se entregan valores para consumo de combustible (CC), desagregado según tipo de combustibles.

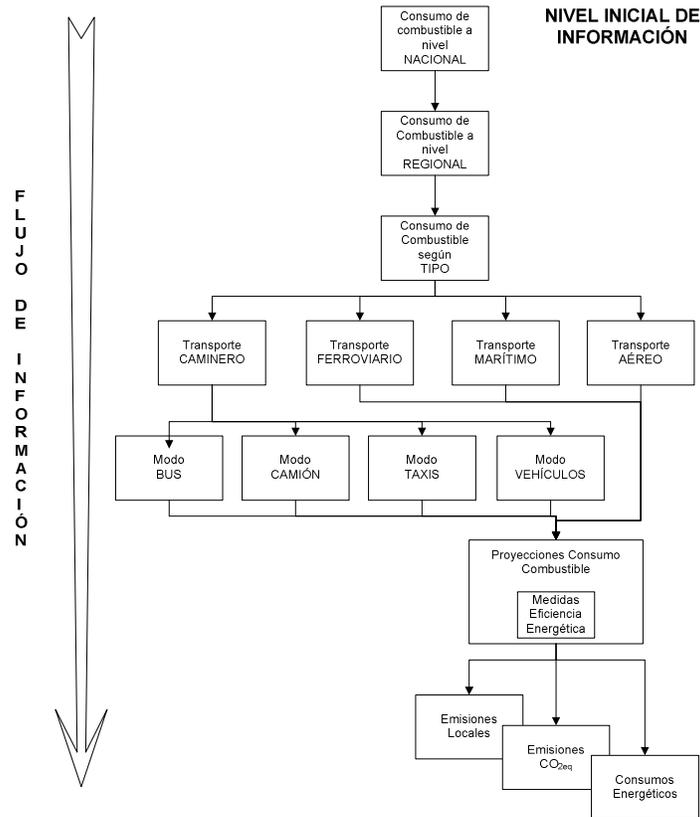
Para realizar la estimación de emisiones locales y de GEI, se utilizan las directrices de distintas fuentes de información. En general, la metodología a utilizar para la estimación de GEI considera las recomendaciones del IPCC respecto de la estimación del consumo energético del sector transporte, vertidos en los documentos “Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” y “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”.

Respecto de las emisiones locales, es decir de CO, NOx, MP, Hidrocarburos o HC y SO₂, se consideran las metodologías europeas, vertidas en el documento “EMEP/CORINAIR *Emission Inventory Guidebook*” de *European Environment Agency* y las directrices entregadas por la *Environmental Protection Agency* de Estados Unidos.

2.1.1 Estructura de la metodología STEP123

La estructura general de la metodología STEP123 se presenta a continuación, en la siguiente figura se observa el flujo de información que se utiliza.

Figura 1: Diagrama top-down del enfoque metodológico.



Fuente: (Sistemas Sustentables 2010)

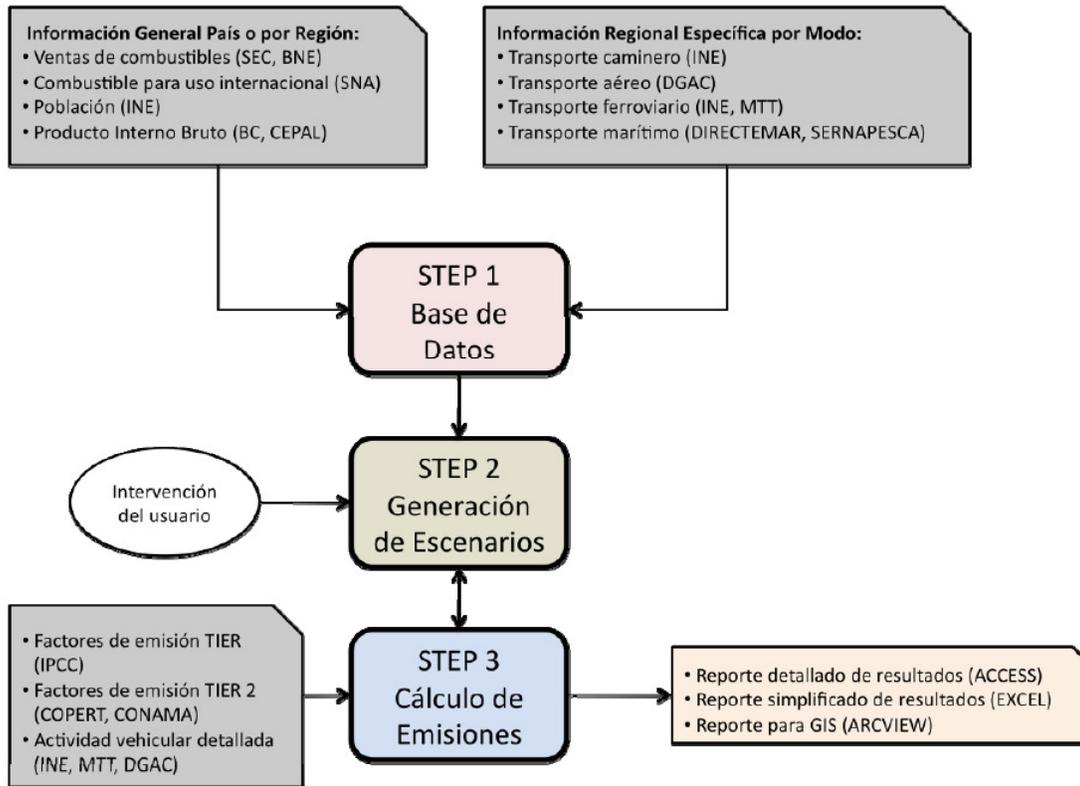
La estructura del modelo STEP y la forma en que todos los resultados obtenidos han sido utilizados para efectuar proyecciones y desarrollo de escenarios futuros se explican a continuación. La estructura metodológica general que involucra todos los elementos de la metodología está compuesta por tres módulos, los que integran la herramienta computacional denominada Modelo STEP (SECTRA: Transporte, Energía y Proyección).

Los módulos son los siguientes:

- STEP 1: Base de datos
- STEP 2: Generación de Escenarios
- STEP 3: Cálculo de Emisiones

La Figura 2 muestra la relación entre cada módulo y las principales fuentes de información externa que fueron utilizadas.

Figura 2: Diagrama de Módulos Modelo STEP y fuentes principales de información.

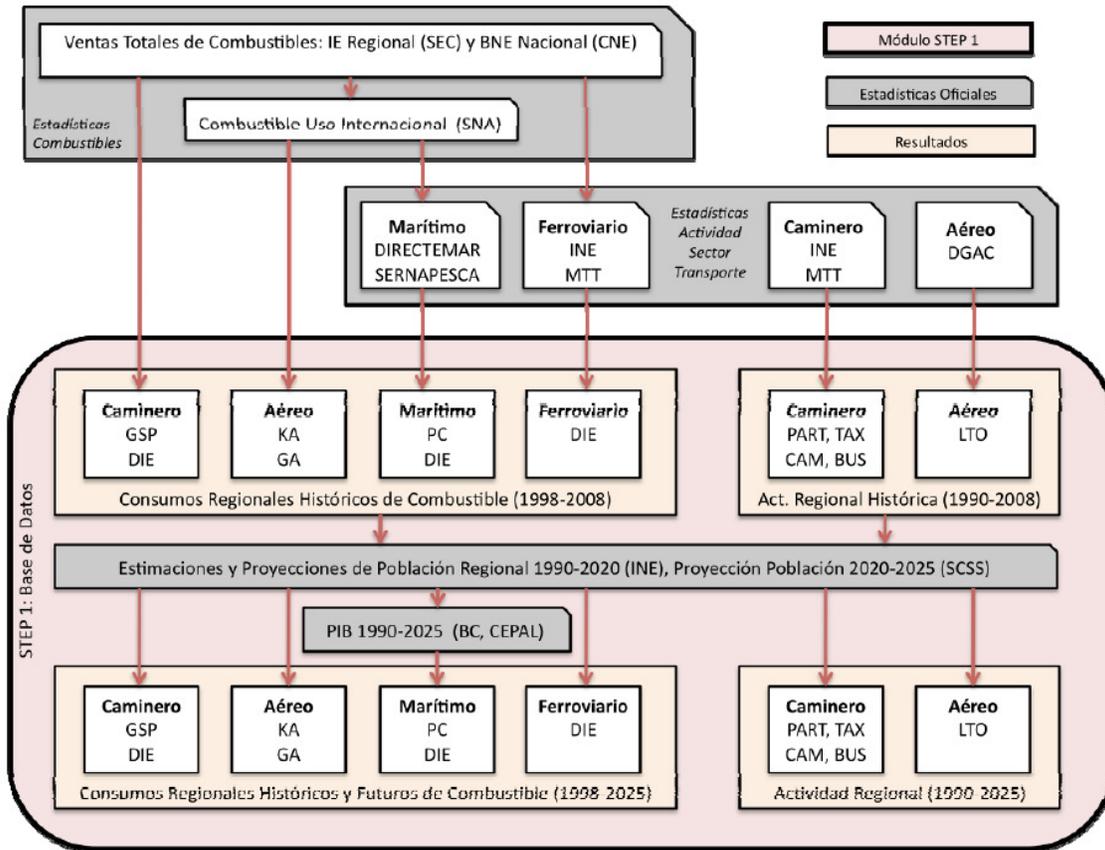


Fuente: (Sistemas Sustentables 2010)

2.1.1.1 STEP 1: Base de datos

Este módulo contiene la base general de datos generada como producto principal del presente Estudio. Se divide en datos de consumo (ventas de combustible para los cuatro tipos de transporte por región y tipo de combustible) y en datos de actividad de transporte (número de vehículos, llegada/salida de aviones). Estos datos también se diferencian según su calidad temporal. Todos aquellos pertenecientes a los años 1990-2008 son considerados históricos y provienen de fuentes externas de información con bajo nivel de intervención. Todos aquellos pertenecientes a los años 2010-2025 han sido proyectados, denominados futuros, y estimados a partir de un modelo predictivo de consumo de combustibles y actividad, basado en herramientas estadísticas y econométricas que proyectan la línea base del sector transporte en cada una de sus categorías.

Figura 3: Diagrama Módulo STEP 1.



Fuente: (Sistemas Sustentables 2010)

Nota: GSP: gasolina sin plomo, DIE: diesel, KA: kerosene aviación, GA: gasolina aviación, PC: petróleo combustible.

2.1.1.2 STEP 2: Generación de Escenarios

Este módulo es una interface de análisis para el usuario. A partir de una Línea Base se ofrece la posibilidad de generar escenarios en forma amigable y clara. Los escenarios deben emplear variables del modelo econométrico, así como variables tecnológicas asociadas con eficiencia energética.

La generación de escenarios se divide en tres clases o grupos de medidas. Los grupos son los siguientes:

Nuevas Tecnologías: los 4 tipos de vehículos considerados en el modo caminero (particulares, taxis, buses y camiones) han sido subdivididos en 171 categorías tecnológicas de acuerdo a su estándar de emisión, según se describen más adelante. El usuario puede modificar la participación de cada una de estas categorías en la composición regional, para los años 2010,

2015, 2020 y 2025, obteniendo un nuevo set de resultados de emisiones. Las categorías incluyen vehículos convencionales, EURO 1 a EURO 6, vehículos híbridos convencionales, híbridos *plug-in*, sistemas eléctricos y utilización de biocombustible. Este formato de escenario se utilizó en este caso para estimar los efectos de las normas en las emisiones del parque nacional.

Conducción Eficiente: el usuario podrá estimar escenarios con distintos niveles de penetración de conducción eficiente modificando el porcentaje de la flota, a nivel regional, que incorpora estas prácticas. Las 171 categorías tecnológicas están disponibles para ser incluidas en los programas de *eco-driving*, con distintos niveles de penetración en los cuatro cortes temporales indicados en el grupo anterior (2010, 2015, 2020, 2025). Este grupo de medidas afectará las estimaciones de consumo de combustible para los tipos de vehículo que sean incluidos en esta clase de escenarios.

Intermodalidad: en un esquema similar a los dos casos anteriores, el usuario podrá generar escenarios de reducción de flota en el modo caminero de transporte de carga. A partir de esta reducción (que puede ser implementada a nivel regional y diferenciada en los cuatro cortes temporales) el programa STEP estima la reducción de consumos de combustible y emisiones a través de la metodología TIER 2, y luego indica el aumento nacional de consumos de combustible y emisiones en el modo alternativo correspondiente al ferroviario, mediante la metodología TIER 1.

Las 171 categorías tecnológicas del modo caminero, incluidas en el modelo STEP-TIER 2, se separan en los siguientes grupos, de acuerdo al tipo de vehículo:

- Particulares: 40 categorías
- Taxis: 40 categorías
- Buses: 52 categorías
- Camiones: 39 categorías

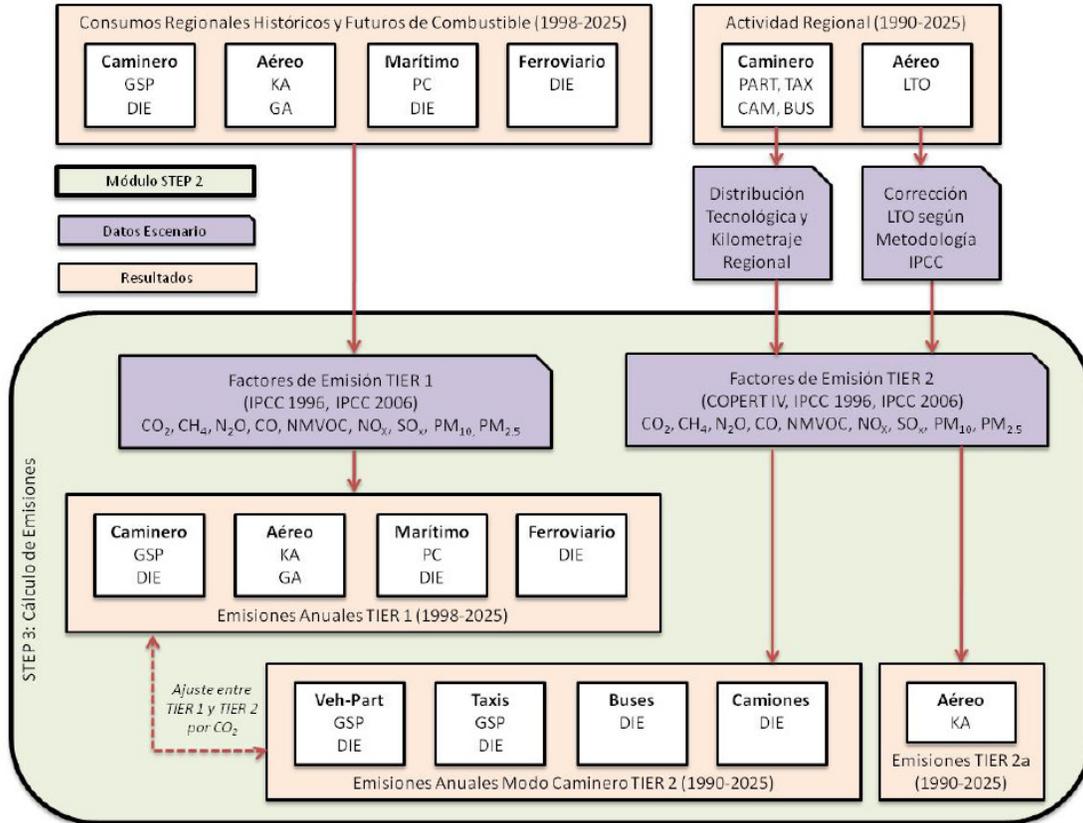
Para la utilización del nuevo modelo se incluyó la categoría “motos de 4 tiempos”.

2.1.1.3 STEP 3: Cálculo de emisiones

Una vez disponibles las series históricas y proyectadas de consumo de combustible así como las de actividad vehicular, se procede al cálculo de emisiones aplicando dos esquemas *top-down*. El primero de ellos está basado únicamente en consumos de combustible multiplicados por factores de emisión (TIER 1), mientras que el segundo utiliza niveles de actividad vehicular multiplicados por factores de emisión acordes a la actividad declarada en cada categoría de transporte (TIER 2). Utilizando las emisiones de CO₂ como compuesto de comparación, el

primer esquema de cálculo se utiliza para calibrar al segundo, ajustando los niveles de actividad vehicular que presenten mayor incertidumbre. Esto se indica esquemáticamente en la Figura 4.

Figura 4: Diagrama Módulo STEP 3: Cálculo de emisiones.



Fuente : (Sistemas Sustentables 2010)

Emisiones anuales TIER 1

En el primer esquema de cálculo, los consumos energéticos se estiman directamente a partir de los datos de venta o consumos regionales para cada tipo de combustible utilizado por el sector transporte anualmente. Para ello se aplican factores de conversión de unidades que consideran las propiedades físicas (densidad) y químicas (poder calorífico) de cada tipo de combustible. En particular, se emplean los factores recomendados en el Balance Nacional de Energía de la Comisión Nacional de Energía, basados en los factores de conversión de unidades energéticas internacionales (OLADE).

La estimación de contaminantes es también inferida directamente de los consumos de combustible o consumos energéticos, aplicando los factores de emisión recomendados por el IPCC, donde se entregan valores promedio con rango de incertidumbre para distintos tipos de combustible, asumiendo una oxidación total del contenido de carbono en el combustible.

Emisiones anuales TIER 2

El segundo enfoque top-down requiere mayor nivel de información para su desarrollo y se aplica solo a los modos caminero y aéreo. En cada caso se utilizan factores de emisión en función del tipo de actividad declarada (kilómetros recorridos, número de vehículos, número de viajes). La actividad vehicular por región proviene del módulo STEP 1, ya sea como datos históricos o proyecciones.

La desagregación a nivel regional y por modo de transporte (caminero, ferroviario, marítimo y aéreo) es directa debido a que la información de entrada viene separada según estos criterios. La separación del transporte caminero en los 4 tipos (automóviles privados, taxis, camiones y buses) requiere información adicional ya que la separación por tipo de combustible (gasolina y diesel) solo permite dividir los tipos vehículo particular y taxi de camiones y buses. Además, es necesario abrir la clasificación tecnológica de los vehículos del modo caminero en varios sub-tipos específicos.

En el caso del Modo Caminero, la fuente adicional de información proviene de los registros anuales realizados en las Plantas de Revisión Técnicas (PRT). Esta base de datos fue proporcionada por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (base de datos de PRT). La información contenida en las bases de datos de las plantas de revisión técnica del país permite la caracterización desagregada del sector transporte carretero según norma de emisión, marca y modelo. Proporcionadas por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT).

Para realizar el cálculo de emisiones, se necesita información de factores de emisión de diferentes fuentes, las cuales corresponden a CORINAIR, COPERT 4 y CONAMA-RM.

Una vez obtenidos los niveles de emisión para cada compuesto se utiliza CO₂ como compuesto de calibración entre ambos enfoques de cálculo, ya sea para ajustar los niveles de actividad o para separar la actividad internacional de la doméstica en el caso de aviones y barcos.

En definitiva, los parámetros de entrada de este módulo son los consumos de combustible y la actividad vehicular generada en STEP 1. La generación de escenarios corresponde al módulo STEP 2, y esta información alimenta el módulo de cálculo de emisiones denominado STEP 3.

El programa generará varios archivos de salida para cada escenario, con toda la información detallada según TIER 1 y TIER 2, para la serie temporal completa (anual desde 1998 hasta 2025), con todos los compuestos contaminantes, gases efecto invernadero y consumos por tipo de combustible. Estos archivos se encuentran en formato ACCESS, los cuales también pueden ser importados en un sistema de información geográfico como ArcView o ArcGis.

2.2 Parámetros utilizados para la estimación de emisiones

Para efectos del presente estudio se utilizó la metodología STEP123 para estimar las emisiones del Transporte Caminero entre los años 2010 y 2025 (régimen anual) para las 15 regiones del país. El nivel de desagregación no permitió la utilización de la herramienta por lo que se construyó una herramienta en Excel a partir de la metodología utilizada en el modelo, herramienta que estará disponible para consulta por parte del Ministerio de Medioambiente.

Se estimaron las emisiones para dos escenarios, una Línea Base y el escenario con las normas de emisión propuestas por el Ministerio de Medioambiente. La evolución de normas utilizada para el escenario con norma se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1 Evolución de Normas por Categoría – Escenario con Norma

Categoría	Combustible	Zona	2011	2012	2013	2014	2015 - 2025
Livianos y Medianos	Gasolina	RM	E4	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
	Diesel	RM	E4	E4	E5	E5	E5
		Regiones	E4	E4	E5	E5	E5
Camiones Livianos y Medianos (3860Kg<pbv<15000Kg)	Diesel	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
Camiones Pesados (pbv>15000Kg)	Diesel	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
Buses	Diesel	RM	E3	E3	E4	E4	E5
		Regiones	E3	E3	E4	E4	E5

Fuente: Elaboración Propia.

Para el escenario de línea base, se considera la entrada de la misma norma que aquella del año 2011.

2.2.1 Categorías vehiculares

Las categorías vehiculares utilizadas en la estimación de emisiones corresponden a las categorías incluidas en la metodología STEP123, a la cual se le agregaron las moto. En la Tabla 2 se muestra los tipos y sub tipos de vehículos considerados, además de los combustibles considerados para cada caso.

Tabla 2: Categorías vehículos por tipo y sub-tipo

Tipo	Sub - Tipo	Combustible
Buses	< 12 metros	Diesel
	> 12 metros rígido	
	Articulado	
	Interurbano	
Camiones	Livianos	Diesel
	Medianos	
	Pesados	
Particulares	Comerciales	Gasolina y Diesel
	Pasajeros	
Taxis	Básicos	Gasolina y Diesel
	Colectivos	
Motos	4 Tiempos	Gasolina

Fuente: (Sistemas Sustentables 2010)

Para el modelo de estimación de emisiones se utilizó una caracterización adicional de los vehículos. Los vehículos de cada categoría además pertenecen a algunos de los estándares de emisión que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Categorización de los vehículos según sus características de emisión.

Estándar
Convencional
E1
E2
E3
E3- DPF
E4
E4- DPF
E5
E6
Hibrido
Hibrido Plug-in
Eléctrico
Biodiesel
Biocombustible
No Catalítico

Fuente: (Sistemas Sustentables 2010)

A pesar de las categorías utilizadas para estimar las emisiones y por solicitud del Ministerio de Medio Ambiente, los resultados serán entregados en las siguientes categorías vehiculares.

Tabla 4: Categoría vehicular para la evaluación de la normativa.

Categoría	Criterio	Fuente
Livianos	Menores a 12 pasajeros o pbv < 2.700 kg	Anteproyecto de Revisión de las Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Livianos (Ministerio de Medio Ambiente 2012a)
Medianos	2.700 kg < pbv < 3.860 kg	Anteproyecto de Revisión de las Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Medianos (Ministerio de Medio Ambiente 2012b)
Pesados	pbv > 3.860	Anteproyecto de Revisión de las Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Pesados (Ministerio de Medio Ambiente 2012c)

pbv: Peso Bruto Vehicular.

Fuente: Elaboración Propia.

La metodología para presentar los resultados según las categorías vehiculares normadas (Livianos, Medianos, Pesados) a partir de la clasificación utilizada en el modelo de estimación de emisiones STEP123 (Tabla 2) se puede apreciar en el Anexo II.

2.2.2 Niveles de Actividad

Los niveles de actividad utilizados corresponden a aquellos utilizados en la metodología STEP123, valores estimados, excepto por los niveles de la RM donde se obtuvieron valores reales de Plantas de Revisión Técnica.

Los valores utilizados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 5: Niveles de Actividad (kilómetros recorridos/año)

Tipo	Sub - Tipo	I	II	III	IV	V
Buses	< 12 metros	30.271	46.12	43.456	37.587	23.26
	> 12 metros rígido	50.451	76.867	72.427	62.644	38.766
	Articulado	50.451	76.867	72.427	62.644	38.766
	Interurbano	50.451	76.867	72.427	62.644	38.766
Camiones	Livianos	30.271	46.12	43.456	37.587	23.26
	Medianos	30.271	46.12	43.456	37.587	23.26
	Pesados	50.451	76.867	72.427	62.644	38.766
Particulares	Comerciales	9.873	15.962	17.259	18.289	16.784
	Pasajeros	8.228	13.302	14.382	15.241	13.986
Taxis	Básicos	16.455	26.604	28.765	30.482	27.973
	Colectivos	16.455	26.604	28.765	30.482	27.973

Tipo	Sub - Tipo	VI	VII	VIII	IX	X
Buses	< 12 metros	20.032	27.273	37.7	38.889	40.195
	> 12 metros rígido	33.387	45.455	62.833	64.815	66.991
	Articulado	33.387	45.455	62.833	64.815	66.991
	Interurbano	33.387	45.455	62.833	64.815	66.991
Camiones	Livianos	20.032	27.273	37.7	38.889	40.195
	Medianos	20.032	27.273	37.7	38.889	40.195
	Pesados	33.387	45.455	62.833	64.815	66.991
Particulares	Comerciales	14.552	15.099	14.869	16.217	17.393
	Pasajeros	12.127	12.582	12.39	13.515	14.494
Taxis	Básicos	24.254	25.165	24.781	27.029	28.989
	Colectivos	24.254	25.165	24.781	27.029	28.989

Tipo	Sub - Tipo	XI	XII	XIII	XIV	XV
Buses	< 12 metros	31.175	34.877	29.471	30.271	40.195
	> 12 metros rígido	51.958	58.129	49.119	50.451	66.991
	Articulado	51.958	58.129	49.119	50.451	66.991
	Interurbano	51.958	58.129	49.119	50.451	66.991
Camiones	Livianos	31.175	34.877	29.471	30.271	40.195
	Medianos	31.175	34.877	29.471	30.271	40.195
	Pesados	51.958	58.129	49.119	50.451	66.991
Particulares	Comerciales	14.507	8.741	17.948	9.873	17.393
	Pasajeros	12.089	7.284	14.956	8.228	14.494
Taxis	Básicos	24.178	14.569	37.405	16.455	28.989
	Colectivos	24.178	14.569	43.731	16.455	28.989

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3 Parque Proyectado

La proyección del parque fue desarrollada utilizando la información base de STEP123, actualizando los resultados para el año 2010, según INE, y desagregando anualmente entre el 2010 y el 2025.

En la herramienta Excel se puede acceder al detalle de la evolución del parque por región, tipo, sub-tipo, combustible y estándar de emisión. A continuación se presenta el crecimiento nacional del parque automotriz para cada tipo de vehículo.

Tabla 6: Evolución Parque de vehículos a Nivel Nacional.

Año	Buses	Camiones	Particulares	Taxis	Motos
2010	76.341	155.732	2.857.186	96.904	102.314
2011	82.393	158.589	2.965.097	96.913	106.187
2012	88.445	161.445	3.073.008	96.921	109.581
2013	94.496	164.302	3.180.920	96.930	113.358
2014	100.548	167.158	3.288.831	96.938	117.236
2015	106.600	170.015	3.396.742	96.947	121.213
2016	112.501	172.671	3.505.250	96.956	125.293
2017	118.402	175.327	3.613.757	96.964	128.489
2018	124.303	177.983	3.722.265	96.973	132.249
2019	130.205	180.639	3.830.773	96.981	136.095
2020	136.106	183.295	3.945.097	96.984	140.028
2021	140.666	186.051	4.066.579	96.985	144.051
2022	145.226	188.808	4.188.061	96.986	148.162
2023	149.785	191.565	4.309.542	96.986	152.365
2024	154.345	194.321	4.431.023	96.987	156.658
2025	158.905	197.078	4.552.505	96.988	161.045

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.4 Factores de Emisión

Los factores de emisión utilizados corresponden a COPERT IV, evaluados a diferentes velocidades según la categoría y debido a su cantidad serán entregados en formato digital, los valores se expresan en gramos por kilometro.

2.2.5 Selección de Centros Urbanos a Evaluar

Siguiendo la metodología utilizada en “Relación de la norma de calidad primaria MP 2,5 con la

norma de calidad primaria de MP 10” (Cifuentes 2010) para el análisis de identificación de los centros urbanos se consideran todas las ciudades o localidades que registraban mediciones de MP10 o MP2,5 al año 2009 o que se espera sean al año 2012 aglomeraciones urbanas con más de 40.000 habitantes¹.

Así existen 36 aglomeraciones urbanas que clasifican como ciudad intermedia, y 28 que cuentan con un monitoreo ya sea de MP10 o MP2,5 al año 2009. La unión de ambos requisitos entrega un listado de 47 aglomeraciones urbanas cuya población conjunta corresponde al 79% de la población total del país. A continuación se presentan los centros urbanos seleccionados en la Tabla 7

¹ Definición ciudad intermedia: MINVU, 2008.

Tabla 7: Áreas Metropolitanas seleccionadas

Región	Área Metropolitana	Población 2012	Monitor
Arica y Parinacota	Arica	180.754	1
Tarapacá	Alto Hospicio	89.147	1
Tarapacá	Iquique	185.925	0
Tarapacá	Pozo Almonte	16.724	1
Antofagasta	Antofagasta	367.019	1
Antofagasta	Calama	148.557	1
Antofagasta	Mejillones	10.839	1
Antofagasta	Sierra Gorda	3.6	1
Antofagasta	Tocopilla	21.628	1
Atacama	Caldera	15.129	1
Atacama	Copiapó	160.994	0
Coquimbo	La Serena-Coquimbo	420.351	0
Coquimbo	Ovalle	111.177	0
Valparaíso	Cabildo	20.869	1
Valparaíso	Catemu	13.24	1
Valparaíso	Gran Valparaíso	907.452	1
Valparaíso	La Calera	54.635	1
Valparaíso	Llaillay	23.51	1
Valparaíso	Los Andes	73.909	1
Valparaíso	Puchuncavi	15.983	1
Valparaíso	Putendo	16.984	1
Valparaíso	Quillota	87.12	1
Valparaíso	San Antonio	131.415	0
Valparaíso	San Felipe	76.5	0
Metropolitana de Santiago	Gran Santiago	6.883.563	1
Libertador General Bernardo O'Higgins	Rancagua	280.264	1
Libertador General Bernardo O'Higgins	Rengo	60.039	1
Libertador General Bernardo O'Higgins	Requinoa	25.669	1
Libertador General Bernardo O'Higgins	San Fernando	72.5	1
Libertador General Bernardo O'Higgins	San Vicente	46.619	0
Maule	Cauquenes	42.796	0
Maule	Constitución	53.785	0
Maule	Curicó	139.283	0
Maule	Linares	90.592	0
Maule	Talca	242.473	1
Biobío	Arauco	41.774	1
Biobío	Chillan	206.67	1
Biobío	Gran Concepción	967.058	1
Biobío	Los Ángeles	198.665	0
Biobío	San Carlos	51.383	0
Araucanía	Angol	51.232	0
Araucanía	Gran Temuco	377.486	1
De los Ríos	Valdivia	160.294	0
De Los Lagos	Osorno	163.257	0
De Los Lagos	Puerto Montt	236.693	0
Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coihaique	58.014	0
Magallanes y de la Antártica Chilena	Punta Arenas	124.948	0

Fuente: Elaboración Propia en base a INE Población

2.2.6 Asignación del Parque de Vehículos a Centros Urbanos

Con la finalidad de estimar los beneficios obtenidos por el recambio del parque automotriz es necesario realizar un análisis a nivel de centros urbanos. Es en estas localidades donde se producirá el mayor impacto, ya que es donde sucederá la reducción de emisiones, y se verá por ende afectada dicha población.

Con información del “Parque de Vehículos en Circulación 2009” de (INE 2009) es posible estimar la distribución de vehículos para cada área metropolitana según las siguientes categorías:

- Automovil_y_station_wagon
- Camioneta
- Todo_Terreno
- Motocicleta_similares
- Taxi_basico
- Taxi_colectivo
- Taxi_turismo
- Bus_transporte_colectivo
- Bus_transporte_escolar_y_trabajadores
- Furgon
- Minibus
- Minibus_furgon_escolar_y_trabajadores
- Minibus_transporte_colectivo
- Taxibus
- Camion_simple
- Remolque_y_semiremolque
- Tractor_agricola
- Tractor_camion
- otros_con_motor
- otros_con_motor1
- otros_sin_motor

Las categorías anteriores son asignadas a las categorías de vehículos del modelo STEP: Buses, Camiones, Particulares y Taxis, y a las categorías de vehículos normadas: Livianos, Medianos y Pesados, con lo cual es posible obtener la distribución vehicular a nivel de centro urbano para el año 2009. Se asume la misma distribución para el periodo 2010-2025, con lo cual es posible asignar el parque vehicular según centros urbanos y finalmente estimar la emisión de contaminantes a ese nivel.

3. Estimación de costos sociales

Se identificarán y valorarán los costos asociados a las nuevas normas de emisión propuestas en el anteproyecto que permitan la reducción de emisiones y el cumplimiento de la norma. En concreto se contabilizarán los siguientes costos;

- Costos incrementales de las nuevas tecnología
- Costos de combustible
- Costos de fiscalización

Los costos considerados producto de la aplicación de las nuevas normas de emisión recaen íntegramente en actores privados.

3.1 Costos incrementales de tecnología nueva

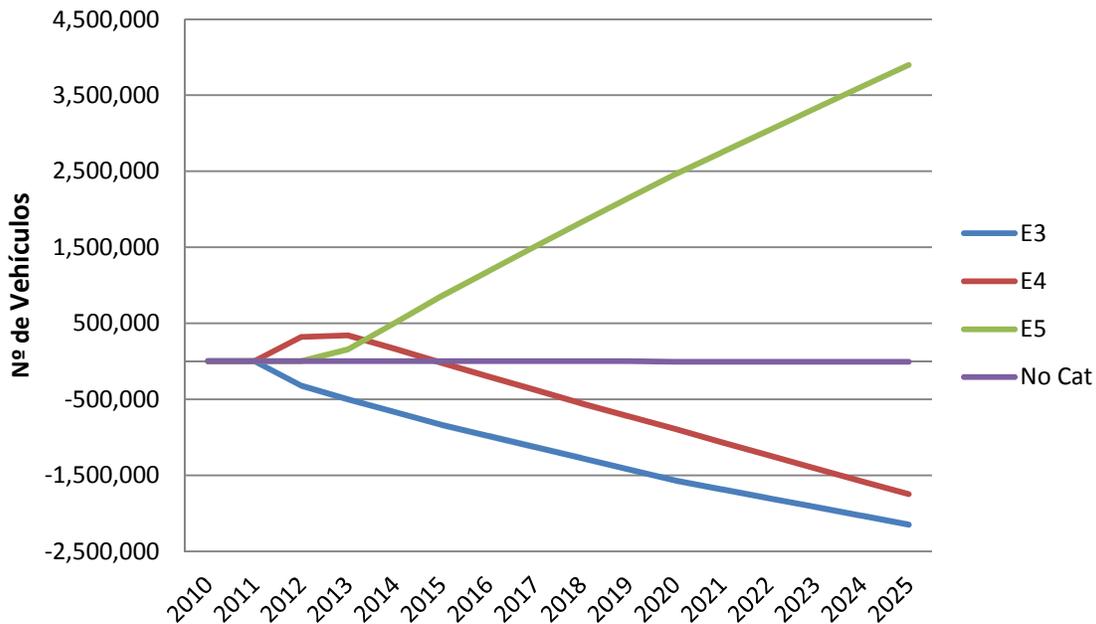
El costo incremental se refiere a valorar la diferencia entre adquirir un vehículo EURO IV o un vehículo EURO V frente a un vehículo EURO III.

Para calcular los costos incrementales del parque automotriz se obtuvo, en primer lugar, la proyección del parque automotriz desde el año 2010 al año 2025 para el escenario regulado y para aquel donde se mantiene la normativa actual, luego se calculó la diferencia en el parque automotriz entre ambos escenarios.

Debido a las normas evaluadas, el cambio del parque automotriz corresponde al remplazo de vehículos de estándar Euro III y Euro IV por vehículos Euro IV y Euro V, y el retiro de vehículos no catalíticos a partir del año 2020.

El Gráfico 1 muestra la variación anual de vehículos de cada estándar de emisión. También se puede ver esta variación directamente en la Tabla 8.

Gráfico 1: Entrada y Salida al Parque Automotriz de Vehículos con Distintos Estándares de Emisión.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8: Diferencial Parque Vehicular (vehículos/año)

Estándar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
E3	-320.200	-499.276	-668.188	-837.100	-983.545	-1.129.921	-1.276.297
E4	320.200	342.647	163.740	-18.601	-197.835	-377.015	-556.195
E5	0	156.630	504.449	855.701	1.181.381	1.506.937	1.832.493
No Cat	0	0	0	0	0	0	0

Estándar	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
E3	-1.422.673	-1.569.049	-1.685.023	-1.801.311	-1.917.599	-2.033.887	-2.150.175
E4	-723.973	-891.750	-1.064.255	-1.237.002	-1.409.750	-1.579.412	-1.749.075
E5	2.146.646	2.460.799	2.749.278	3.038.313	3.327.349	3.613.299	3.899.249
No Cat	0	-5.817	-5.817	-5.817	-5.817	-5.817	-5.817

NOTA: Número negativo indica una salida de vehículos y positivo una entrada al parque total.

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de tener la variación del parque automotriz es necesario conocer los costos de cada tipo de vehículo. Para esto se consideró un valor máximo y mínimo para cada tipo y sub tipo de vehículo de norma EURO III de acuerdo a la experiencia del consultor, valores que se muestran en la siguiente tabla

Tabla 9: Costo máximo y mínimo de vehículos EURO III

Tipo de Vehículo	Sub Tipo	Combustible	Valor Máximo (MCLP)	Valor Mínimo (MCLP)
Buses	Menor a 12 metros	Diesel	60	30
	Mayor a 12 metros rígido	Diesel	90	60
	Articulado	Diesel	150	90
Camiones	Interurbano	Diesel	75	30
	Livianos	Diesel	15	10
	Medianos	Diesel	20	15
Motos	Pesados	Diesel	60	30
	4 tiempos	Gasolina	4	1
	Particulares	Comerciales	Diesel	15
Pasajeros		Gasolina	15	4
		Diesel	25	8
Taxis	Básicos	Gasolina	30	4
		Diesel	15	10
	Colectivos	Diesel	15	10
		Gasolina	12	8

Fuente: Elaboración Propia

El análisis y cálculo del costo incremental fue dividido en dos; vehículos pesados y vehículos livianos y medianos.

3.1.1 Vehículos Pesados

Se revisaron diversos documentos los cuales reportaban los costos incrementales de pasar de una tecnología para vehículos pesados (Camiones y Buses) que cumpla con la norma EURO III a EURO IV y EURO V. Adicionalmente se realizó la consulta a expertos² para que estos dieran su opinión. Los documentos revisados se muestran a continuación:

- ✓ COFFEY GEOSCIENCES PTY LTD (2003). Fuel Quality and Vehicle Emissions Standards Cost Benefit Analysis.
- ✓ Michael P. Walsh (2007). Presentation: "The Global Market for on Road Motor Vehicle Pollution Controls".
- ✓ Michael P. Walsh (2011). Cost of emission control technologies in India.

Por su parte, la recomendación entregada por los expertos indica que el costo unitario para un bus de 12 mts que con la tecnología EURO III posee un valor de USD 200,000 mientras que la instalación de un sistema SCR para cumplir con la tecnología asociada a la norma EURO V es de

² Andreas Mayer consultor suizo y Aliosha Reinoso de Geasur.

USD \$15,000. Esto implica un costo incremental del 7.5% del valor de un bus EURO III³. Se supone que este porcentaje de costo incremental con respecto al EURO III se mantiene para todos los vehículos pesados.

La siguiente tabla muestra los costos incrementales (\$ de 2011) reportados según las fuentes revisadas y los costos incrementales según la recomendación de los expertos.

Tabla 10 Costo Incremental Promedio según fuentes revisadas (\$ de 2011)

Tipo	Sub Tipo	Norma	(1)	(2)	(3)
Buses	< 12 metros	Euro 3 - Euro 4		1,473,125	181,896
		Euro 4 - Euro 5		1,060,650	515,372
		Euro 3 - Euro 5	3,375,000		
	> 12 metros rígido	Euro 3 - Euro 4		4,537,226	181,896
		Euro 4 - Euro 5		1,885,601	515,372
		Euro 3 - Euro 5	5,625,000		
	Articulado	Euro 3 - Euro 4		4,537,226	181,896
		Euro 4 - Euro 5		1,885,601	515,372
		Euro 3 - Euro 5	9,000,000		
	Interurbano	Euro 3 - Euro 4		4,537,226	181,896
		Euro 4 - Euro 5		1,885,601	515,372
		Euro 3 - Euro 5	3,937,500		
Camiones	Liviano	Euro 3 - Euro 4		1,473,125	181,896
		Euro 4 - Euro 5		1,060,650	515,372
		Euro 3 - Euro 5	937,500		
	Mediano	Euro 3 - Euro 4		4,537,226	181,896
		Euro 4 - Euro 5		1,885,601	515,372
		Euro 3 - Euro 5	1,312,500		
Pesado	Euro 3 - Euro 4		5,480,026	181,896	
	Euro 4 - Euro 5		2,121,301	515,372	
	Euro 3 - Euro 5	3,375,000			

(1): Recomendación expertos. (2): COFFEY GEOSCIENCES PTY LTD. (3) Michael P. Walsh (2007)

Fuente: Elaboración propia

Como comparación, la siguiente tabla muestra el equivalente de implementación de tecnologías entre EURO III y EURO V para las fuentes (1) y (2) como la suma entre “EURO III – EURO IV” y “EURO IV – EURO V”.

³ Andreas Mayer consultor suizo y Aliosha Reinoso de Geasur establecen que en vehículos pesados no existiría la tecnología EURO IV sino que en Chile se utilizarían directamente vehículos pesados con tecnología EURO V debido a que ocurrió así en Brasil y este país es uno de los principales proveedores de este tipo de vehículos.

Tabla 11: Costo Incremental Promedio EURO III – EURO V según fuentes revisadas (\$ de 2011)

Tipo	SubTipo	Norma	(1)	(2)	(3)
Buses	< 12 metros	Euro 3 - Euro 5	3,375,000	2,533,776	
	> 12 metros rígido	Euro 3 - Euro 5	5,625,000	6,422,827	
	Articulado	Euro 3 - Euro 5	9,000,000	6,422,827	
	Interurbano	Euro 3 - Euro 5	3,937,500	6,422,827	697,268
Camiones	Liviano	Euro 3 - Euro 5	937,500	2,533,776	
	Mediano	Euro 3 - Euro 5	1,312,500	6,422,827	
	Pesado	Euro 3 - Euro 5	3,375,000	7,601,327	

(1): Recomendación expertos. (2): COFFEY GEOSCIENCES PTY LTD. (3) Michael P. Walsh (2007)

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, la recomendación entregada por los expertos representa un valor razonable y, en la mayoría de los casos, medios entre las otras dos fuentes bibliográficas revisadas por lo que el costo incremental finalmente utilizado en la categoría Vehículos Pesados corresponde al obtenido a partir de las recomendación de los expertos (aumento de 7.5% sobre el costo de un vehículo con tecnología EURO III). La siguiente tabla muestra los costos incrementales finalmente utilizados en [USD/veh].

Tabla 12: Costo incremental por tipo y sub-tipo (Miles CLP 2011/veh) – Valores Mínimo y Máximo a partir de recomendación de expertos

Tipo Vehículo	Subtipo	Costo Incremental	
		Mínimo	Máximo
Camiones	Livianos	750	1,125
	Medianos	1,125	1,500
	Pesados	2,250	4,500
Buses	< 12 metros	2,250	4,500
	> 12 metros rígido	4,500	6,750
	Articulado	6,750	11,250
	Interurbano	2,250	5,625

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente con esta información se puede calcular el costo social asociado a la reestructuración del parque automotriz producto de la introducción de las nuevas normas de emisión estudiadas para vehículos pesados.

3.1.2 Vehículos Livianos y Medianos

Según la información que se logró recopilar, se realiza el supuesto de que para ambos tipos de vehículos (livianos y medianos) el costo incremental es idéntico y se encuentra asociado a la

tecnología requerida para alcanzar el control de emisiones establecido por el nivel de norma (EURO IV y V).

La siguiente tabla muestra los costos incrementales (\$) de 2011 para vehículos livianos reportados en el documento “*Cost of emission control technologies in India*” (Michael P. Walsh 2011) el cual se encuentra basado en el costo de las tecnologías requeridas para el control de emisiones obtenidas a partir de un reciente estudio publicado por ICCT⁴ el año 2011.

Tabla 13: Costo Incremental de Vehículos Livianos y Medianos (\$ de 2011)

Gasolina		Diesel	
Costo Incremental	Tecnología de Control Requerida	Costo Incremental	Tecnología de Control Requerida
EURO III – EURO IV	30.000	138.500	Aumento de la inyección de presión de combustible (1.300 – 1.600 bar). Turbocompresor e Intercooler. Refrigerado por EGR. Oxidación catalítica.
EURO IV – EURO V	10.500	178.000	Mejoras en la atomización del combustible con inyección de presión entre 1.600 – 1.900 bar. Filtro de partículas Diesel para control de PM.

Nota: Valores presentados con 2 cifras significativas

Fuente: Elaboración propia en base a Michael P. Walsh (2011)

Los valores reportados en la tabla anterior corresponden a los costos incrementales finalmente utilizados en el presente estudio para vehículos livianos y medianos.

Cabe destacar que al no ser valores dependientes del costo base del vehículo (porcentaje sobre el costo del vehículo Euro III), no existe un caso mínimo y máximo en el costo incremental de los vehículos.

3.1.3 Reducción de Costos dentro del periodo de evaluación

Según Michael P. Walsh (2011) los costos incrementales de los vehículos producto de las nuevas tecnologías implementadas disminuyen en el tiempo. Los primeros dos años de entrada

⁴ ICCT. (2011). *Estimated Cost of Emission Control Technologies for Light Duty Vehicles*. International Council On Clean Transportation, Washington, DC.

al mercado de los vehículos y/o tecnologías disminuyen un 10% cada año. A partir del tercer año la disminución se vuelve más pequeña y es producto del aprendizaje: reducción de costos producto de la optimización de procesos, uso de materiales, etc. La disminución de costos que establece este documento corresponde a un 3% por 5 años, luego un 2% por los siguientes 5 años y por último un 1% por un periodo de 5 años más.

Aunque es relevante tener presente la reducción de costos incrementales a lo largo del periodo de análisis, el presente estudio, a manera de establecer un análisis conservador de costos, no aplica esta reducción.

3.2 Costos de combustible

En primer lugar se obtuvieron los factores de consumo para cada tipo de vehículo, este corresponde a la cantidad de combustible que consume el vehículo por cada kilómetro que se desplaza (grComb/km). El factor de consumo se obtuvo del estudio “Análisis y Desarrollo de una Metodología de Estimación de Consumos Energéticos y Emisiones para el Transporte” (Sistemas Sustentables 2010).

Luego con la información que se tiene sobre los kilómetros recorridos por año para cada tipo de vehículo y el parque automotriz para los dos escenarios considerados se calcula el consumo de combustible para cada año de estudio en cada escenario. Para obtener el consumo en litros, y no en gramos de combustible, se utiliza la densidad de los combustibles, extraída del balance nacional de energía 2008 elaborado por la CNE.

Tabla 14: Densidad de los combustibles considerados.

	gramos/litro
Diesel	840
Gasolina	730

Fuente: (CNE 2009)

Así con los litros anuales de combustibles consumidos por el parque automotriz para cada escenario planteado, se calculó la variación del consumo de combustible entre ambos escenarios

Luego, la variación en el consumo de combustible entre los dos escenarios se multiplica por el precio del combustible, obteniendo así los costos (o ganancias) monetarios por año, debido a la implementación de la nueva normativa. Los precios fueron extraídos del documento “Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos” (MIDEPLAN 2011) y ajustados por UF desde el 31 de Diciembre del 2009 al 30 de Noviembre del 2011 y se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15: Precio social de los combustibles (CLP/litro)

Tipo Vehículo	Diesel	Gasolina
Buses	352,8	0
Camiones	352,8	0
Motos	0	351,8
Particulares	362,2	362,2
Taxis	362,2	362,2

Fuente: (MIDEPLAN 2011)

3.3 Costos de Fiscalización

Los costos de fiscalización corresponden a nuevos equipos OBD que deben adquirir las plantas de revisión técnicas para poder fiscalizar vehículos pesados (camiones y buses) con estándares de emisión EURO V. Se debe instalar uno de estos equipos por cada línea de revisión técnica y el costo de este equipo se asume en 1.500 USD⁵.

Para proyectar la entrada de nuevas líneas de revisión técnica se consideraron las líneas que existen al año 2010 (Subsecretaría de Transporte) y se dividió por la cantidad de vehículos pesados existentes hasta ese mismo año, obteniendo así la cantidad de vehículos pesados que hay por cada línea de revisión técnica, esto se realizó a nivel regional.

⁵ Geasur (2010). Recopilación de Antecedentes para la Incorporación de Sistemas de Diagnóstico a Bordo (On Board Diagnostic (OBD)) y Evaluación de Incentivos para la Incorporación de Vehículos de Cero y Ultra Baja Emisión al Parque de Vehículos. Estudio Elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente.

Tabla 16: Vehículos pesados por línea de revisión técnica el año 2010

Región	Vehículos Pesados/Línea
I	2.741
II	2.721
III	6.830
IV	2.313
V	1.784
VI	2.471
VII	3.572
VIII	853
IX	4.362
X	2.544
XI	1.985
XII	1.666
XIII	4.658
XIV	2.409
XV	1.053

Fuente: Elaboración Propia.

Luego a partir del año 2014 comienzan a entrar al parque automotriz vehículos pesados con norma de emisión EURO V, por lo que se supuso que ese año todas las líneas de revisión técnica para vehículos pesados invierten en el equipo y todas las que se construyen a partir del año 2014 deben poseer el equipo.

4. Reducción de concentraciones ambientales

El cálculo de concentraciones en alta resolución es extremadamente intenso en el uso de capacidad computacional. Sin embargo para una correcta evaluación de las medidas se necesita flexibilidad en el análisis de sensibilidad de las normas propuestas. Es por ello que se opta por una simulación de alta resolución de dos escenarios, el escenario base, y el escenario “regulado”. Esto permite calcular el factor de emisión-concentración “modelado” para el sector de transporte en zonas urbanas representativas:

- Norte - Costa
- Norte - No Costa
- Centro - Costa
- Centro - No Costa
- Sur - Costa
- Sur - No Costa

Este factor de emisión-concentración permitirá estimar el cambio en la concentración de material particulado fino (MP2,5) con respecto a un cambio en la emisión de un determinado contaminante (NOx, COVs, SOx, y PM), según lo presentado en la siguiente ecuación:

$$\Delta C_j^{PM2.5} \left(\frac{\mu g PM2.5}{m^3} \right) = \sum_i \frac{\Delta E_{i,j} (ton)}{FEC_{i,j}^{PM2.5} \left(\frac{ton}{\mu g PM2.5 / m^3} \right)}$$

Donde,

$\Delta E_{i,j}$: Es el cambio en la emisión de un contaminante i en la ciudad j.

$FEC_{i,j}^{PM2.5}$: Es el factor de emisión concentración, que relaciona la emisión de un contaminante i con la concentración de MP2,5 en la ciudad j.

$\Delta C_j^{PM2.5}$: Es el cambio en la concentración de MP2,5 en la ciudad j.

El escenario base incluirá emisiones areales (calefacción residencial, emisiones comerciales), fuentes puntuales industriales (obtenidas de norma de emisión de termoeléctricas, planes de descontaminación, etc.). Para zonas en los que no existe información completa se interpolará usando el inventario global de emisiones EDGAR 3.0, además del inventario de Tami Bond para aerosoles como el carbono negro u orgánico. La población se determinará usando modelo LANDSCAN de Oakridge National Laboratory, con resolución espacial de 900m. y año base 2008.

Para cada punto de la grilla es posible calcular el cambio de concentración debido al cambio de emisión (exposición incremental) además de la concentración debido al cambio de emisión (FEC).

4.1 Metodología de Cálculo para los Factores Emisión - Concentración

El análisis de escenarios de los AGIES requiere herramientas versátiles que relacionen cambios de concentraciones frente a cambios de emisiones. El desarrollo del factor de emisión concentración ha sido importante para poder analizar múltiples escenarios. Sin embargo estos se han establecido solo para algunas localidades de Chile, existiendo incertidumbre particularmente en la relación o “rendimiento” de precursores de material particulado (como el SO₂ y NO_x) a la formación de este.

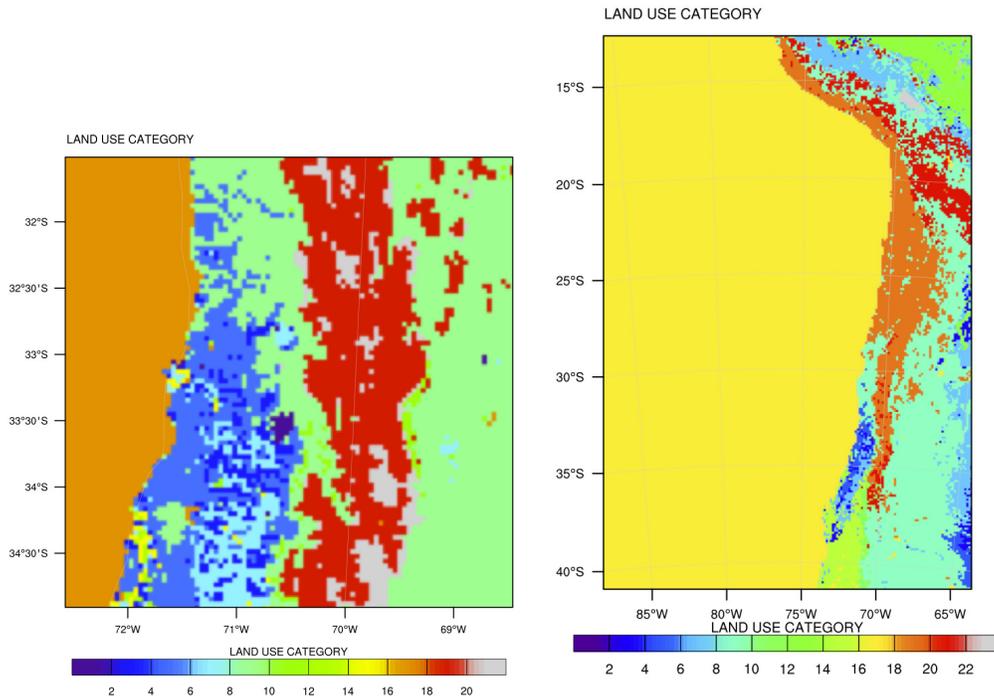
Se utilizó un sistema de modelación del estado del arte para estimar los FEC para PM primario, SO₂, y NO_x. El modelo usado para este proyecto se llama WRF-CHEM⁶ y fue desarrollado por NOAA y NCAR de Estados Unidos con la finalidad de avanzar en temáticas de modelación de calidad de aire, y su relación con la meteorología. Se usa un modelo de dispersión química acoplado a un modelo meteorológico de grilla, con cálculo en línea de variables meteorológicas y químicas que estén relacionadas. El modelo es considerado el estado del arte, ya que calcula varios tipo de emisiones, ya sea natural (levantamiento de polvo, emisiones de sal de mar, emisiones volcánicas), además de antropogénicas y biogénicas. El módulo químico usado fue RACM⁷ para la química gaseosas y MOSAIC, desarrollado por PNNL⁸ para aerosoles (material particulado. El modelo contempla emisiones de MP_{2,5}, MP₁₀, CO, NO_x, COVs, NH₃, y la formación de material particulado secundario en la forma de sulfato, y nitrato, además de ozono troposférico. La Figura 5 muestra los dominios considerados, uno de 12km y otro de 4km (zona central).

⁶ <http://www.acd.ucar.edu/wrf-chem/>

⁷ <http://www.agu.org/pubs/crossref/1997/97JD00849.shtml>

⁸ http://ruc.noaa.gov/wrf/WG11/wrf_tutorial_2010/Fast.WRF-Chem.tutorial.pdf

Figura 5: Dominios de modelación; Izquierda, dominio de 4km de resolución, con 97x97 grillas. Derecha, dominio regional de 12km de resolución, 179 x 269 grillas.



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.1 Inventarios de emisiones

La última información oficial de emisiones para la Región Metropolitana fue desarrollada para el año 2005, y publicada el año 2007⁹. Ese inventario de emisiones consideró las principales fuentes de emisión primaria de MP2,5, MP10, CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno), COVS (compuestos orgánicos volátiles), SOx (óxidos de azufre), y NH3 (amoníaco).

Las emisiones de MP2,5 y MP10 son las medidas en las chimeneas, tubos de escape, o emisiones fugitivas. La industria, por ejemplo, tiene emisiones directas en chimenea que son medidas mediante la norma chilena NCH 5 para muestreos isocinéticos, los que se realizan a plena carga. Para otras industrias se utilizan factores de emisión basadas en el AP 42 de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

La emisiones de fuentes residenciales se hicieron basados en el Censo del año 2002, y factores de emisión de estufas (g/h, o g/kg leña quemada).

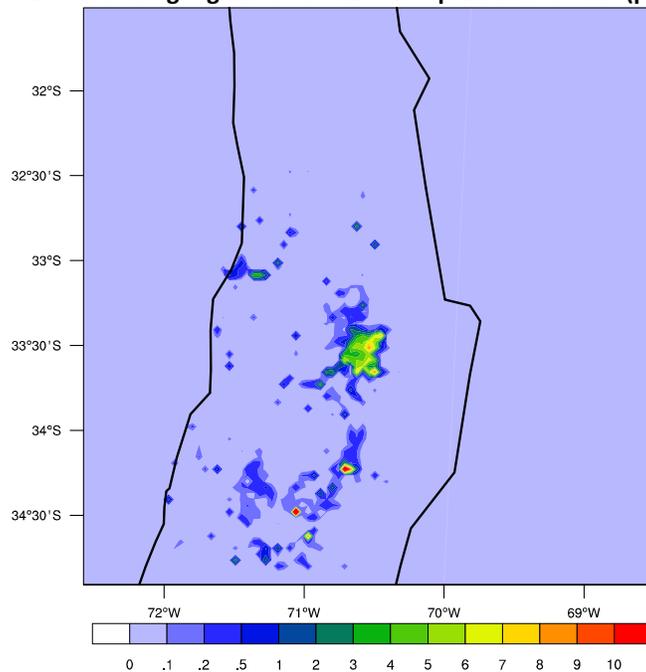
⁹ www.sinia.cl/1292/articles-46042_recurso_1.pdf

Las emisiones de las fuentes móviles se dividen en las de tubo de escape (que en el caso de los vehículos diesel es más relevante), por desgaste de frenos (basados en kilómetros recorridos) y por polvo re suspendido.

Las emisiones residenciales se calcularon para cada región usando como referencia el inventario de emisiones residenciales más cercano, normalizando por población y por uso declarado de leña comunal (fruto de encuestas realizadas por OMAD.cl). Se distribuyeron además las emisiones de leña en función de la estacionalidad.

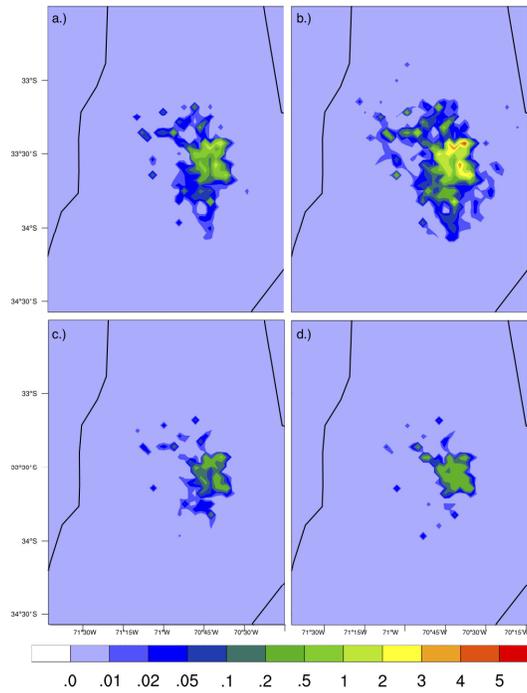
La Figura 6 muestra la distribución de las emisiones medias (ya que horariamente tienen un perfil diurno) de PM antropogénico total (que se distribuye para el modelo debe partitionarse entre tres especies, carbono negro, carbono orgánico, y elementos inorgánicos, además de 4 tamaños de partícula, fracción de aitken, fracción de acumulación, fino, y grueso). La Figura 7 muestra, a modo de ejemplo, la estacionalidad de las emisiones residenciales, que se estima usando el concepto de grados días de calefacción mensual. La Figura 8 muestra la totalidad de las emisiones antropogénicas descritas en este estudio.

Figura 6: Distribución geográfica de emisiones primarias de MP ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)



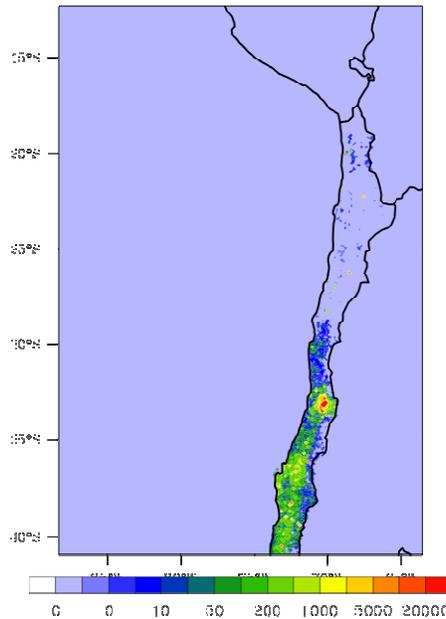
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7: Ejemplos de aporte emisiones antropogénicas de MP ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$). y estacionalidad a.) Calefacción residencial primavera/otoño b) Calefacción residencial invierno. c.) Calefacción residencial verano d) Emisiones sector transporte público.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8: Emisiones primarias de MP2,5 nacional, dominio Chile Continental (12km), en $\text{pg}/\text{m}^2/\text{s}$.



Fuente: Elaboración Propia.

Las fuentes móviles utilizadas para la modelación son las del año base 2010 determinados por este estudio. Las emisiones móviles se distribuyen en perfiles diurnos de intensidad de tráfico que son resultado de la modelación de emisiones de este estudio. Las emisiones residenciales se emiten usando un perfil escalón con duración de 7 horas (obtenido de estudio OMAD que indica que es el tiempo promedio de funcionamiento de una estufa a leña). Las emisiones industriales se compilaron desde el inventario de emisiones de termoeléctricas (AGIES de termoeléctricas). Otras fuentes industriales como fundiciones, calderas, etc., se obtuvieron del inventario nacional de emisiones compilado por la Universidad de Iowa con la Universidad Andrés Bello¹⁰ que contempla todas las fuentes puntuales geo-referenciadas disponibles en los estudios de los planes de descontaminación de Calama, Temuco, Concepción, Santiago, Salvador, etc.

Escenarios

Para el estudio se utilizaron 3 escenarios para estimar los FEC. Primero se simuló el escenario base por un año incluyendo todas las fuentes. Luego se simuló con todas las fuentes, pero con una perturbación en las emisiones de fuentes móviles de 10% del precursor analizado. La Tabla 17 muestra un resumen de los escenarios modelados.

Tabla 17 Descripción de escenarios para cálculo de FEC modelado.

Escenario	PM primario	SO2	NOx
Base	Base	Base	Base
SO2	Base	Base+10%	Base
NOx	Base	Base	Base+10%
MP	Base+10%	Base	Base

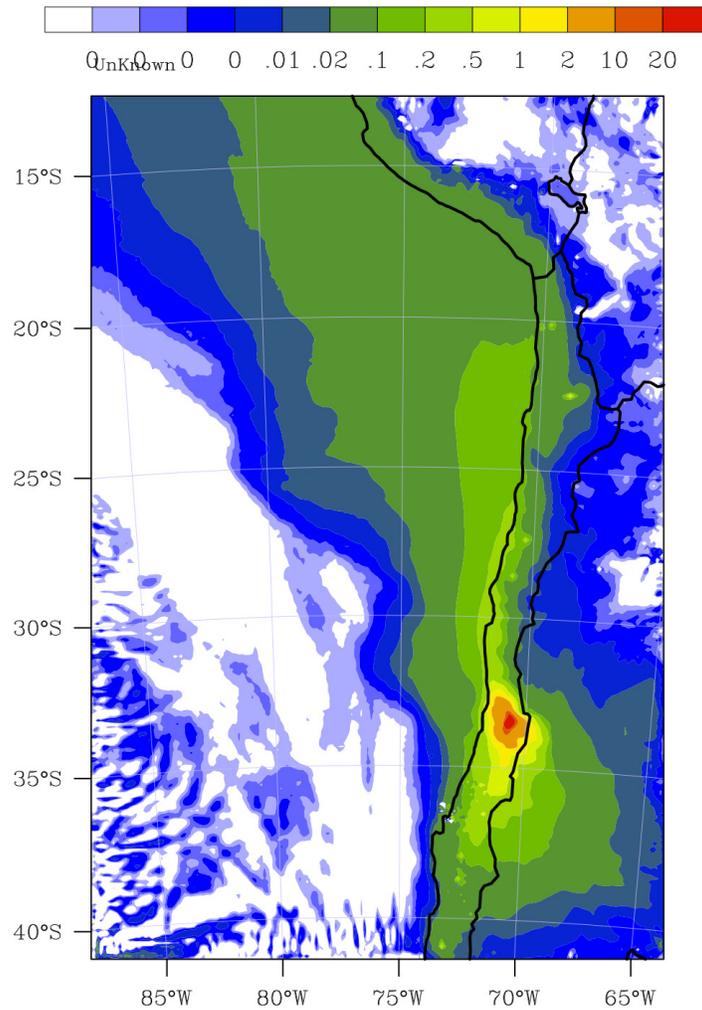
Fuente: Elaboración Propia.

Resultados

Luego de la simulación de los escenarios descritos en la sección anterior se procedió a promediar los valores diarios de casa escenario, y se calculó el efecto de cada uno de esos incrementos como la diferencia entre el escenario base y el escenario con 10% de exceso. Las Figura 9 y Figura 10 muestran el aumento en ng/m3 fruto de un aumento de 10% de PM y SO2 respectivamente. Evidentemente el 10% de aumento de PM genera una mayor variación, ya que el SO2 requiere transformarse para formar PM en la forma de sulfato. Se observan además efectos regionales importantes.

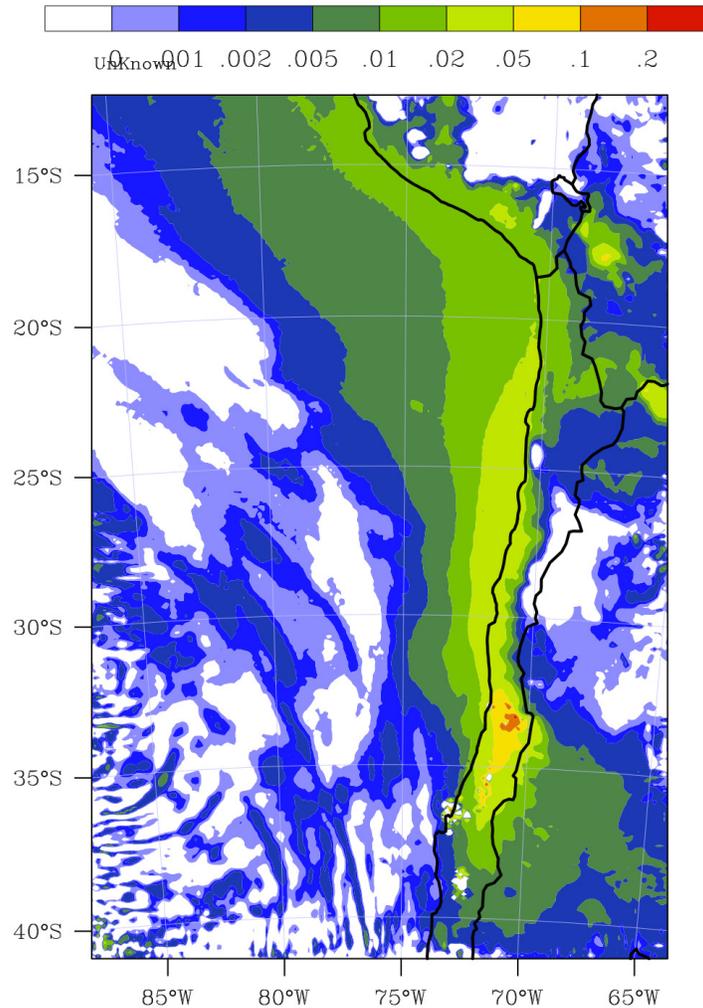
¹⁰ http://www.cgrer.uiowa.edu/VOCA_emis/

Figura 9: Efecto de incremento de 10% de emisiones de PM primario, fuentes móviles, Año base 2010, modelo WRF-Chem, Mosaico. En ng/m3.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10: Efecto de incremento de 10% de emisiones de SO2 primario, fuentes móviles, Año base 2010, modelo WRF-Chem, Mosaic. En ng/m3.



Fuente: Elaboración Propia.

El cálculo del FEC se realiza como la diferencia entre el caso base y el escenario particular dividido por el cambio de emisión en la grilla. Esto se calcula para cada punto en donde existen emisiones, y se categoriza por la comuna a analizar. En el caso de ciudades que están en más de un punto de grilla, se promedia el cambio de concentración (ejemplo, Gran Concepción, Gran Valparaíso, y Gran Santiago). El cálculo del FEC para esos puntos se hace dividiendo las emisiones totales por el cambio promedio de concentración para la ciudad en cuestión. La metodología revela rápidamente que las grandes fuentes algunas veces causan cambios en las concentraciones desde donde emiten, pero adicionalmente forman MP2,5 más allá de las fronteras de la ciudad, por lo que en general se puede decir que la estimación de los FEC es conservadora.

En la práctica ciudades con muy pequeñas emisiones causan cambios de emisiones pequeños por lo que el cálculo del FEC es muy dependiente de un número pequeño, causando alta sensibilidad. Para resumir y categorizar todas las ciudades simuladas, se agruparon estas en dos categorías, ciudades costeras, y ciudades del interior. Además por el tipo de fuente entre aquellas en la zona norte, centro y sur. Además se hizo especial énfasis en el cálculo del FEC de Santiago de Chile, que es el que es más relevante para explicar la exposición a contaminantes. La Tabla 18 muestra un resumen de los FEC calculados para este estudio.

Tabla 18 Resumen de Factores de emisión concentración determinados usando modelo WRF-Chem 3.1 para Chile continental (ton/ug-m3)

		MP	SOx	NOx
Norte	Costa	3.357	3.968	827
	Interior	962	4.219	5.037
Centro	Costa	879	4.000	1.814
	Interior	349	2.174	1.220
Sur	Costa	2.490	4.219	3.272
	Interior	3.090	3.906	11.064
Gran Santiago		491	22.634	21.618

Fuente: Elaboración Propia

Validación

La metodología usada ha sido validada en *journals* de alto impacto como *Atmospheric Chemistry and Physics*, además de *Atmospheric Environment*. El modelo usado es el único que se ha validado en Chile para representar formación de aerosoles secundarios fuera de Santiago, utilizando datos de la campaña científica VOCALS¹¹.

4.2 Asignación de FEC a Centros Urbanos Seleccionados

En el presente estudio, se requiere evaluar el cambio en la concentración ambiental de MP_{2,5} en centros urbanos seleccionados de Chile, utilizando como información base los FEC estimados para algunas ciudades representativas. A continuación se presenta la metodología propuesta para transferir valores de FEC a los distintos centros urbanos del país.

En primer lugar es importante aclarar que la teoría detrás de la aproximación del cambio de concentración a través de FEC se basa en el modelo de caja. Considerando de manera sencilla un volumen de control de ancho Δx , profundidad Δy y altura H , además de la emisión de

¹¹ Saide, P. E., Spak, S. N., Carmichael, G. R., Mena-Carrasco, M. A., Howell, S., Leon, D. C., Snider, J. R., Bandy, A. R., Collett, J. L., Benedict, K. B., de Zoete, S. P., Hawkins, L. N., Allen, G., Crawford, I., Crosier, J., and Springston, S. R.: Evaluating WRF-Chem aerosol indirect effects in Southeast Pacific marine stratocumulus during VOCALS-REx, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 11, 29723-29775, doi:10.5194/acpd-11-29723-2011, 2011

contaminantes E, es posible estimar de manera aproximada, y suponiendo que no hay transformaciones químicas, la concentración ambiental de un contaminante C según la siguiente ecuación:

$$C\left(\frac{\mu g}{m^3}\right) = \frac{E(\text{ton})}{\Delta x \cdot \Delta y \cdot H(m^3)} \cdot \left(\frac{10^{12}(\mu g)}{1(\text{ton})}\right)$$

→

$$\frac{E(\text{ton})}{\Delta x(m) \cdot \Delta y(m) \cdot C\left(\frac{\mu g}{m^3}\right)} \cdot \frac{\left(\frac{10^{12}(\mu g)}{1(\text{ton})}\right)}{H(m)} = 1$$

→

$$\frac{E(\text{ton})}{\Delta x(m) \cdot \Delta y(m) \cdot C\left(\frac{\mu g}{m^3}\right)} = cte$$

De lo anterior es posible deducir que para una altura de mezcla constante un FEC unitario por superficie será constante y por ende aplicable directamente a otro centro urbano siempre y cuando el volumen de control sea el mismo, además de existir una similitud en las condiciones locales y la distribución de tipos de fuentes emisoras. Suponiendo que la altura de mezcla es la misma en las distintas zonas del país será posible transferir un FEC de una ciudad de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$FEC_j \left(\frac{\text{ton}}{\frac{\mu g}{m^3}} \right) = FEC_i \left(\frac{\text{ton}}{\frac{\mu g}{m^3}} \right) \cdot \frac{\text{Superficie}_j (m^2)}{\text{Superficie}_i (m^2)}$$

Donde:

- FEC_j : Factor emisión-concentración ajustado para el centro urbano j.
- FEC_i : Factor emisión-concentración de la ciudad representativa i
- $Superficie_j$: Superficie urbana del centro urbano j
- $Superficie_i$: Superficie urbana de la ciudad representativa i

Suponiendo una distribución de emisiones similar para las distintas zonas del país de parte del sector será posible asignar los FEC de ciudades representativas a los centros urbanos seleccionados para el análisis.

5. Estimación de Beneficios Sociales

5.1 Identificación de Impactos

La reducción de las emisiones y la consecuente disminución de la concentración ambiental de los contaminantes traen consigo beneficios tanto a la población como a la naturaleza que nos rodea.

Según el conocimiento experto del consultor, la siguiente tabla muestra algunos de los principales efectos causados por la contaminación.

Tabla 19 Efectos de la contaminación

Efecto	Breve descripción
Daño a la Salud	Las partículas y compuestos emitidos al aire en exceso pueden producir efectos nocivos en la salud de las personas, como por ejemplo dañando el sistema cardio-respiratorio.
Disminución en visibilidad	La presencia de partículas en el aire reduce la visibilidad causando una disminución del bienestar y calidad de vida.
Daño a materiales	El exceso de contaminación atmosférica puede causar daños en los materiales de construcción alterando propiedades físicas y químicas de los mismos.
Daño ecosistemas acuáticos	Altas concentraciones de NOx y SOx pueden producir deposición ácida en el agua modificando su composición y dificultando la supervivencia de especies acuáticas.
Daño en plantas y bosques	La deposición ácida puede alterar el crecimiento de plantas y árboles. Además el ozono y otras partículas pueden ingresar vía las estomas de las plantas y dañar su estructura
Aumento en efecto invernadero	Los gases de efecto invernadero aumentan el efecto del mismo nombre aumentando la probabilidad de aumento de las temperaturas a nivel global, gatillando el cambio climático.
Otros	Existen otros efectos que por lo general son valorizados por métodos cualitativos o hace falta disponer de estudios específicos que se hayan realizado en la zona de influencia.

Fuente: Elaboración propia

Dada la información disponible para estimar los beneficios generados por la reducción de la contaminación ambiental, el consultor propone estimar los beneficios en **salud**. La metodología particular de estimación de beneficios se detalla en la siguiente sección.

5.2 Cuantificación de Impactos

Esta etapa corresponde al núcleo principal del cálculo de los beneficios sociales. Se relaciona el cambio en la concentración de contaminantes (tomando como input los resultados de la etapa de reducción de concentraciones ambientales, Sección 4) con el cambio en el número de efectos o nivel de impacto de ellos a través de la utilización de funciones dosis respuesta, las cuales, relacionan una concentración de contaminante con el nivel de impacto de un efecto específico.

Se debe tener en consideración que no todos los efectos que serán identificados podrán ser cuantificados.

Los efectos en salud cuantificados corresponden a los expuestos en el documento “Guía Metodológica para la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC 2011).

Se utilizarán las funciones de riesgo unitario (funciones dosis respuesta) recomendadas en la Guía además de tasas de incidencia de los efectos a nivel de centros urbanos. Esto último implica que solo podrán ser cuantificados los efectos que estén relacionados con una función dosis respuesta y que posean una tasa de incidencia base conocida. La siguiente tabla muestra los efectos en salud cuantificados.

Tabla 20 Efectos en Salud según Causa y Grupo de Edad cuantificados y función dosis-respuesta asociada

Efecto	Causa	Grupo Edad	Función dosis respuesta	Intervalo de confianza [IC95]	Fuente	Año
Mortalidad Prematura Exposición de Largo Plazo	Cardiopulmonar	> 30 años	0,0093	[0,0036 - 0,015]	Pope et al,	2004
Mortalidad Prematura Exposición de Corto Plazo	Todas	Todos	0,0012	[0,0006 - 0,0017]	Cifuentes et al	2000
Admisiones Hospitalarias	Asma (ASTH)	Niños	0,0165	[0,0084 - 0,0246]	Norris et al	1999
		Adultos	0,0033	[0,0012 - 0,0053]	Sheppard	2003
	Cardiovascular (CVD)	Adultos	0,0015	[0,0007 - 0,0022]	Moolgavkar	2003
		Adultos Mayores	0,0016	[0,0009 - 0,0022]	Moolgavkar	2000
	Disritmia (DYS)	Adultos Mayores	0,0012	[-0,0027 - 0,0052]	Ito	2003
	Enf. Respiratoria Crónica (CLD)	Adultos	0,0024	[0,0008 - 0,0039]	Moolgavkar	2000
		Adultos Mayores	0,0012	[-0,0028 - 0,0052]	Ito	2003
	Enf. cardio congestiva (CHF)	Adultos Mayores	0,0031	[0,0005 - 0,0056]	Ito	2003
	Enf. cardio isquémica (IHD)	Adultos Mayores	0,0014	[-0,0008 - 0,0037]	Ito	2003
	Neumonía (PNEU)	Adultos Mayores	0,0040	[0,0007 - 0,0072]	Ito	2003
Días Laborales Perdidos		Adultos	0,0046	[0,0038 - 0,0053]	Ostro	1987
Días con Actividad Restringida		Adultos	0,0048	[0,0041 - 0,0053]	Ostro	1987
Días con Act. Rest. Leve		Adultos	0,0074	[0,006 - 0,0087]	Ostro and Rothschild	1989

Fuente: Elaboración Propia

La tasa de mortalidad se obtiene de los datos de certificados de defunción de INE, la cual se obtiene dividiendo el total de casos debido a una causa específica en una región en particular por la población de dicha región. La información de certificados de defunción se encuentra a nivel comunal y para el periodo 2003 – 2007.

Las tasas de admisiones hospitalarias se calculan del mismo modo que la tasa de mortalidad, pero a partir de los datos de egresos hospitalarios de MINSALUD, disponibles para 2002 a 2006 a nivel comunal.

Para la cuantificación se requiere establecer también la población expuesta de cada uno de los centros urbanos del País. Para esto se utiliza la información que dispone el INE la cual se encuentra desagregada a nivel comunal hasta el año 2020 y a nivel nacional hasta el año 2050. Con esta información se establece para cada año la población según tramo de edad para cada uno de los centros urbanos: Niños (0-18 años), Adultos (18-65 años), Adultos (> 30 años) y Adultos Mayores (65+ años).

5.3 Valorización de Impactos

La etapa de valoración es especialmente compleja debido a la dificultad de asignar un valor a las mejoras en salud, amenidades y servicios ambientales, y a los recursos naturales. Por lo mismo, se utilizan los valores recomendados en la Guía, considerándolos parámetros claves dentro del posterior análisis de incertidumbre y sensibilidad.

5.3.1 Valorización de impactos en salud

La metodología que se seguirá para la valoración de los impactos en salud es idéntica a la utilizada en la “Guía” lo que implica que si no existe alguna actualización que realizar a los datos utilizados en este documento, los valores utilizados en la evaluación del anteproyecto de norma serán los mismos que los publicados en la “Guía”. La siguiente tabla muestra un resumen de los valores unitarios de los efectos en salud que serán valorizados.

Tabla 21 Valores Utilizados en la cuantificación de los efectos considerados (UF2009/caso)

Efecto	Causa	Grupo Edad	CM1	PP1	Disutilidad (WTP)	Total
Mortalidad Prematura	Todas	Todos			(8.600 – 31.600)	(8.600 – 31.600)
	CPM	Adultos			(8.600 – 31.600)	(8.600 – 31.600)
		Adultos Mayores			(8.600 – 31.600)	(8.600 – 31.600)
Admisiones Hospitalarias (HA)	CHF	Adultos Mayores	27,4	4,2		31,6
	DYS	Adultos Mayores	43,9	4,1		48,1
	IHD	Adultos Mayores	20,9	3,5		24,4
	CLD	Adultos	27,4	3,6		31
		Adultos Mayores	27,4	4,2		31,6
	PNEU	Adultos Mayores	29,4	4,8		34,2
	CVD	Adultos	45,3	3,6		48,9
		Adultos Mayores	43,9	4,8		48,7
	ASTH	Niños	21	1,1		22,1
		Adultos	21	3,1		24,1
	RSP	Adultos Mayores	29,4	4,7		34,1
	Días Laborales Perdidos (WLD)		Adultos		0,7	
Días con Actividad Restringida (RAD)		Adultos		0,2		0,2
Días con Act. Rest. Leve (MRAD)		Adultos		0		0

[1] Costos Médicos

[2] Productividad Perdida

Fuente: GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC (2011)

Los parámetros que poseen mayor importancia en el cálculo de los beneficios corresponden a las funciones dosis respuesta utilizadas y a la valorización unitaria de los efectos evaluados.

Las funciones dosis-respuesta asocian la concentración de MP 2,5 a un efecto nocivo para la salud, las funciones utilizadas se presentan en la Tabla 20.

5.4 Calculo del Beneficio Social

5.4.1 Proyección de Beneficios en el Tiempo

Existen dos parámetros que deben ser proyectados para obtener la proyección de beneficios en el periodo de análisis. En primera instancia se debe proyectar la exposición del receptor (p.ej la población expuesta) la cual afecta a la cuantificación del cambio de efectos producto del cambio en la concentración ambiental. Segundo, se deben proyectar los valores asociados a cada uno de los efectos cuantificados.

Para el caso particular de la proyección del valor asociado a los efectos en la salud se asume que éste depende directamente de la tasa de crecimiento del ingreso per cápita.

Se utiliza la siguiente ecuación para la proyección de los valores de efectos:

$$\text{Valor}_{\text{Año proy}} = \text{Valor}_{\text{Original}} * (1 + \text{TC_IPC})^{(\text{Año proy} - \text{Año Original})}$$

Donde,

$\text{Valor}_{\text{Año proy}}$: Valor que se le otorga al efecto para un año dentro del periodo de análisis.

$\text{Valor}_{\text{Original}}$: Valor calculado originalmente

TC_IPC : Tasa de crecimiento del ingreso per cápita que está dada por la siguiente ecuación.

$$\text{TC_IPC} = \frac{(1 + \text{TC_PIB})}{(1 + \text{TC_Pob})} - 1$$

Donde,

TC_PIB : Tasa de crecimiento del PIB durante el periodo de análisis.

TC_Pob : Tasa de crecimiento de la población durante el periodo de análisis.

En base a la proyección de estos dos parámetros es que es posible proyectar los beneficios, en el tiempo de análisis tal como lo muestra la siguiente ecuación.

$$\text{Beneficio}_{\text{año proy}} = \Delta E(\text{Población}_{\text{año proy}}) \cdot VS(\text{TC_IPC})$$

Donde,

$\text{Beneficio}_{\text{año proy}}$: Beneficio de un año determinado producto de la disminución del efecto.

$\Delta E(\text{Población}_{\text{año proy}})$: Cambio de efectos de un año determinado que depende de la población afectada.

$VS(\text{TC_IPC})$: Valor social del efecto de un año determinado que depende de la tasa de crecimiento del ingreso per cápita.

5.4.2 Agregación de Beneficios

Finalmente, para calcular el beneficio social se suman cada uno de los beneficios valorizados económicamente, como muestra la siguiente ecuación:

$$BS = \sum_{\text{efectos } i} \sum_{\text{Rec } j} BS_{ij} = \sum_{\text{efectos } i} \sum_{\text{Rec } j} (\Delta E_{ij} \cdot VS_{ij})$$

Donde,

BS : Beneficio Social Agregado

BS_{ij} : Beneficio social del efecto i en el receptor j

ΔE_{ij} : Cambio de efecto i en el receptor j

VS_{ij} : Valor social del efecto i en el receptor j

Este procedimiento se realiza para cada uno de los años en donde existan beneficios producto de la implementación de la norma.

5.4.3 Distribución de Beneficios

Se realiza una distribución de los beneficios entre los agentes económicos involucrados (Privados, Estado, Población).

Particularmente para los beneficios en salud se benefician identificar quienes serán los beneficiados monetariamente dado la disminución de efectos nocivos para la salud. Se utilizan los siguientes supuestos para realizar el análisis:

- Los beneficios del efecto se calculan según el tipo de previsión del afectado, cuando es posible. Cuando no existe información, se distribuyen según el tipo de previsión de

acuerdo al número de beneficiarios pertenecientes a cada sistema (asumiendo una tasa del efecto constante para toda la población) según grupo de edad (cuando esto fuese posible) o según población total.

- Si el beneficio no depende del sistema de previsión, se distribuye entre los diferentes agentes según el porcentaje de empleados públicos, privados o independientes.

En general, la asignación depende de la componente del valor. Cuando se trata de disutilidad, el valor se asigna enteramente a la población. Los gastos médicos y la productividad perdida son divididos entre los actores sociales de acuerdo a diferentes criterios.

6. Resultados y Análisis

Los resultados expuestos en esta sección se presentan desagregados a nivel de Tipo de Vehículo, esto tiene como fin el analizar de manera individual los distintos impactos y beneficios generados por la evolución de las normas de emisión propuestas para cada Tipo de Vehículo.

Dentro de cada categoría de Tipo de Vehículo de la presente sección se presentará la reducción de emisiones, la variación en la concentración de contaminantes y los costos y beneficios asociados a la evolución de la normativa según cada categoría.

6.1 Supuestos Generales Utilizados

Valor de la vida estadística

En la Tabla 21 se presentan los valores recomendados para la valoración de los efectos en la salud, para el caso de muerte se recomienda un valor mínimo y máximo (escenario Bajo y Alto respectivamente). Para el escenario Bajo el valor de la vida estadística corresponde, aproximadamente, a 360.000 USD, por su parte el escenario de beneficios Alto se considera un valor de la vida estadística de, aproximadamente, 1.400.000 USD.

Tasa de Descuento

Se utiliza la tasa de descuento social recomendada, esta corresponde a un 6% para el 2011 en adelante (MIDEPLAN 2011).

Período de Análisis

El estudio se realiza para un período de tiempo de 14 años, partiendo del año 2011.

Precio del Dólar

Precio dólar observador de 524 CLP/USD del día 30 de Noviembre 2011 (Banco Central), además se utiliza un factor de ajuste social correspondiente a 1,01 para el año 2011 en adelante (MIDEPLAN 2011).

6.2 Vehículos Pesados

6.2.1 Camiones

La evolución de la normativa para camiones se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 22: Evolución de Normas para Camiones – Escenario con Norma

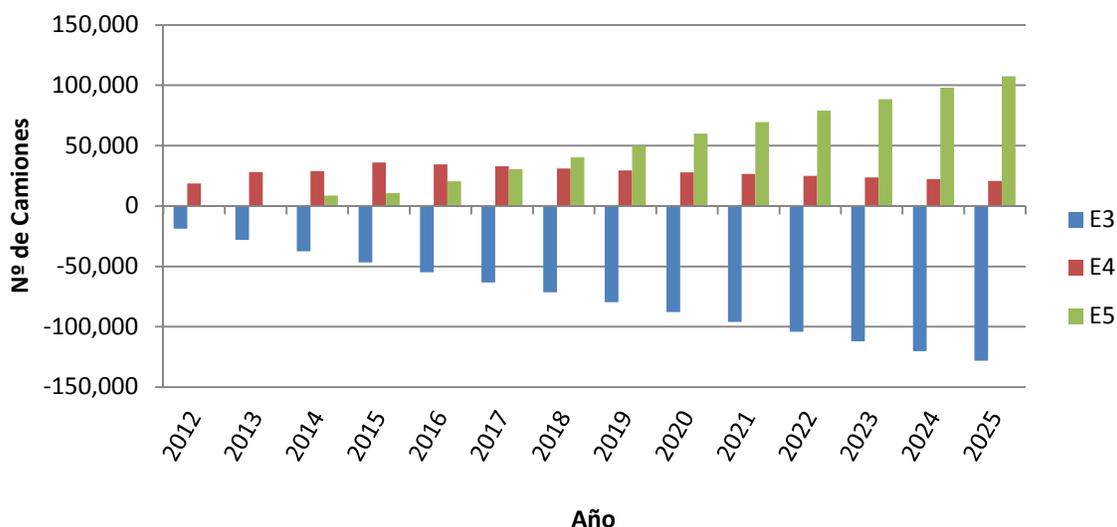
Categoría	Combustible	Zona	2011	2012	2013	2014	2015 - 2025
Camiones Livianos y Medianos (3.860Kg<pbv<15.000Kg)	Diesel	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
Camiones Pesados (pbv>15.000Kg)	Diesel	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1.1 Evolución del Parque de Camiones

Debido a la evolución en la normativa de emisiones el parque de camiones variará a lo largo del período de análisis, lo que se presenta a continuación:

Gráfico 2: Evolución del parque de camiones según normas de emisión



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que a partir del año 2012 empieza un reemplazo de camiones Euro III por camiones Euro IV, luego en el año 2014, comienza la entrada de camiones con norma Euro V, reemplazando a camiones Euro III, hacia el año 2017 comienza un reemplazo de camiones Euro IV por camiones Euro V. Finalmente se presenta una tendencia a reemplazar camiones Euro III y Euro IV por camiones con norma de emisión Euro V.

6.2.1.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.2.1.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 23: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para camiones - periodo 2011-2025

Año	GEI				MP2,5			
	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año	%	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año	%
2011	36.222.965	36.222.965	0	0,00%	2.597	2.597	0	0,00%
2012	36.834.285	36.888.130	53.846	0,15%	2.432	2.581	148	5,75%
2013	37.472.528	37.553.296	80.768	0,22%	2.342	2.564	222	8,68%
2014	38.113.988	38.218.462	104.474	0,27%	2.251	2.548	297	11,64%
2015	38.753.036	38.883.628	130.592	0,34%	2.160	2.531	371	14,65%
2016	39.360.455	39.511.201	150.746	0,38%	2.083	2.519	437	17,33%
2017	39.967.874	40.138.774	170.900	0,43%	2.005	2.508	502	20,03%
2018	40.575.294	40.766.347	191.053	0,47%	1.928	2.496	568	22,76%
2019	41.182.713	41.393.920	211.207	0,51%	1.850	2.484	634	25,52%
2020	41.790.132	42.021.493	231.361	0,55%	1.773	2.472	700	28,30%
2021	42.427.801	42.679.243	251.442	0,59%	1.698	2.462	765	31,06%
2022	43.065.470	43.336.993	271.523	0,63%	1.622	2.453	830	33,84%
2023	43.703.139	43.994.743	291.604	0,66%	1.547	2.443	895	36,65%
2024	44.340.808	44.652.493	311.685	0,70%	1.472	2.433	960	39,48%
2025	44.978.476	45.310.242	331.766	0,73%	1.397	2.423	1.026	42,33%

Año	NOx				SOx			
	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año	%	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año	%
2011	84.942	84.942	0	0,00%	250	250	0	0,00%
2012	80.204	85.424	5.220	6,11%	253	255	2	0,70%
2013	78.077	85.907	7.830	9,12%	257	259	3	1,04%
2014	75.499	86.390	10.891	12,61%	260	264	4	1,36%
2015	73.259	86.873	13.614	15,67%	264	268	4	1,67%
2016	70.940	87.390	16.451	18,82%	267	272	5	1,94%
2017	68.620	87.908	19.288	21,94%	270	277	6	2,19%
2018	66.301	88.426	22.125	25,02%	274	281	7	2,44%
2019	63.981	88.944	24.963	28,07%	277	285	8	2,69%
2020	61.662	89.462	27.800	31,07%	281	289	8	2,92%
2021	59.447	90.055	30.608	33,99%	284	293	9	3,15%
2022	57.232	90.648	33.416	36,86%	288	298	10	3,37%
2023	55.017	91.242	36.224	39,70%	291	302	11	3,58%
2024	52.803	91.835	39.032	42,50%	295	307	12	3,78%
2025	50.588	92.428	41.840	45,27%	299	311	12	3,98%

Fuente: Elaboración Propia.

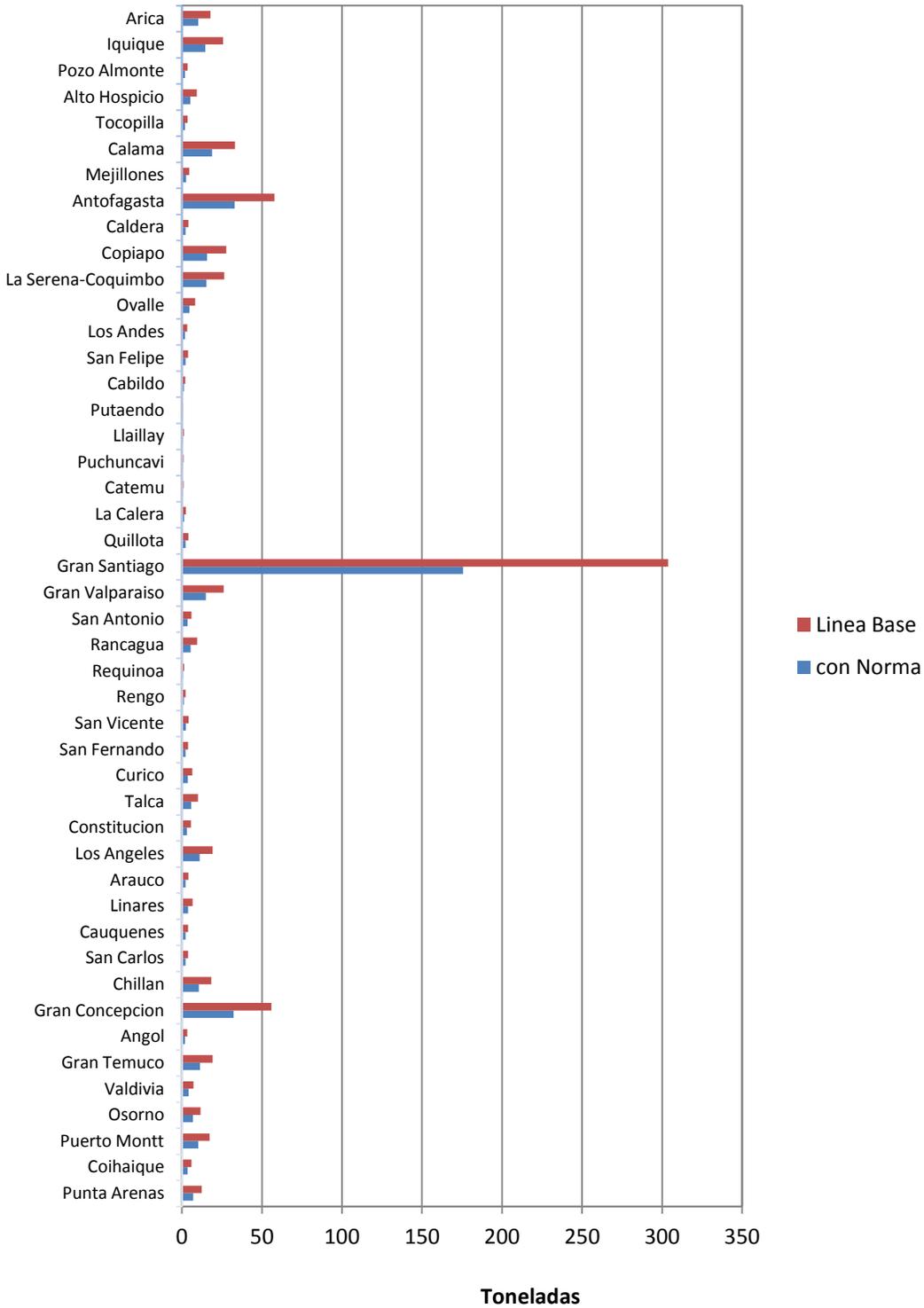
Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el NOx y el MP2,5, alcanzando al año 2025 una reducción del 45% y

42% respectivamente. En cuanto a los SOx la reducción debida a la nueva normativa no es tan significativa y alcanza un 4% al año 2025.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es tan significativa y no alcanza a ser de un 1% al año 2025. Esta reducción se genera debido a los menores factores de consumo (grComb/km) que poseen los camiones que cumplen con la normativa Euro IV y Euro V con respecto a aquellos camiones Euro III.

La reducción de emisiones de MP2,5 para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 3: Emisiones del año 2025 de MP2,5 generadas por camiones para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para camiones, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 42% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 128 toneladas, le siguen Antofagasta y Gran Concepción con un total de 25 y 24 toneladas reducidas respectivamente.

6.2.1.3 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.2.1.3.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de PM2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 24: Casos Evitados en todos los centros urbanos debido a la norma de camiones

Enfermedad	Casos
Asma	25
Falla cardioisquémica	51
Enfermedad respiratoria crónica	33
Enfermedad cardiovascular	223
Disrritmia	11
Enfermedad cardioisquémica	12
Neumonía	156
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	597
Mortalidad corto plazo todas las causas	135
Días de actividad restringida menor	1.534.777
Días de actividad restringida	407.436
Días de trabajo perdidos	94.316

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la normativa de camiones se evitarán un total de 732 muertes, al corto y largo plazo.

6.2.1.3.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible, cambio de tecnología y fiscalización (para los valores máximos y mínimos de cada tecnología) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 25: Flujo de costos y beneficios para los camiones.

Año	Costos (MUSD)				Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Valor Mínimo	Valor Máximo	Fiscalización	Alto	Bajo
2011	0	0	0	0	0	0
2012	7	-43	-69	0	15	1
2013	11	-21	-34	0	23	2
2014	14	-21	-34	-0,0869	32	2
2015	18	-21	-34	-0,0018	41	3
2016	21	-19	-30	-0,0037	50	3
2017	25	-19	-30	-0,0026	59	4
2018	28	-19	-30	-0,0028	69	5
2019	31	-19	-30	-0,0025	80	6
2020	34	-19	-30	-0,0026	91	6
2021	37	-19	-30	-0,0016	103	7
2022	40	-19	-30	-0,0035	115	8
2023	44	-19	-30	-0,0008	129	9
2024	47	-19	-30	-0,0025	143	10
2025	50	-19	-30	-0,0024	158	11

Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar la tabla anterior se nota que los costos de fiscalización, que se generan debido a la compra, por parte de las plantas de revisión técnicas, de equipos de medición con el fin de fiscalizar camiones con normativa Euro V, son insignificantes comparados con los costos de tecnología.

También se puede apreciar que la nueva normativa para camiones generará un ahorro en combustible, lo cual será un beneficio al implementarse la norma. Este ahorro ocurre debido a que los camiones con normativa de emisiones más estrictas son más eficientes en el consumo de combustible.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.2.1.4 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costo que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará el valor recomendado por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 26: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para camiones (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	937	-281	656	3.3
Bajo	304	-281	23	1.1

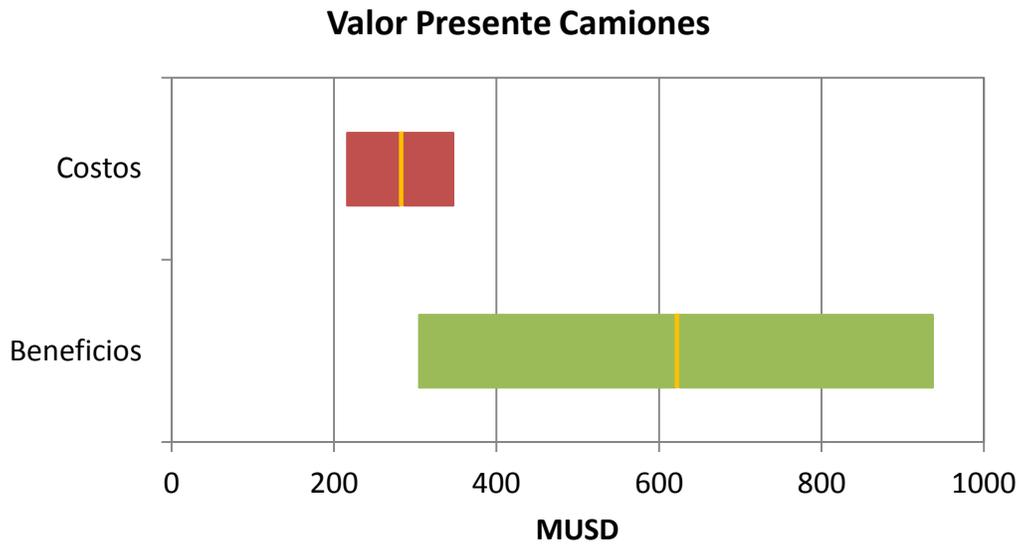
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el caso de beneficios Alto estos son 3,3 veces mayores que los costos promedios de la implementación de la normativa para camiones, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son 1,1 veces los costos promedios. Lo anterior implica que en ambos casos es económicamente viable la introducción de la normativa.

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para los camiones, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio.

Gráfico 4: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de camiones.



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los costos y beneficios (barra amarilla) los costos son menores a los beneficios al implementar la nueva normativa para camiones, lo cual implica que la nueva normativa para camiones es, en promedio, económicamente rentable. La única situación donde la nueva normativa puede no ser rentable se produce en el área de intersección entre ambas barras donde los costos y beneficios son entre 304 y 347 MUSD. Cuando los beneficios son mayores a los 347 MUSD la nueva normativa para camiones es siempre rentable.

6.2.1.5 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para camiones se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 27: Beneficios y costos para camiones por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-281	100%	361	262	38%	86%
Estado	0	0%	499	38	53%	13%
Población	0	0%	78	5	8%	2%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías, la fiscalización y los ahorros en combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de camiones son captados principalmente por el sector público (Estado) para el escenario Alto con un 53%, lo sigue el sector privado con un 38% de participación y la población con solo un 8%

Para el caso de beneficios Bajo los beneficios son captados principalmente por el sector privado con un 86%, lo sigue el estado con un 13% y la población con solo un 2%

6.2.1.6 Análisis Unitario

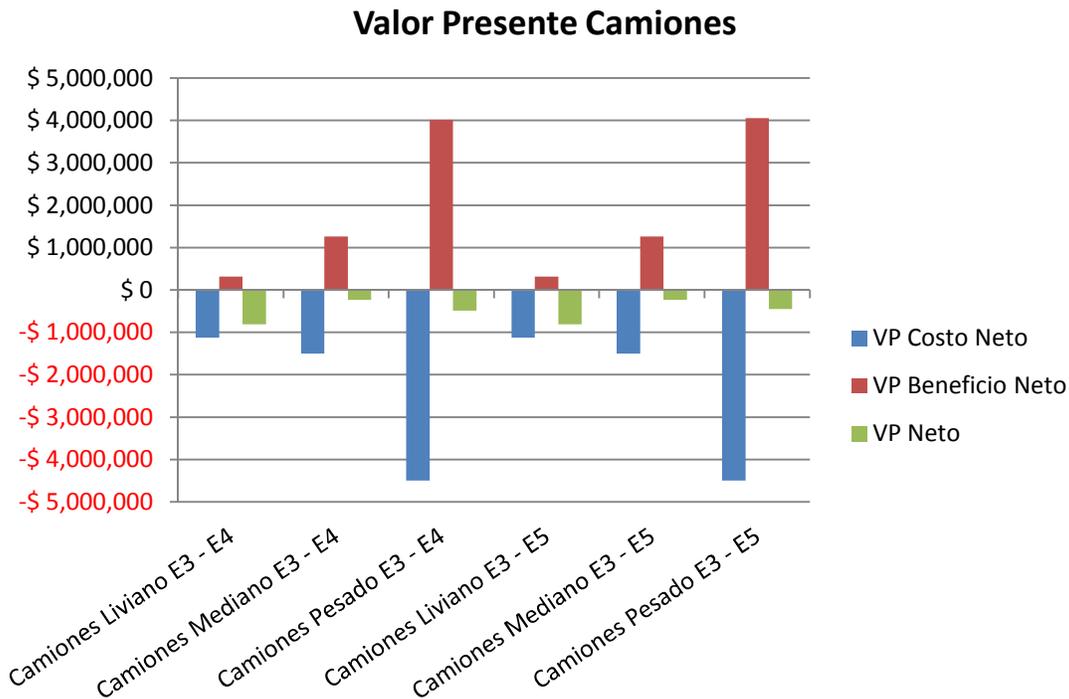
Además del análisis de la rentabilidad total del proyecto, es interesante estudiar la aplicación de la norma en un camión en particular. De este modo se pueden identificar los factores que afectan en la rentabilidad social del proyecto.

El análisis unitario se refiere a analizar los costos y beneficios de la aplicación de la normativa a un camión en particular. Los costos corresponden a; la inversión en el año 0 (costo de la tecnología), los costos de combustible y los costos de fiscalización, de los años 1 a 10.

Este análisis se realiza para cada tipo de camión (Liviano, Mediano y Pesado) y considerando el cambio de una norma EURO III a EURO IV, así como también cambio desde un camión de norma EURO III a uno EURO V.

El siguiente gráfico muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Bajo, y los costos netos, para el escenario Valor Máximo (costos de tecnología más elevados), para un camión de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 5: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario más adverso



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 28: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario más adverso.

	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Camión Liviano E3 - E4	-\$ 1.125.000	\$ 317.281	-\$ 807.719	0,282
Camión Mediano E3 - E4	-\$ 1.500.000	\$ 1.263.623	-\$ 236.377	0,842
Camión Pesado E3 - E4	-\$ 4.500.000	\$ 4.013.621	-\$ 486.379	0,892
Camión Liviano E3 - E5	-\$ 1.125.000	\$ 317.281	-\$ 807.719	0,282
Camión Mediano E3 - E5	-\$ 1.500.000	\$ 1.263.623	-\$ 236.377	0,842
Camión Pesado E3 - E5	-\$ 4.500.000	\$ 4.050.501	-\$ 449.499	0,9

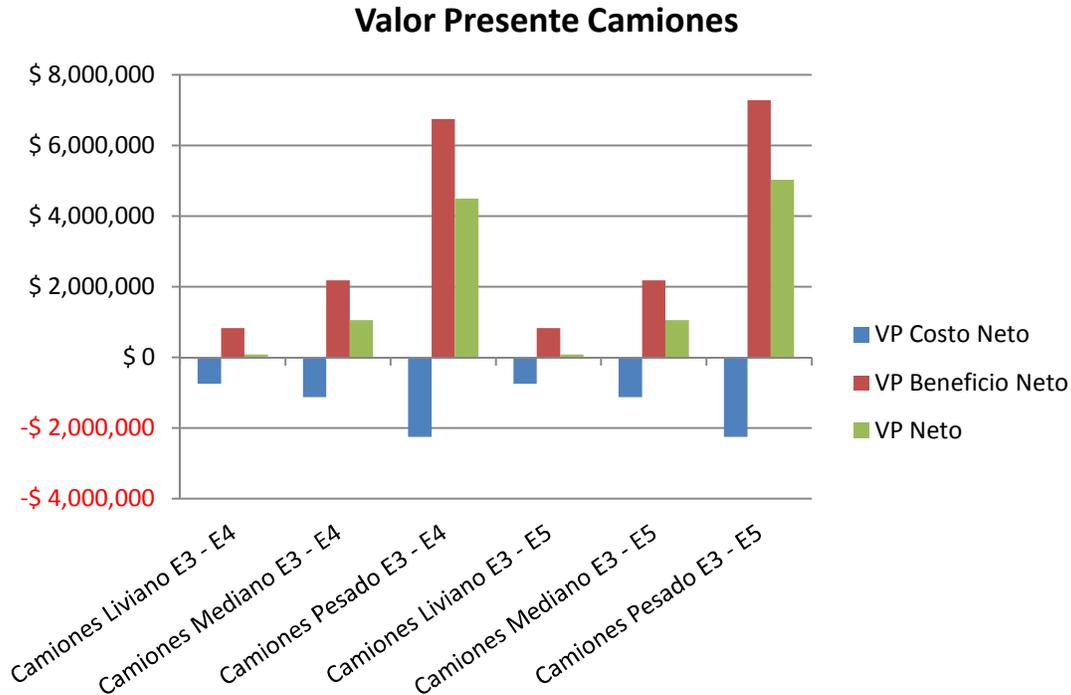
Fuente: Elaboración Propia.

En el escenario descrito (adverso) ningún tipo de camión posee una rentabilidad económica positiva al implementarse la norma de emisiones, en todos los casos los costos son mayores a los beneficios.

Para contrastar el escenario más adverso presentado anteriormente se presenta a continuación un gráfico donde se muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Alto, y los

costos netos, para el escenario Valor Mínimo (costos de tecnología más bajos), para un camión de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 6: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario menos adverso.



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 29: Valor presente para un camión en la Región Metropolitana escenario menos adverso.

	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Camión Liviano E3 - E4	-\$ 750.000	\$ 832.382	\$ 82.382	1,110
Camión Mediano E3 - E4	-\$ 1.125.000	\$ 2.176.093	\$ 1.051.093	1,934
Camión Pesado E3 - E4	-\$ 2.250.000	\$ 6.744.887	\$ 4.494.887	2,998
Camión Liviano E3 - E5	-\$ 750.000	\$ 832.382	\$ 82.382	1,110
Camión Mediano E3 - E5	-\$ 1.125.000	\$ 2.176.093	\$ 1.051.093	1,934
Camión Pesado E3 - E5	-\$ 2.250.000	\$ 7.280.704	\$ 5.030.704	3,236

Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este nuevo escenario la implementación de la norma es económicamente rentable para todos los tipos de camiones, es decir, los beneficios son mayores a los costos.

6.2.2 Buses

La evolución de la normativa para buses se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 30: Evolución de normas para buses – escenario con norma.

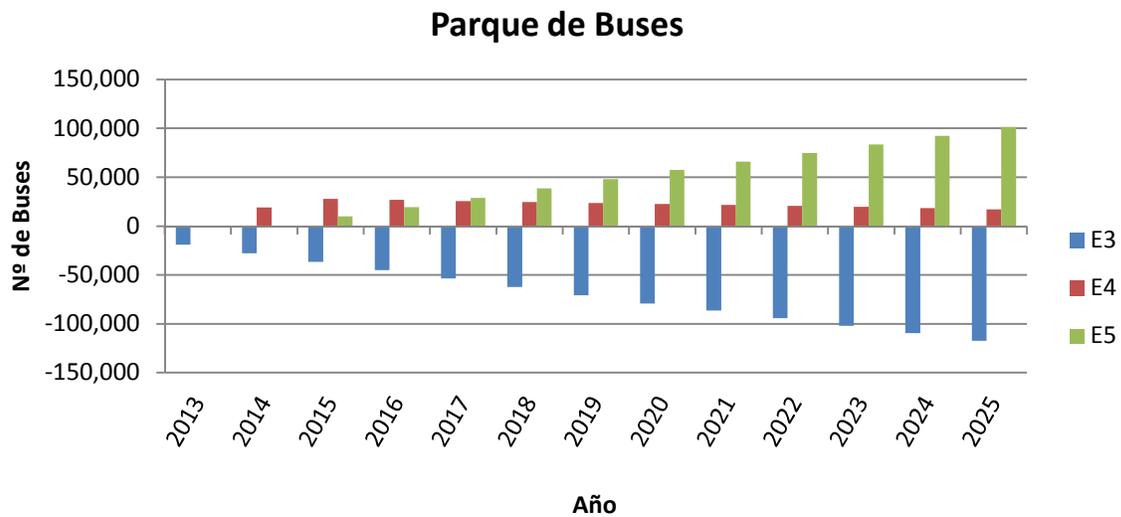
Categoría	Combustible	Zona	2011	2012	2013	2014	2015 - 2025
Buses	Diesel	RM	E3	E3	E4	E4	E5
		Regiones	E3	E3	E4	E4	E5

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2.1 Evolución del Parque de Buses

Debido a la evolución en la normativa de emisiones, el parque de buses variará a lo largo del período de análisis, esto se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 7: Evolución del parque de buses según normas de emisión.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que a partir del año 2014 empieza un reemplazo de buses Euro III por buses Euro IV, luego en el año 2015, comienza la entrada de buses con norma Euro V, reemplazando a buses Euro III, hacia el año 2016 comienza un reemplazo de buses Euro IV por buses Euro V. Finalmente se presenta una tendencia a reemplazar buses Euro III y Euro IV por buses con norma de emisión Euro V.

6.2.2.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.2.2.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 31: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para buses - periodo 2011-2025

Año	GEI				MP2,5			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	28.649.143	28.649.118	-25	0,00%	2.586	2.586	0	0,00%
2012	30.431.237	30.431.219	-17	0,00%	2.626	2.626	0	0,00%
2013	32.146.553	32.213.313	66.760	0,21%	2.452	2.666	214	8,03%
2014	33.897.638	33.995.408	97.770	0,29%	2.393	2.706	313	11,58%
2015	35.652.647	35.777.501	124.853	0,35%	2.333	2.746	413	15,03%
2016	37.366.872	37.518.113	151.241	0,40%	2.277	2.787	510	18,29%
2017	39.081.293	39.258.722	177.429	0,45%	2.222	2.827	606	21,43%
2018	40.795.714	40.999.330	203.617	0,50%	2.166	2.868	702	24,48%
2019	42.510.134	42.739.936	229.802	0,54%	2.110	2.908	798	27,44%
2020	44.224.555	44.480.548	255.993	0,58%	2.055	2.949	894	30,32%
2021	45.510.172	45.788.729	278.557	0,61%	1.986	2.963	977	32,98%
2022	46.794.906	47.096.910	302.004	0,64%	1.914	2.977	1.064	35,73%
2023	48.079.640	48.405.086	325.446	0,67%	1.841	2.991	1.150	38,45%
2024	49.364.374	49.713.272	348.898	0,70%	1.769	3.005	1.237	41,15%
2025	50.649.108	51.021.447	372.339	0,73%	1.696	3.020	1.323	43,82%

Año	NOx				SOx			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	77.390	77.390	0	0,00%	219	219	0	0,00%
2012	81.086	81.086	0	0,00%	232	232	0	0,00%
2013	79.072	84.783	5.711	6,74%	243	246	2	0,92%
2014	80.116	88.479	8.363	9,45%	256	259	3	1,27%
2015	79.403	92.176	12.773	13,86%	268	272	4	1,60%
2016	78.723	95.798	17.075	17,82%	280	285	5	1,88%
2017	78.086	99.420	21.334	21,46%	292	298	6	2,14%
2018	77.449	103.042	25.592	24,84%	304	311	7	2,38%
2019	76.812	106.664	29.851	27,99%	315	324	8	2,59%
2020	76.175	110.286	34.110	30,93%	327	337	9	2,79%
2021	75.046	112.859	37.812	33,50%	336	346	10	2,97%
2022	73.723	115.431	41.708	36,13%	345	356	11	3,14%
2023	72.400	118.004	45.604	38,65%	354	366	12	3,31%
2024	71.077	120.577	49.500	41,05%	362	375	13	3,47%
2025	69.754	123.150	53.396	43,36%	371	385	14	3,62%

Fuente: Elaboración Propia.

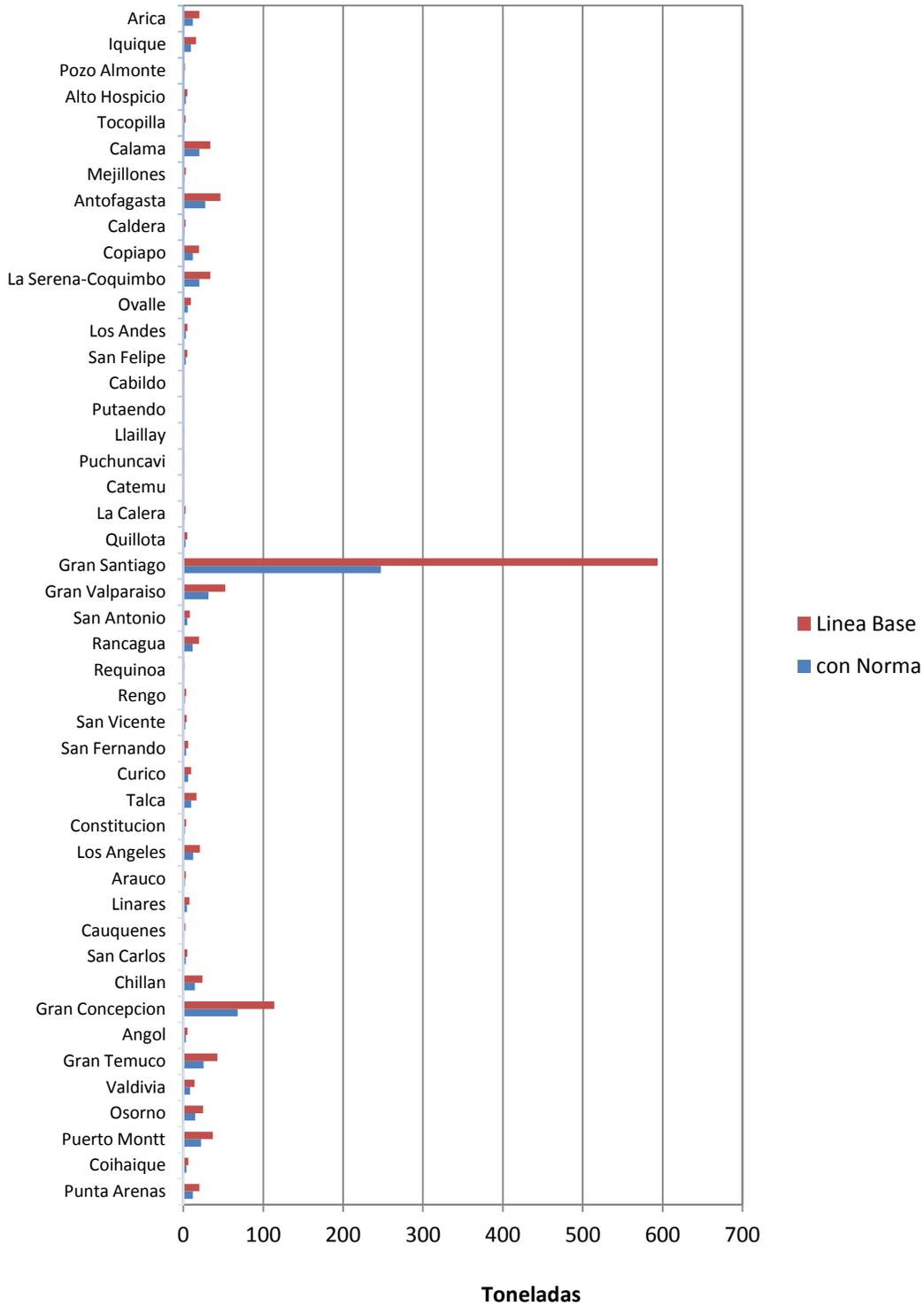
Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el MP2,5 y el NOx, alcanzando el año 2025 una reducción del 43%

para ambos. En cuanto a los SOx la reducción debida a la nueva normativa no es tan significativa y alcanza un 3,6% el año 2025.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es tan significativa y no alcanza a ser de un 1% el año 2025. Esta reducción se genera debido a los menores factores de consumo (grComb/km) que poseen los buses que cumplen con la normativa Euro IV y Euro V con respecto a aquellos buses Euro III.

La reducción de emisiones de MP 2,5 para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 8: Emisiones año 2025 de MP 2,5 generadas por buses para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para buses, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 41% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, para el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 346 toneladas, le siguen Gran Concepción y Gran Valparaíso con un total de 46 y 21 toneladas reducidas respectivamente.

6.2.2.3 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.2.2.3.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de PM2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 32: Casos evitados en todos los centros urbanos debido a la norma de buses.

Enfermedad	Casos
Asma	152
Falla cardioisquémica	305
Enfermedad respiratoria crónica	217
Enfermedad cardiovascular	1.459
Disrritmia	85
Enfermedad cardioisquémica	77
Neumonía	1.003
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	4.183
Mortalidad corto plazo todas las causas	909
Días de actividad restringida menor	10.646.802
Días de actividad restringida	2.826.398
Días de trabajo perdidos	664.399

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la normativa de buses se evitarán un total de 5.092 muertes, al corto y largo plazo.

6.2.2.3.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible, cambio de tecnología y fiscalización (para los valores máximos y mínimos de cada tecnología) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 33: Flujo de costos y beneficios para los buses.

Año	Costos (MUSD)				Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Valor Mínimo	Valor Máximo	Fiscalización	Alto	Bajo
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0
2013	11	-93	-189	0	109	7
2014	16	-43	-88	-0,0511	165	11
2015	21	-43	-88	-0,0012	240	16
2016	25	-42	-85	-0,0023	318	21
2017	30	-42	-85	-0,0019	399	27
2018	35	-42	-85	-0,0017	483	33
2019	40	-42	-85	-0,0020	572	39
2020	45	-42	-85	-0,0019	665	45
2021	49	-36	-73	-0,0014	759	52
2022	53	-38	-76	-0,0025	863	59
2023	57	-38	-76	-0,0007	973	66
2024	62	-38	-76	-0,0020	1.090	74
2025	66	-38	-76	-0,0021	1.214	82

Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar la tabla anterior se nota que los costos de fiscalización, que se generan debido a la compra, por parte de las plantas de revisión técnicas, de equipos de medición con el fin de fiscalizar buses con normativa Euro V, son insignificantes comparados con los costos de tecnología.

También se puede apreciar que la nueva normativa para buses generará un ahorro en combustible, lo cual será un beneficio al implementarse la norma. Este ahorro ocurre debido a que los buses con normativa de emisiones más estrictas son más eficientes en el consumo de combustible.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.2.2.4 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costo que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará en primer lugar el valor recomendado por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 34: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para buses (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	5.009	-618	4.390	8,1
Bajo	632	-618	14	1

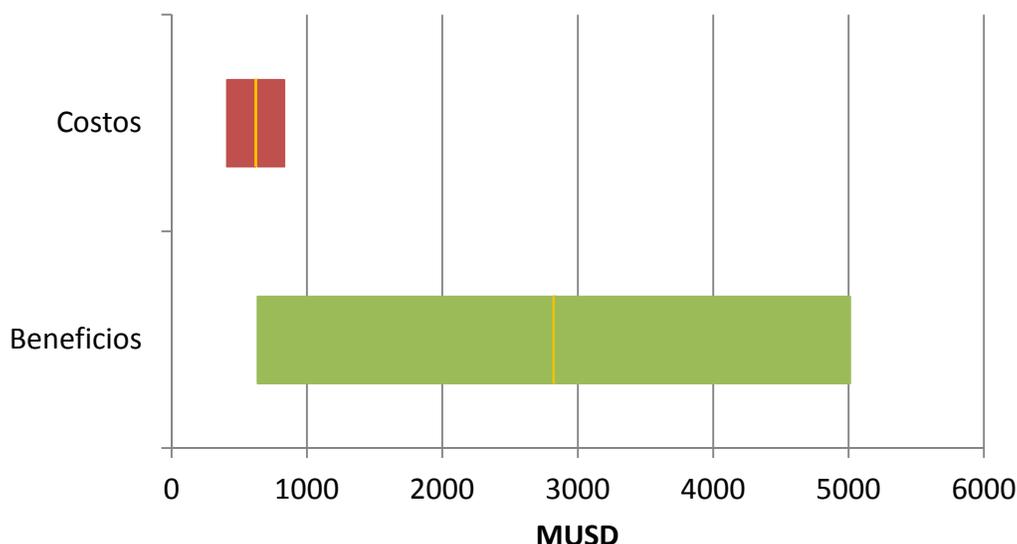
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el caso de beneficios Alto estos son más de 8,1 veces mayores que los costos promedios de la implementación de la normativa para buses, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son iguales a los costos promedios. Lo anterior implica que en ambos casos es económicamente viable la introducción de la normativa.

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para los buses, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio.

Gráfico 9: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de buses.



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los costos y beneficios (barra amarilla) los costos son menores a los beneficios al implementar la nueva normativa para buses, lo cual implica que la nueva normativa de buses es, en promedio, económicamente rentable. La única situación donde la nueva normativa puede no ser rentable se produce en el área de intersección entre ambas barras donde los costos y beneficios son entre 632 y 829 MUSD. Cuando los beneficios son mayores a 829 MUSD la nueva normativa para buses es siempre rentable.

6.2.2.5 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para buses se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 35: Beneficios y costos para buses por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-618	100%	931	340	21%	56%
Estado	0	0%	3.105	228	69%	38%
Población	0	0%	474	34	11%	6%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías, la fiscalización y los ahorros en combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de buses son captados principalmente por el sector público (Estado) para el escenario Alto con un 69%, lo sigue el sector privado con un 21% de participación y la población con un 11%

Para el caso de beneficios Bajo los beneficios son captados principalmente por el sector privado con un 56%, lo sigue el estado con un 38% y la población con solo un 6%

6.2.2.6 Análisis Unitario

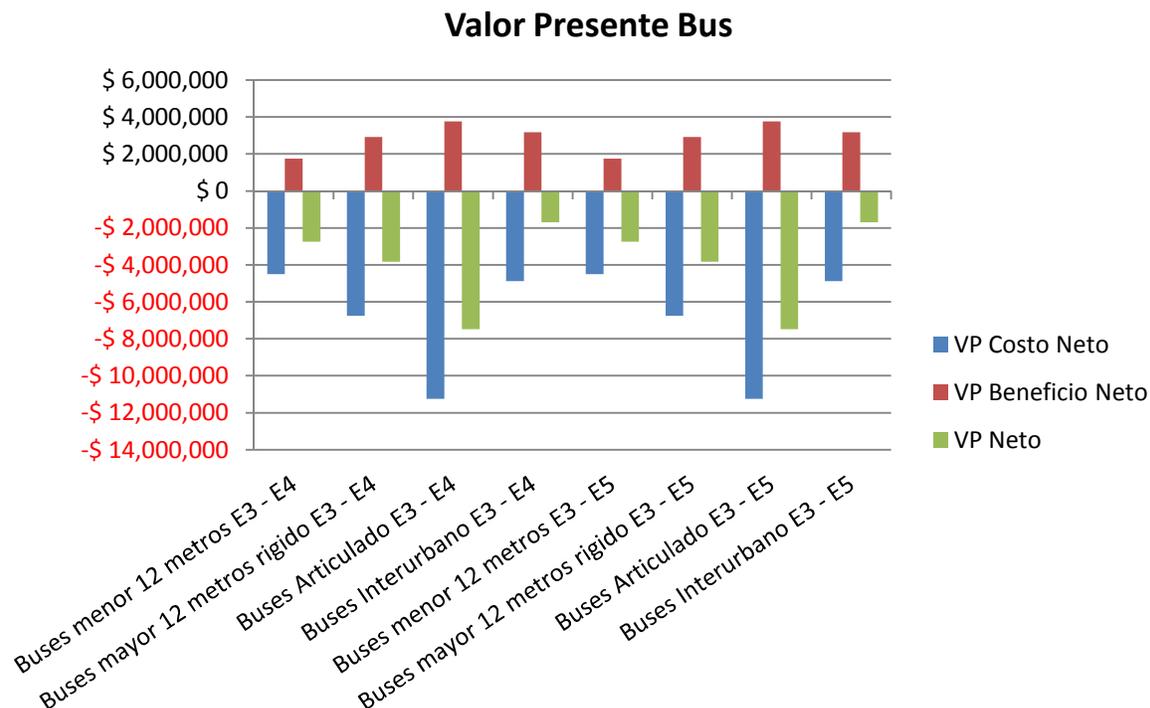
Además del análisis de la rentabilidad total del proyecto, es interesante estudiar la aplicación de la norma en un bus en particular. De este modo se pueden identificar los factores que afectan en la rentabilidad social del proyecto.

El análisis unitario se refiere a analizar los costos y beneficios de la aplicación de la normativa a un bus en particular. Los costos corresponden a la inversión en el año 0 (costo de la tecnología), los costos de combustible y los costos de fiscalización, de los años 1 a 10.

Este análisis se realiza para cada tipo de bus (Menor a 12 metros, Mayor a 12 metros rígido, Articulado e Interurbano) y considerando el cambio de una norma EURO III a EURO IV, así como también cambio desde un bus de norma EURO III a uno EURO V.

El siguiente gráfico muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Bajo, y los costos netos, para el escenario Valor Máximo (costos de tecnología más elevados), para un bus de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 10: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario más adverso.



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 36: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario más adverso.

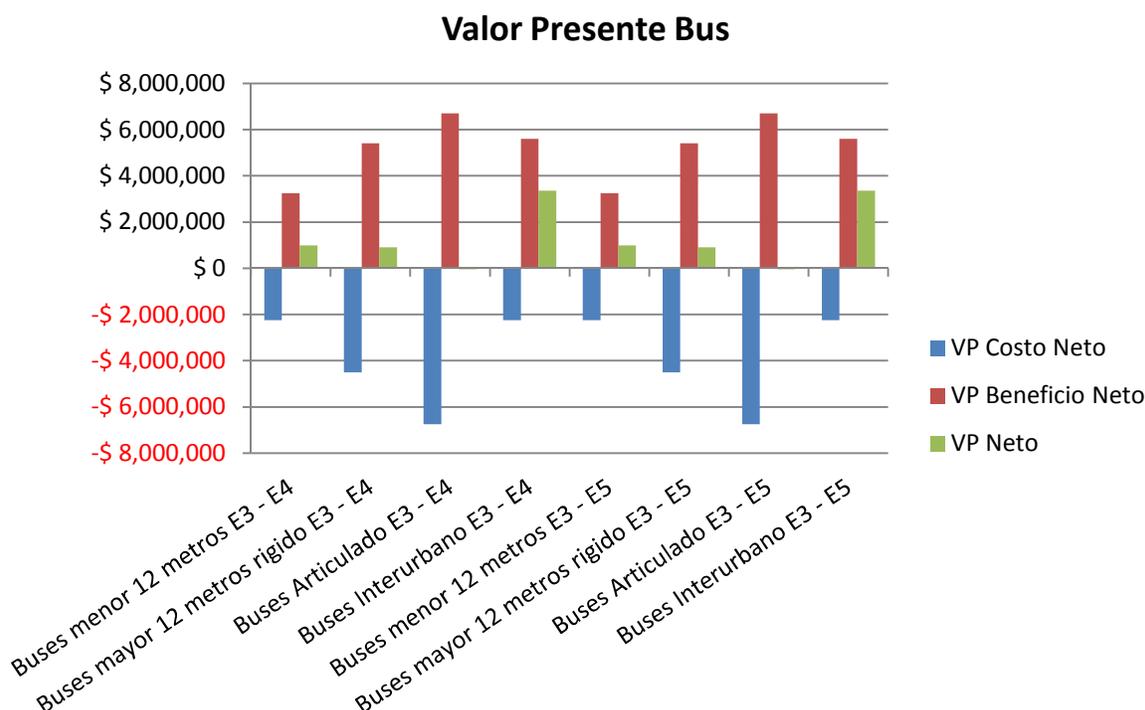
	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Bus Menor 12 metros E3 - E4	-\$ 4,500,000	\$ 1,754,207	-\$ 2,745,793	0.390
Bus Mayor 12 metros rígido E3 - E4	-\$ 6,750,000	\$ 2,923,678	-\$ 3,826,322	0.433
Bus Articulado E3 - E4	-\$ 11,250,000	\$ 3,768,731	-\$ 7,481,269	0.335
Bus Interurbano E3 - E4	-\$ 4,875,000	\$ 3,184,561	-\$ 1,690,439	0.653
Bus Menor 12 metros E3 - E5	-\$ 4,500,000	\$ 1,754,207	-\$ 2,745,793	0.390
Bus Mayor 12 metros rígido E3 - E5	-\$ 6,750,000	\$ 2,923,678	-\$ 3,826,322	0.433
Bus Articulado E3 - E5	-\$ 11,250,000	\$ 3,768,731	-\$ 7,481,269	0.335
Bus Interurbano E3 - E5	-\$ 4,875,000	\$ 3,184,561	-\$ 1,690,439	0.653

Fuente: Elaboración Propia.

En el escenario descrito (adverso) ningún tipo de bus posee una rentabilidad económica positiva al implementarse la norma de emisiones, en todos los casos los costos son mayores a los beneficios.

Para contrastar el escenario más adverso presentado anteriormente se presenta a continuación un gráfico donde se muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Alto, y los costos netos, para el escenario Valor Mínimo (costos de tecnología más bajos), para un bus de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 11: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario menos adverso.



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 37: Valor Presente para un bus en la Región Metropolitana escenario menos adverso.

	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Bus Menor 12 metros E3 - E4	-\$ 2,250,000	\$ 3,242,298	\$ 992,298	1.441
Bus Mayor 12 metros rígido E3 - E4	-\$ 4,500,000	\$ 5,403,830	\$ 903,830	1.201
Bus Articulado E3 - E4	-\$ 6,750,000	\$ 6,709,819	-\$ 40,181	0.994
Bus Interurbano E3 - E4	-\$ 2,250,000	\$ 5,609,804	\$ 3,359,804	2.493
Bus Menor 12 metros E3 - E5	-\$ 2,250,000	\$ 3,242,298	\$ 992,298	1.441
Bus Mayor 12 metros rígido E3 - E5	-\$ 4,500,000	\$ 5,403,830	\$ 903,830	1.201
Bus Articulado E3 - E5	-\$ 6,750,000	\$ 6,709,819	-\$ 40,181	0.994
Bus Interurbano E3 - E5	-\$ 2,250,000	\$ 5,609,804	\$ 3,359,804	2.493

Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este nuevo escenario la implementación de la norma no es económicamente rentable sólo para los buses articulados, pero cabe destacar que son casi iguales. Además genera más beneficios que costos para los otros tres tipos de buses (menor a 12 metros, mayor a 12 metros rígido e interurbano).

6.2.3 Análisis agregado Vehículos Pesados

Debido a que el análisis de Vehículos Pesados es equivalente a “sumar” los resultados de Camiones (Sección 6.2.1) y Buses (Sección 6.2.2) la presente sección solo se centrará en presentar algunas de las secciones detalladas en el análisis específico de Camiones y Buses. En particular, a continuación se presentan los resultados de Beneficios y Costos, Indicadores Económicos y Análisis Distributivo para el agregado de Vehículos Pesados al implementarse la norma en referencia.

6.2.3.1 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible, cambio de tecnología y fiscalización (para los valores máximos y mínimos de cada tecnología) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 38: Flujo de costos y beneficios para vehículos pesados.

Año	Costos (MUSD)				Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Tecnología		Fiscalización	Bajo	Alto
		Valor Mínimo	Valor Máximo			
2011	0	0	0	0	0	0
2012	7	-43	-69	0	1	15
2013	22	-114	-223	0	8	118
2014	30	-65	-122	-0,1380	12	176
2015	39	-65	-122	-0,0030	17	252
2016	47	-61	-116	-0,0060	23	331
2017	55	-61	-115	-0,0045	28	413
2018	63	-61	-115	-0,0045	34	500
2019	71	-61	-115	-0,0045	41	591
2020	79	-61	-115	-0,0045	47	688
2021	86	-55	-103	-0,0030	54	784
2022	94	-56	-106	-0,0060	61	890
2023	101	-56	-106	-0,0015	69	1.003
2024	109	-56	-106	-0,0045	77	1.122
2025	116	-56	-106	-0,0045	86	1.249

Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar la tabla anterior se nota que los costos de fiscalización, que se generan debido a la compra, por parte de las plantas de revisión técnicas, de equipos de medición con el fin de fiscalizar a los Vehículos Pesados con normativa Euro V, son insignificantes comparados con los costos de tecnología.

También se puede apreciar que la nueva normativa para Vehículos Pesados generará un ahorro en combustible, lo cual será un beneficio al implementarse la norma. Este ahorro ocurre debido a que los Vehículos Pesados con normativa de emisiones más estrictas son más eficientes en el consumo de combustible.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.2.3.2 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costos que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará en primer lugar el valor recomendado por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 39: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para Vehículos Pesados (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	5.447	-900	4.548	6.1
Bajo	908	-900	8	1.0

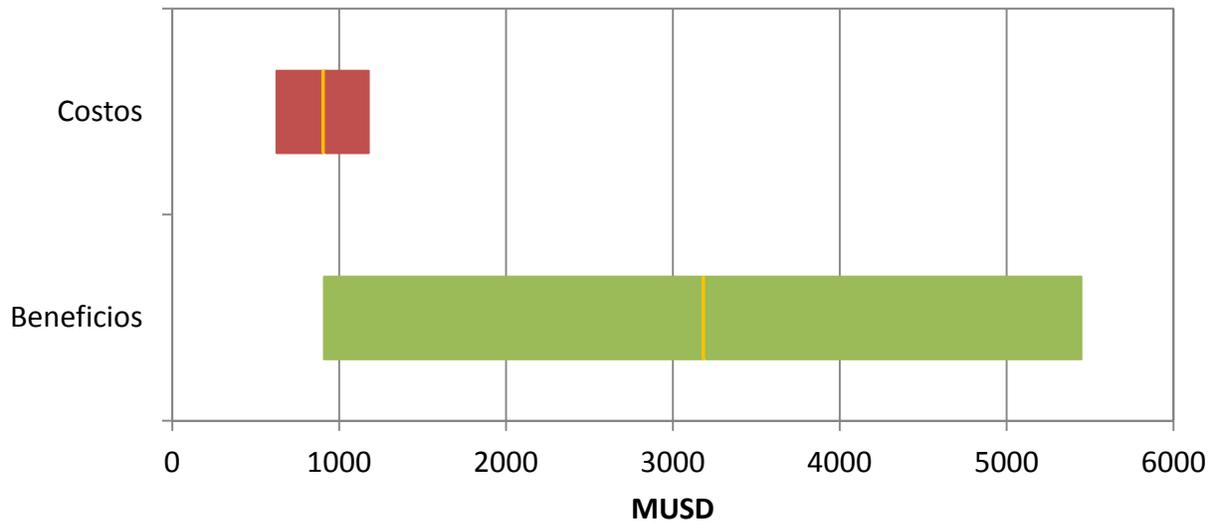
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el escenario de beneficios Alto estos son más de 6.1 veces mayores que los costos promedios de la implementación de la normativa para Vehículos Pesados, por su parte para el escenario de beneficios Bajo estos son iguales a los costos promedios. Lo anterior implica que en ambos casos es económicamente viable la introducción de la normativa.

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para Vehículos Pesados, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio.

Gráfico 12: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de Vehículos Pesados



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los costos y beneficios (barra amarilla) los costos son menores a los beneficios al implementar la nueva normativa para buses, lo cual implica que la nueva normativa de buses es, en promedio, económicamente rentable. La única situación donde la nueva normativa puede no ser rentable se produce en el área de intersección entre ambas barras donde los costos y beneficios son entre 908 y 1.175 MUSD. Cuando los beneficios son mayores a 1.175 MUSD la nueva normativa para Vehículos Pesados es siempre rentable.

6.2.3.3 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para Vehículos Pesados se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 40: Beneficios y costos para Vehículos Pesados por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-900	100%	1.292	602	24%	66%
Estado	0	0%	3.604	266	66%	29%
Población	0	0%	552	40	10%	4%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías, la fiscalización y los ahorros en combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de Vehículos Pesados son captados principalmente por el Estado para el escenario Alto con un 66% mientras que es seguido por el sector privado con un 24% de participación y la Población posee un 10% de los beneficios.

Para el escenario de beneficios Bajo los beneficios son captados principalmente por el sector privado con un 66%, lo sigue el Estado con un 29% y la Población con solo un 4%.

6.3 Vehículos Livianos y Medianos

Los vehículos con clasificación de Livianos y Medianos, ambos tomados como conjunto, se subdividen en Particulares y Taxis. A continuación, las secciones 6.3.1 y 6.3.2 presentan el detalle de los resultados para cada uno de ellos. Adicionalmente, las Secciones 6.3.3 y 6.3.4 presentan los resultados individuales correspondientes a vehículos livianos por un lado y por el otro, a vehículos medianos.

6.3.1 Particulares

La evolución de la normativa para vehículos particulares se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 41: Evolución de normas para vehículos particulares– escenario con norma.

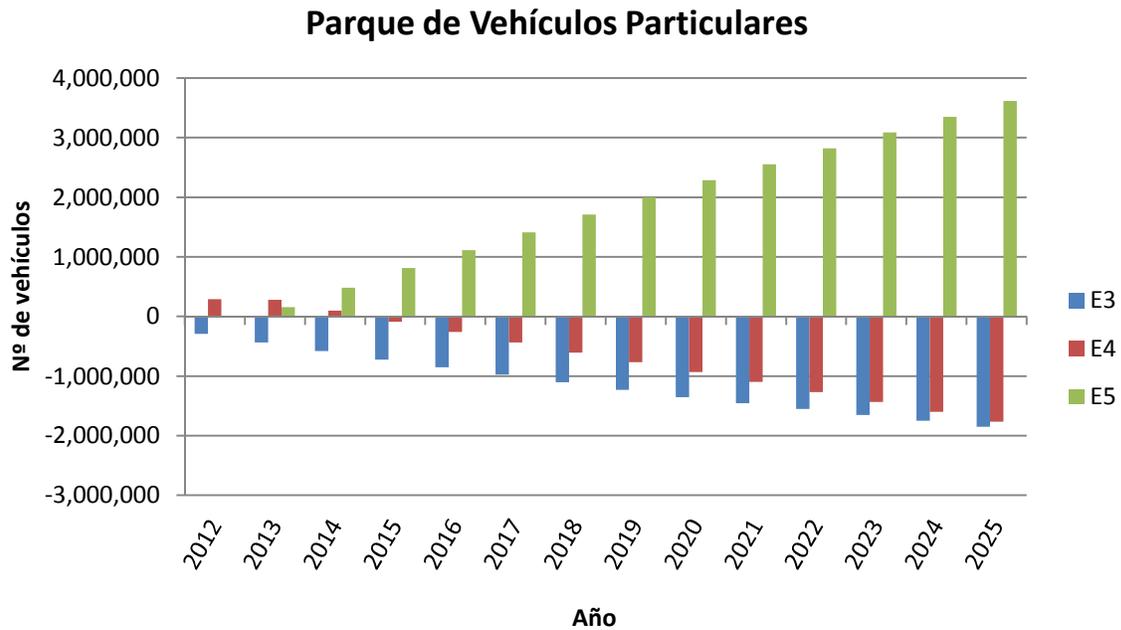
Categoría	Combustible	Zona	2011	2012	2013	2014	2015 - 2025
Livianos y Medianos	Gasolina	RM	E4	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
	Diesel	RM	E4	E4	E5	E5	E5
		Regiones	E4	E4	E5	E5	E5

Fuente: Elaboración Propia.

6.3.1.1 Evolución del Parque Vehículos Particulares

Debido a la evolución en la normativa de emisiones el parque de vehículos particulares variará a lo largo del período de análisis, esto se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 13: Evolución del parque de vehículos particulares según normas de emisión.



Se puede apreciar que a partir del año 2012 empieza un reemplazo de vehículos particulares Euro III por vehículos particulares Euro IV, luego en el año 2013, comienza la entrada de vehículos particulares con norma Euro V, reemplazando a aquellos Euro III, hacia el año 2015 comienza un reemplazo de vehículos particulares Euro IV por vehículos particulares Euro V. Finalmente se presenta una tendencia a reemplazar vehículos particulares Euro III y Euro IV por aquellos con norma de emisión Euro V.

6.3.1.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.3.1.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 42: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para vehículos particulares - periodo 2011-2025

Año	GEI				MP2,5			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	1.050.428.787	1.050.428.787	0	0,00%	908	908	0	0,00%
2012	1.080.753.906	1.080.865.356	111.450	0,01%	965	965	0	0,00%
2013	1.111.134.750	1.111.301.925	167.175	0,02%	910	1.023	113	11,03%
2014	1.141.349.197	1.141.738.494	389.296	0,03%	855	1.080	226	20,88%
2015	1.171.563.645	1.172.175.063	611.418	0,05%	800	1.138	338	29,73%
2016	1.201.213.777	1.202.024.909	811.133	0,07%	760	1.204	444	36,88%
2017	1.230.863.908	1.231.874.756	1.010.848	0,08%	720	1.270	550	43,29%
2018	1.260.514.040	1.261.724.602	1.210.562	0,10%	680	1.336	656	49,07%
2019	1.290.173.897	1.291.574.449	1.400.552	0,11%	641	1.402	761	54,30%
2020	1.319.833.754	1.322.257.905	2.424.151	0,18%	601	1.468	867	59,07%
2021	1.348.244.801	1.350.825.373	2.580.572	0,19%	570	1.547	977	63,15%
2022	1.376.655.848	1.379.392.841	2.736.993	0,20%	539	1.626	1.087	66,84%
2023	1.405.066.895	1.407.960.309	2.893.414	0,21%	508	1.704	1.196	70,19%
2024	1.433.480.281	1.436.527.777	3.047.497	0,21%	477	1.783	1.306	73,24%
2025	1.461.893.666	1.465.095.245	3.201.579	0,22%	446	1.862	1.415	76,03%

Año	NOx				SOx			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	39.368	39.368	0	0,00%	576	576	0	0,00%
2012	39.690	39.802	113	0,28%	594	593	-1	-0,15%
2013	39.104	40.237	1.133	2,82%	611	609	-1	-0,21%
2014	38.455	40.672	2.217	5,45%	628	626	-2	-0,27%
2015	37.805	41.107	3.302	8,03%	645	643	-2	-0,33%
2016	37.726	42.028	4.302	10,24%	662	660	-2	-0,38%
2017	37.647	42.949	5.302	12,35%	680	677	-3	-0,42%
2018	37.567	43.870	6.303	14,37%	698	695	-3	-0,47%
2019	37.492	44.791	7.299	16,30%	716	712	-4	-0,51%
2020	37.416	46.163	8.746	18,95%	734	731	-2	-0,31%
2021	38.495	48.231	9.736	20,19%	755	752	-3	-0,34%
2022	39.573	50.299	10.726	21,32%	775	773	-2	-0,37%
2023	40.651	52.367	11.716	22,37%	796	793	-3	-0,40%
2024	41.730	54.435	12.705	23,34%	817	814	-3	-0,43%
2025	42.809	56.503	13.694	24,24%	838	835	-3	-0,45%

Fuente: Elaboración Propia.

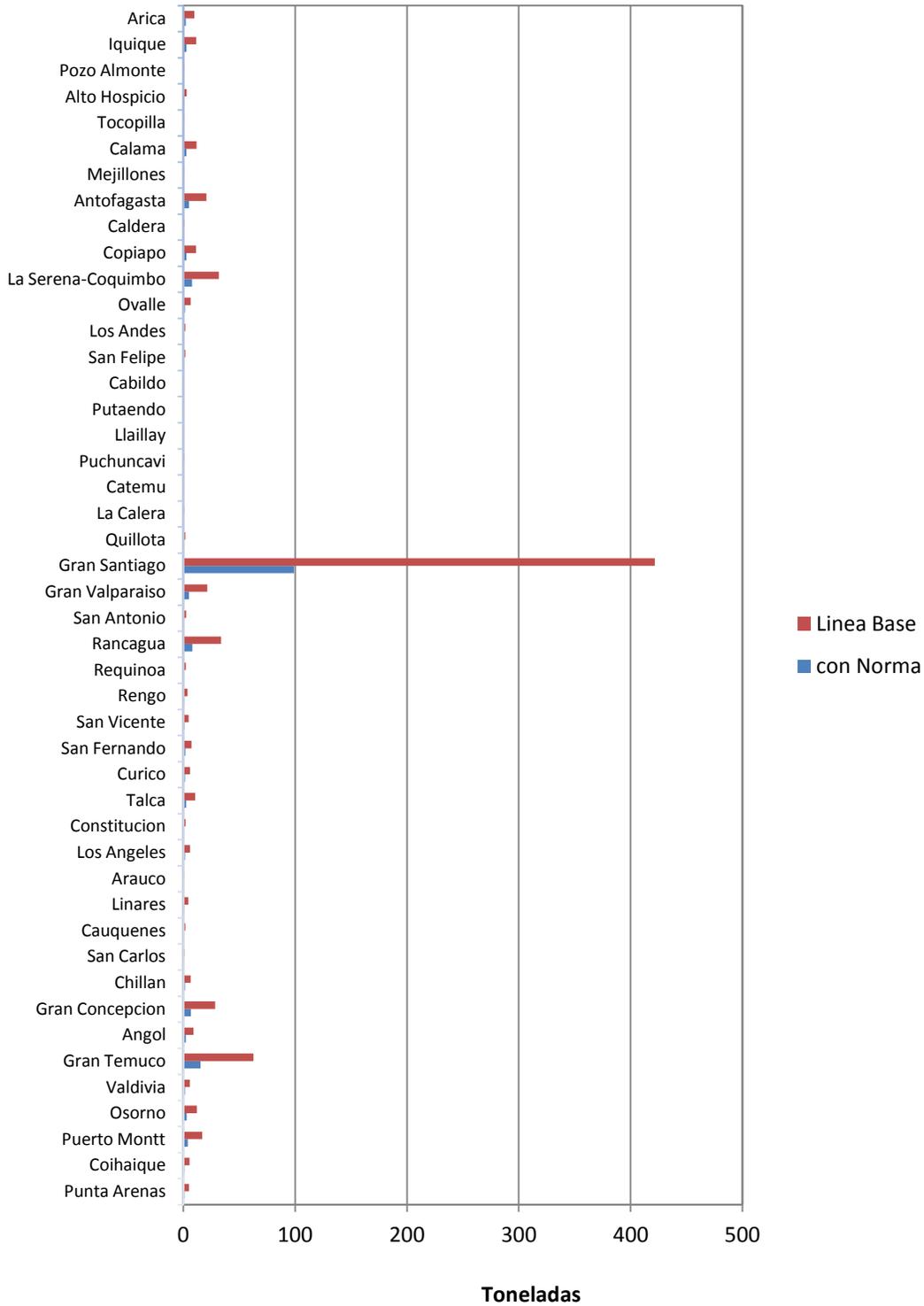
Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el MP2,5 y el NOx, alcanzando el año 2025 una reducción del 76% y

24% respectivamente. En cuanto a los SOx existe un pequeño aumento en las emisiones el año 2025, debido por debido al aumento en el consumo de combustible.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es significativa y no alcanza a ser de un 0,5% el año 2025. Si bien aumenta el consumo de combustible y por lo tanto se produce un aumento en las emisiones de CO2, no sucede lo mismo para CH4 que tiene un mayor aporte en GEI, lográndose en lo global una reducción pequeña.

La reducción de emisiones de MP2,5 para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 14: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas por vehículos particulares para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para vehículos particulares, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 76% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, para el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 323 toneladas, le siguen Gran Temuco y Rancagua con un total de 48 y 26 toneladas reducidas respectivamente al año 2025.

6.3.1.3 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.3.1.3.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de MP2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 43: Casos evitados debido a la norma de vehículos particulares.

Enfermedad	Casos
Asma	87
Falla cardioisquémica	169
Enfermedad respiratoria crónica	119
Enfermedad cardiovascular	904
Disrritmia	60
Enfermedad cardioisquémica	51
Neumonía	588
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	2.674
Mortalidad corto plazo todas las causas	581
Días de actividad restringida menor	6.922.876
Días de actividad restringida	1.837.810
Días de trabajo perdidos	450.027

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la normativa de vehículos particulares se evitarán un total de 3.255 muertes, al corto y largo plazo.

6.3.1.3.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible y cambio de tecnología (costos incrementales) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 44: Flujo de costos y beneficios para los vehículos particulares.

Año	Costos (MUSD)		Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Tecnología	Alto	Bajo
2011	0	0	0	0
2012	-2	-17	1	0
2013	-3	-61	48	3
2014	-4	-64	97	7
2015	-5	-64	150	10
2016	-5	-59	199	13
2017	-6	-59	250	17
2018	-7	-59	304	21
2019	-8	-59	361	25
2020	1	-59	425	29
2021	0	-58	492	34
2022	0	-58	563	38
2023	-1	-58	638	43
2024	-1	-58	718	49
2025	-2	-58	803	55

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la nueva normativa para vehículos particulares generará un costo en combustible, sin embargo este costo es bastante menor al costo de tecnología.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.3.1.4 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costos que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará el valor requerido por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 45: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para vehículos particulares (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	3,031	-609	2,422	5.0
Bajo	235	-609	-374	0.4

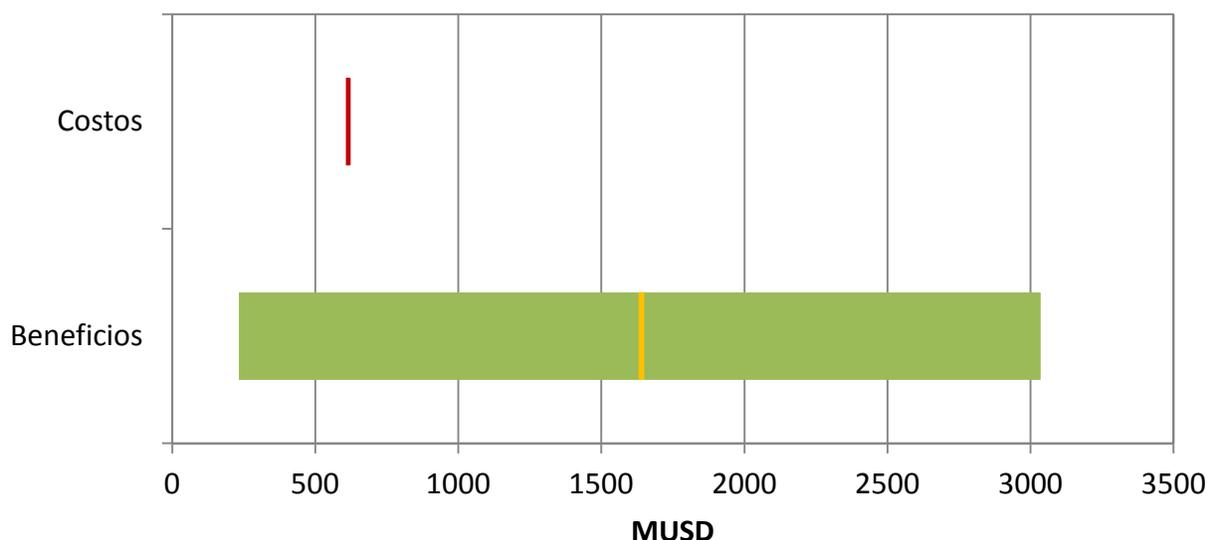
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el escenario de beneficios Alto estos son 5 veces los costos promedios de la implementación de la normativa para vehículos particulares, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son 0.4 veces los costos promedios. Lo anterior implica que en el escenario de beneficios Alto, la introducción de la normativa es, en términos económicos – sociales, viable mientras que en el escenario de beneficios Bajo, los costos son mayores a los beneficios sociales (Razón B/C < 1).

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para los vehículos particulares, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio. Para los costos, solo existe un valor medio.

Gráfico 15: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de vehículos particulares.



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los beneficios (barra amarilla) los beneficios son mayores a los costos al implementar la nueva normativa para vehículos particulares, lo cual implica que la implementación de la nueva normativa de vehículos particulares es, en promedio,

económicamente rentable. La única situación donde la nueva normativa puede no ser rentable se produce cuando los beneficios son menores a 609 MUSD.

6.3.1.5 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para vehículos particulares se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 46: Beneficios y costos para vehículos particulares por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-609	100%	794	62	26%	26%
Estado	0	0%	1.899	150	63%	64%
Población	0	0%	339	23	11%	10%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías y el costo de combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de vehículos particulares son captados principalmente por el Estado para el escenario Alto y Bajo con un 63% y 64% respectivamente, lo sigue el sector Privado con un 26% de participación en ambos escenarios y el Estado con un 11% y 10% respectivamente.

6.3.1.6 Análisis Unitario

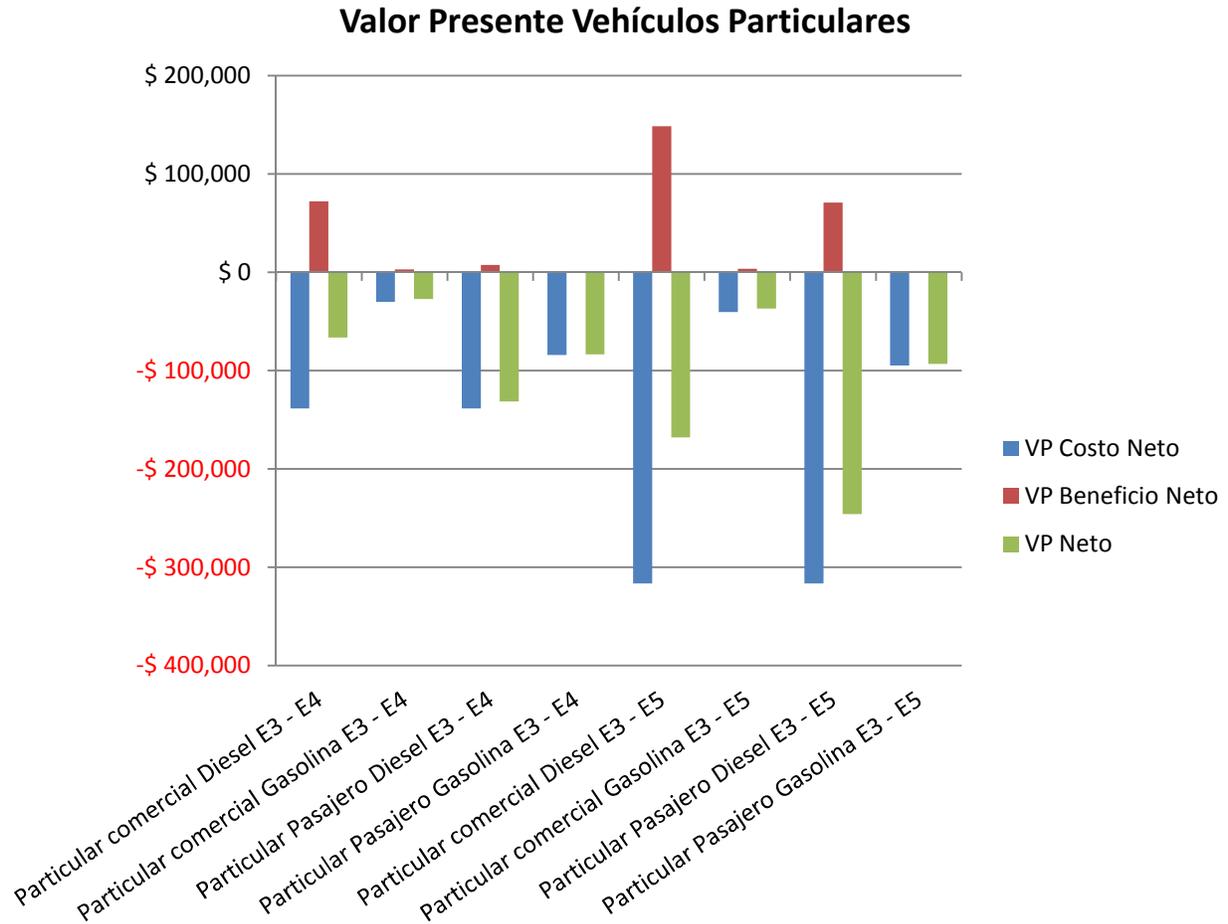
Además del análisis de la rentabilidad total del proyecto, es interesante estudiar la aplicación de la norma en un solo vehículo particular. De este modo se pueden identificar los factores que afectan en la rentabilidad social del proyecto.

El análisis unitario se refiere a analizar los costos y beneficios de la aplicación de la normativa a un vehículo particular. Los costos corresponden a la inversión en el año 0 (costo de la tecnología) y los costos de combustible, de los años 1 a 10.

Este análisis se realiza para cada tipo de vehículo particular (pasajeros diesel, pasajeros gasolina, comercial diesel y comercial gasolina) y considerando el cambio de una norma EURO III a EURO IV, así como también cambio desde un vehículo particular de norma EURO III a uno EURO V.

El siguiente gráfico muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Bajo, y los costos netos, para un vehículo particular de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 16: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 47: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo

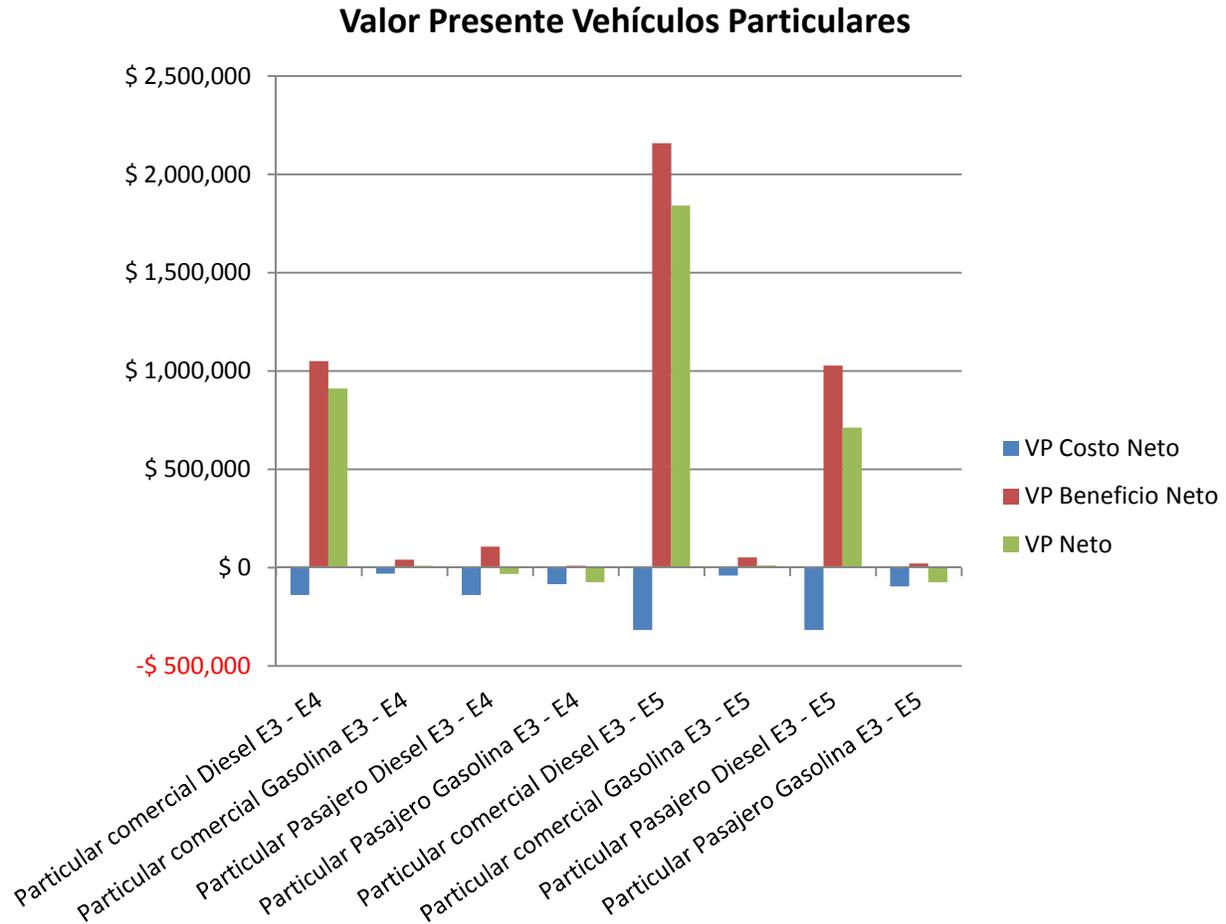
	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Particular comercial Diesel E3 - E4	-\$ 138.506	\$ 72.256	-\$ 66.250	0,522
Particular comercial Gasolina E3 - E4	-\$ 30.018	\$ 2.813	-\$ 27.206	0,094
Particular Pasajero Diesel E3 - E4	-\$ 138.506	\$ 7.333	-\$ 131.173	0,053
Particular Pasajero Gasolina E3 - E4	-\$ 84.147	\$ 707	-\$ 83.440	0,008
Particular comercial Diesel E3 - E5	-\$ 316.510	\$ 148.543	-\$ 167.967	0,469
Particular comercial Gasolina E3 - E5	-\$ 40.551	\$ 3.580	-\$ 36.971	0,088
Particular Pasajero Diesel E3 - E5	-\$ 316.510	\$ 70.781	-\$ 245.729	0,224
Particular Pasajero Gasolina E3 - E5	-\$ 94.679	\$ 1.456	-\$ 93.223	0,015

Fuente: Elaboración Propia.

En el escenario descrito (Beneficios Bajo) ningún tipo de vehículo particular posee una rentabilidad económica positiva al implementarse la norma de emisiones, en todos los casos los costos son mayores a los beneficios.

Para contrastar el escenario más adverso presentado anteriormente se presenta a continuación un gráfico donde se muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Alto, y los costos netos, para un vehículo particular de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 17: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario de beneficios Alto



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 48: Valor Presente para un vehículo particular en la Región Metropolitana escenario menos adverso.

	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Particular comercial Diesel E3 - E4	-\$138.506	\$1.049.764	\$911.258	7,579
Particular comercial Gasolina E3 - E4	-\$30.018	\$40.864	\$10.845	1,361
Particular Pasajero Diesel E3 - E4	-\$138.506	\$106.541	-\$31.965	0,769
Particular Pasajero Gasolina E3 - E4	-\$84.147	\$10.266	-\$73.880	0,122
Particular comercial Diesel E3 - E5	-\$316.510	\$2.158.101	\$1.841.592	6,818
Particular comercial Gasolina E3 - E5	-\$40.551	\$52.008	\$11.457	1,283
Particular Pasajero Diesel E3 - E5	-\$316.510	\$1.028.341	\$711.832	3,249
Particular Pasajero Gasolina E3 - E5	-\$94.679	\$21.160	-\$73.519	0,223

Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este nuevo escenario la implementación de la norma es económicamente rentable para todos los vehículos analizados exceptuando los vehículos particulares de pasajeros de combustible diesel y gasolina al pasar de la norma Euro III a Euro IV y los vehículos particulares de pasajero con combustible a gasolina al pasar de la norma Euro III a Euro V.

6.3.2 Taxis

La evolución de la normativa para vehículos particulares que se estudia en este estudio se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 49: Evolución de normas para taxis – escenario con norma.

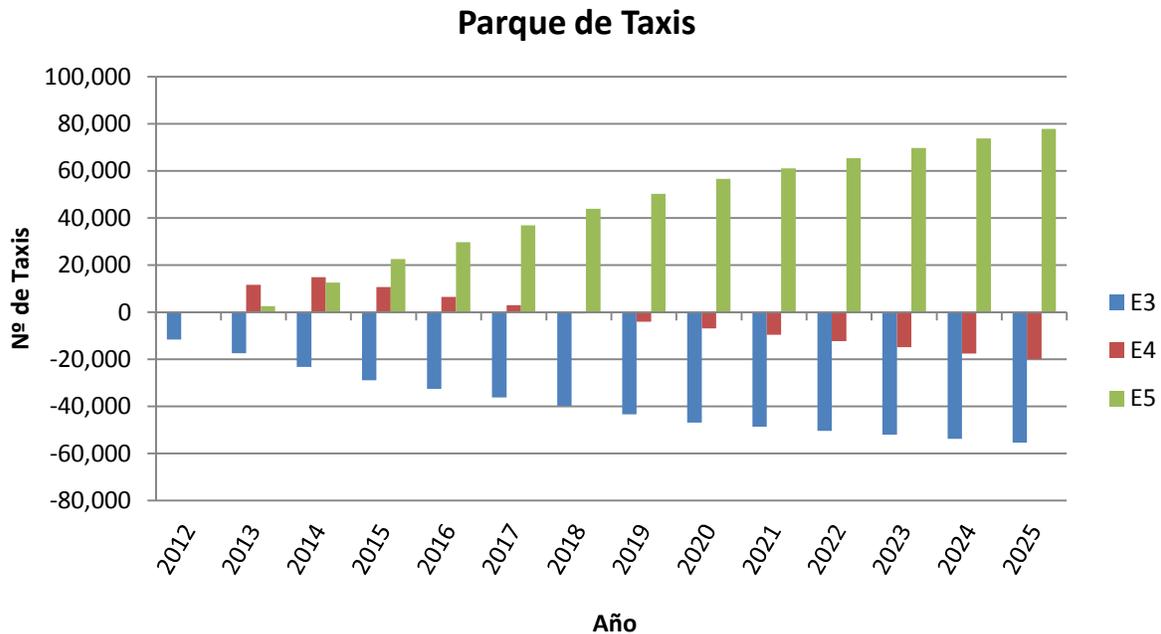
Categoría	Combustible	Zona	2011	2012	2013	2014	2015 - 2025
Livianos y Medianos	Gasolina	RM	E4	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
	Diesel	RM	E4	E4	E5	E5	E5
		Regiones	E4	E4	E5	E5	E5

Fuente: Elaboración Propia.

6.3.2.1 Evolución del Parque de Taxis

Debido a la evolución en la normativa de emisiones, el parque de vehículos livianos variará a lo largo del período de análisis, esto se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 18: Evolución del parque de taxis según normas de emisión.



Fuente: Elaboración Propia

6.3.2.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.3.2.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 50: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para taxis - periodo 2011-2025

Año	GEI				MP2,5			
	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %		Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %	
2011	68.167.383	68.167.383	0	0,00%	19	19	0	-0,84%
2012	68.487.744	68.496.166	8.422	0,01%	21	21	0	-0,70%
2013	68.812.316	68.824.950	12.633	0,02%	19	22	3	13,25%
2014	69.123.451	69.153.733	30.282	0,04%	17	23	6	25,77%
2015	69.434.585	69.482.516	47.931	0,07%	16	25	9	36,83%
2016	69.611.063	69.671.012	59.949	0,09%	15	26	11	43,73%
2017	69.787.541	69.859.508	71.967	0,10%	14	27	14	49,90%
2018	69.964.019	70.048.004	83.985	0,12%	13	29	16	55,55%
2019	70.141.859	70.236.500	94.641	0,13%	12	30	18	60,68%
2020	70.319.700	70.424.990	105.290	0,15%	11	31	21	65,30%
2021	70.283.092	70.394.227	111.134	0,16%	10	33	23	68,67%
2022	70.246.485	70.363.469	116.984	0,17%	10	35	25	71,72%
2023	70.209.877	70.332.709	122.831	0,17%	9	36	27	74,50%
2024	70.173.760	70.301.947	128.188	0,18%	9	38	29	77,04%
2025	70.137.642	70.271.601	133.958	0,19%	8	39	31	79,39%

Año	NOx				SOx			
	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %		Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %	
2011	1.413	1.413	0	0,00%	29	29	-0.2	-0,55%
2012	1.334	1.341	8	0,58%	29	29	-0.2	-0,75%
2013	1.238	1.270	32	2,50%	29	29	-0.3	-0,95%
2014	1.138	1.199	61	5,09%	29	29	-0.3	-1,09%
2015	1.037	1.127	90	8,00%	29	29	-0.3	-1,20%
2016	990	1.101	111	10,10%	29	29	-0.4	-1,38%
2017	942	1.075	132	12,31%	29	29	-0.4	-1,39%
2018	895	1.048	153	14,63%	29	29	-0.4	-1,41%
2019	848	1.022	174	17,01%	29	29	-0.4	-1,50%
2020	801	996	194	19,52%	29	29	-0.4	-1,32%
2021	804	1.015	211	20,81%	30	29	-0.4	-1,35%
2022	806	1.034	228	22,06%	30	29	-0.4	-1,39%
2023	808	1.053	245	23,26%	30	29	-0.4	-1,39%
2024	811	1.073	262	24,39%	30	29	-0.4	-1,46%
2025	814	1.092	278	25,50%	30	30	-0.4	-1,50%

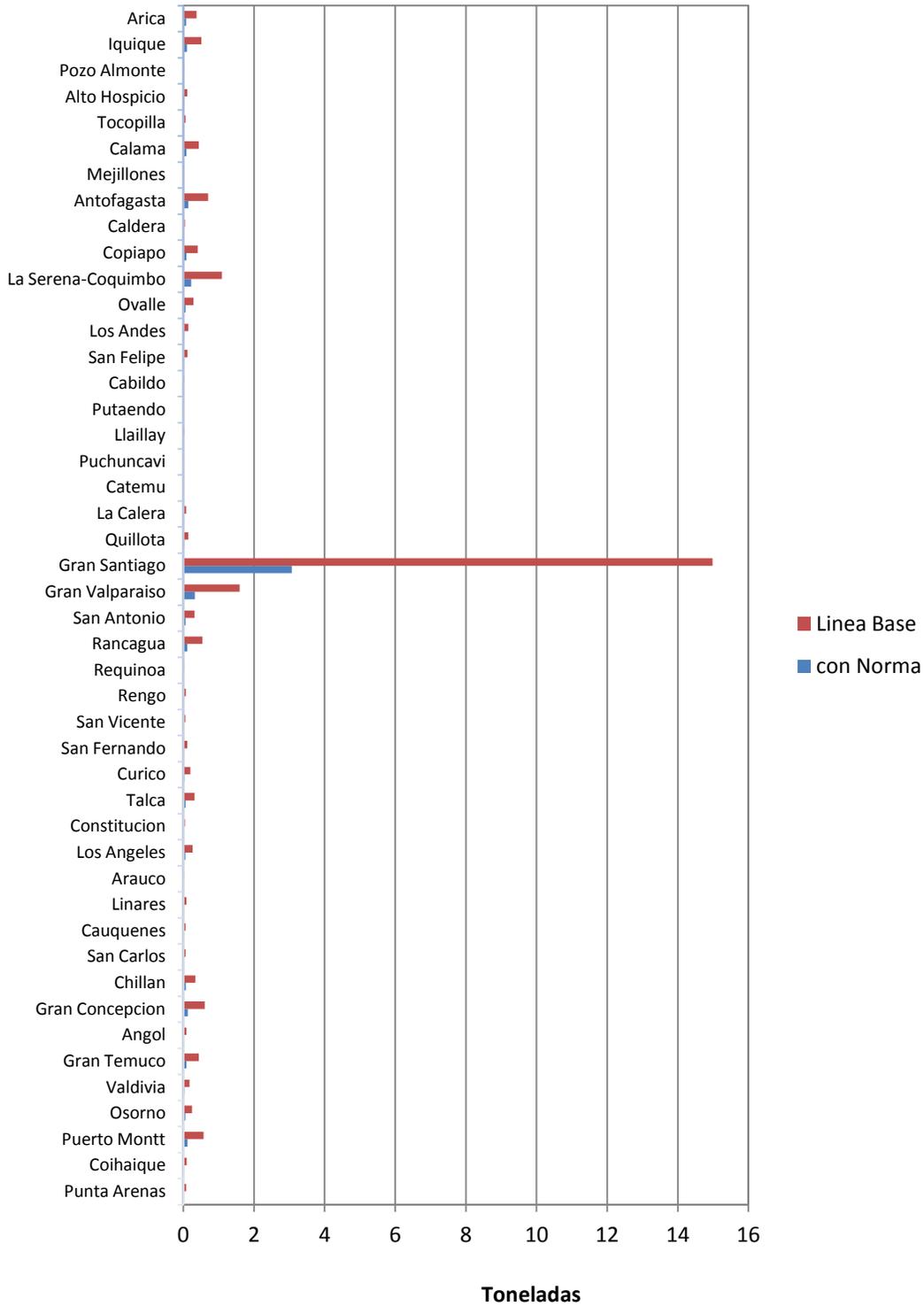
Fuente: Elaboración Propia.

Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el MP2,5 y el NOx, alcanzando el año 2025 una reducción del 79% y 26% respectivamente. En cuanto a los SOx existe un pequeño aumento en las emisiones el año 2025, debido por debido al aumento en el consumo de combustible.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es significativa y no alcanza a ser de un 0,5% el año 2025. Si bien aumenta el consumo de combustible y por lo tanto se produce un aumento en las emisiones de CO2, no sucede lo mismo para CH4 que tiene un mayor aporte en GEI, lográndose en lo global una reducción pequeña.

La reducción de emisiones de MP2,5 para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 19: Emisiones año 2025 de MP 2.5 generadas por taxis para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para taxis, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 79% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, para el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 12 toneladas, le siguen Gran Valparaíso y La Serena-Coquimbo con un total de 1,27 y 0,87 toneladas reducidas respectivamente.

6.3.2.3 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.3.2.3.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de MP2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 51: Casos evitados debido a la norma de taxis en todos los centros urbanos.

Enfermedad	Casos
Asma	4
Falla cardioisquémica	8
Enfermedad respiratoria crónica	5
Enfermedad cardiovascular	37
Disrritmia	2
Enfermedad cardioisquémica	2
Neumonía	25
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	117
Mortalidad corto plazo todas las causas	26
Días de actividad restringida menor	296.322
Días de actividad restringida	78.664
Días de trabajo perdidos	18.532

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la normativa de taxis se evitarán un total de 143 muertes, al corto y largo plazo.

6.3.2.3.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible y cambio de tecnología y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 52: Flujo de costos y beneficios para taxis.

Año	Costos (MUSD)		Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Tecnología	Alto	Bajo
2011	0,0	0	0,0	0,0
2012	0,3	-0,7	0,2	0,0
2013	0,5	-1,2	2,4	0,2
2014	0,6	-1,4	4,9	0,3
2015	0,8	-1,4	7,5	0,5
2016	0,8	-1,0	9,5	0,6
2017	0,9	-1,0	11,6	0,8
2018	1,0	-1,0	13,8	0,9
2019	1,1	-1,0	16,1	1,1
2020	1,2	-1,0	18,5	1,3
2021	1,3	-0,8	21,1	1,4
2022	1,3	-0,8	23,8	1,6
2023	1,4	-0,8	26,7	1,8
2024	1,4	-0,8	29,8	2,0
2025	1,4	-0,8	33,0	2,3

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la nueva normativa para taxis generará un ahorro en combustible, lo cual será un beneficio al implementarse la norma. Este ahorro ocurre debido a que los taxis con normativa de emisiones más estrictas son más eficientes en el consumo de combustible.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.3.2.4 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costos que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará el valor recomendado por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 53: Valor Presente por tipo y escenario de beneficios para taxis (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	140	-10	131	14,7
Bajo	18	-10	8	1,9

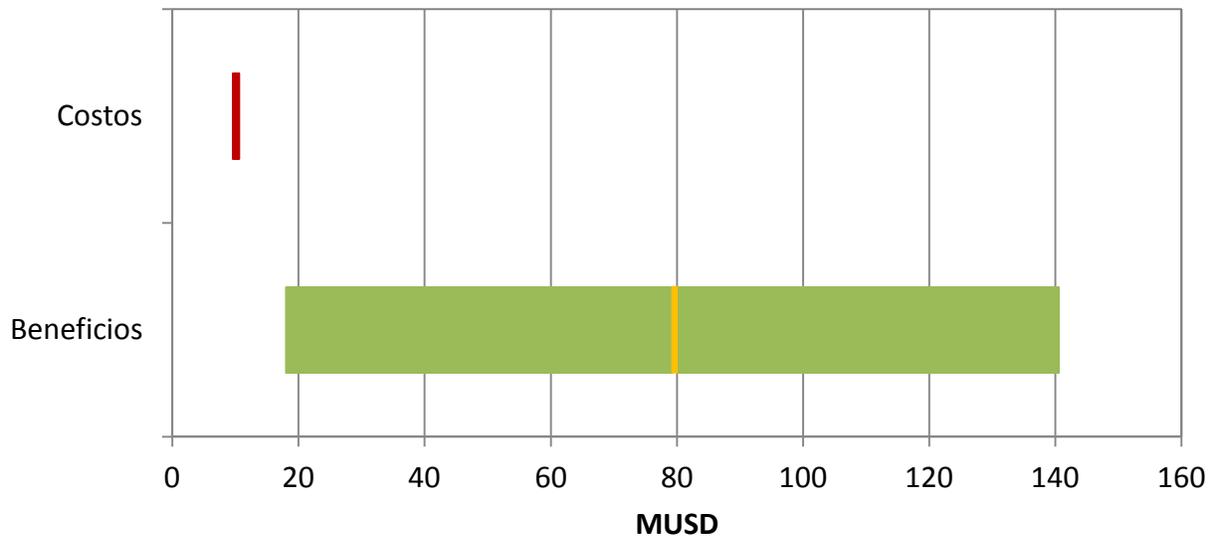
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el caso de beneficios Alto estos son más de 14 veces mayores que los costos de la implementación de la normativa para taxis, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son 1.9 veces los costos. Lo anterior implica que en ambos escenarios la implementación de la normativa es económicamente rentable.

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para los taxis, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio. Para el caso de los costos, debido a que existe solo un escenario medio, la línea representa el valor presente.

Gráfico 20: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de taxis



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los beneficios (barra amarilla) los beneficios son mayores a los costos de implementar la nueva normativa para taxis, lo cual implica que la nueva normativa de taxis es, en promedio, económicamente rentable. Aun tomando el escenario bajo de beneficios,

estos son mayores a los costos por lo que la normativa para taxis siempre es económicamente rentable.

6.3.2.5 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para taxis se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 54: Beneficios y costos para taxis por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-10	100%	36	10	26%	56%
Estado	0	0%	89	7	64%	38%
Población	0	0%	15	1	11%	6%

* Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías y el ahorro en combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de taxis son captados principalmente por el Estado para el escenario Alto con un 64%, lo sigue el sector Privado con un 26% de participación y el Estado con un 11%.

Para el escenario de beneficios Bajo los beneficios son captados principalmente por el sector privado con un 56%, lo sigue el Estado con un 38% y la Población con solo un 6%

6.3.2.6 Análisis Unitario

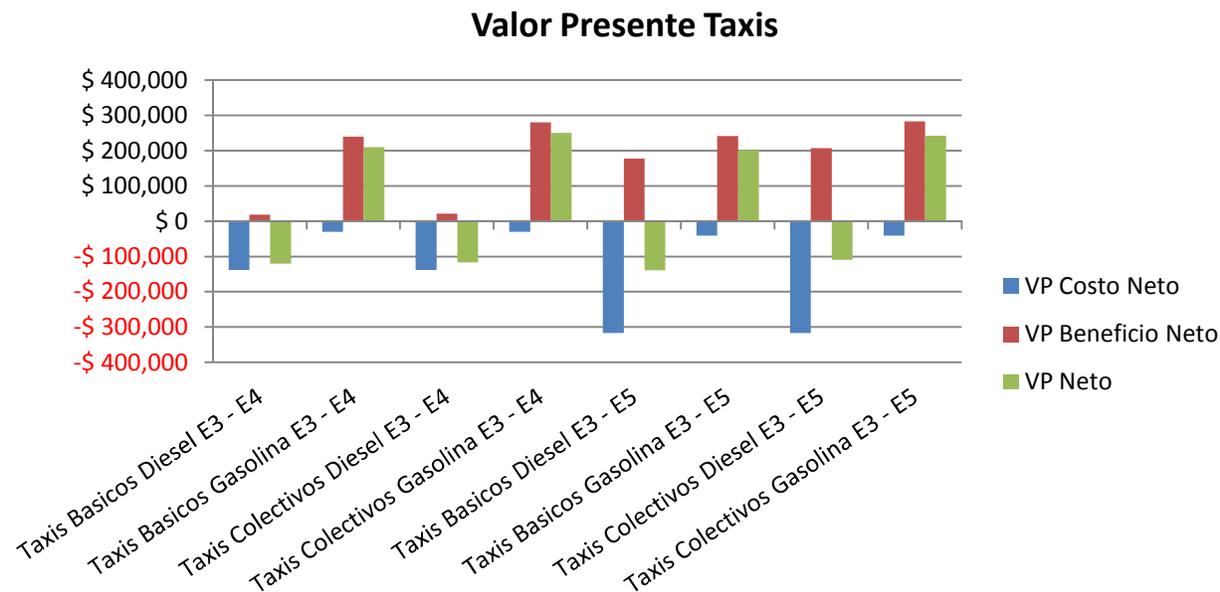
Además del análisis de la rentabilidad total del proyecto, es interesante estudiar la aplicación de la norma en un taxi en particular. De este modo se pueden identificar los factores que afectan en la rentabilidad social del proyecto.

El análisis unitario se refiere a analizar los costos y beneficios de la aplicación de la normativa a un taxi en particular. Los costos corresponden a la inversión en el año 0 (costo de la tecnología), y costos de combustible, de los años 1 a 10.

Este análisis se realiza para cada tipo de taxi (básico diesel, básico gasolina, colectivo diesel y colectivo gasolina) y considerando el cambio de una norma EURO III a EURO IV, así como también cambio desde un taxi de norma EURO III a uno EURO V.

El siguiente gráfico muestra el valor presente del beneficio neto, para el escenario Bajo, y los costos netos, para un taxi de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 21: Valor Presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo.



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 55: Valor presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario de beneficios Bajo.

	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Taxis Básicos Diesel E3 - E4	-\$ 138.506	\$ 18.340	-\$ 120.166	0,132
Taxis Básicos Gasolina E3 - E4	-\$ 30.018	\$ 239.800	\$ 209.781	7,988
Taxis Colectivos Diesel E3 - E4	-\$ 138.506	\$ 21.442	-\$ 117.064	0,155
Taxis Colectivos Gasolina E3 - E4	-\$ 30.018	\$ 280.355	\$ 250.337	9,339
Taxis Básicos Diesel E3 - E5	-\$ 316.510	\$ 177.019	-\$ 139.491	0,559
Taxis Básicos Gasolina E3 - E5	-\$ 40.551	\$ 241.675	\$ 201.124	5,960
Taxis Colectivos Diesel E3 - E5	-\$ 316.510	\$ 206.956	-\$ 109.553	0,654
Taxis Colectivos Gasolina E3 - E5	-\$ 40.551	\$ 282.548	\$ 241.996	6,968

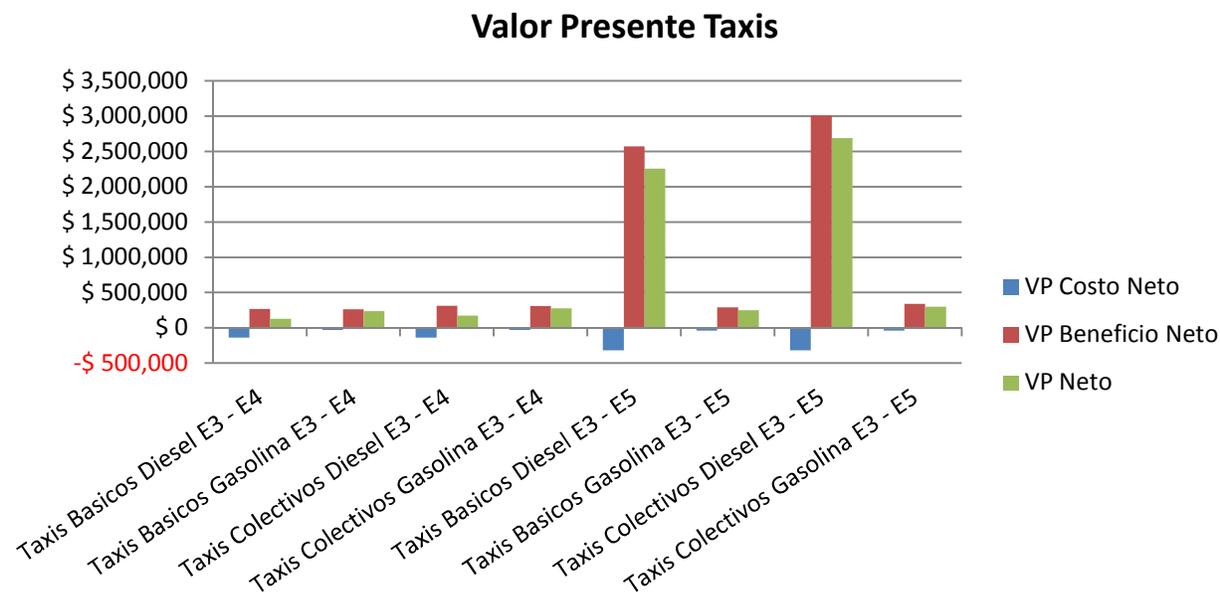
Fuente: Elaboración Propia.

En el escenario descrito (beneficios bajo), para los taxis que utilizan combustible Diesel ningún tipo de taxi ni de cambio de tecnología posee una rentabilidad económica positiva al implementarse la norma de emisiones, en cambio, para aquellos que utilizan gasolina en todos los casos los beneficios son mayores a los costos por lo que poseen una rentabilidad económica positiva.

Para contrastar el escenario de beneficios Bajo presentado anteriormente se presenta a continuación un gráfico donde se muestra el valor presente del beneficio neto, para el

escenario Alto, y los costos netos, para un taxi de la Región Metropolitana y un periodo de análisis de diez años.

Gráfico 22: Valor Presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario beneficios Alto.



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente tabla muestra la información del gráfico anterior.

Tabla 56: Valor presente para un taxi en la Región Metropolitana escenario menos adverso.

	VP Costo Neto	VP Beneficio Neto	VP Neto	Razón B/C
Taxis Básicos Diesel E3 - E4	-\$ 138.506	\$ 266.452	\$ 127.946	1,924
Taxis Básicos Gasolina E3 - E4	-\$ 30.018	\$ 263.708	\$ 233.690	8,785
Taxis Colectivos Diesel E3 - E4	-\$ 138.506	\$ 311.514	\$ 173.008	2,249
Taxis Colectivos Gasolina E3 - E4	-\$ 30.018	\$ 308.307	\$ 278.289	10,271
Taxis Básicos Diesel E3 - E5	-\$ 316.510	\$ 2.571.812	\$ 2.255.302	8,126
Taxis Básicos Gasolina E3 - E5	-\$ 40.551	\$ 290.953	\$ 250.402	7,175
Taxis Colectivos Diesel E3 - E5	-\$ 316.510	\$ 3.006.761	\$ 2.690.251	9,500
Taxis Colectivos Gasolina E3 - E5	-\$ 40.551	\$ 340.159	\$ 299.608	8,388

Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este nuevo escenario la implementación de la norma es económicamente rentable para todos los tipos de taxi (básicos – colectivos), ambos combustibles (diesel – gasolina) y ambos cambios de tecnologías (Euro III a Euro IV y Euro V). El caso de mayor rentabilidad económica utilizando como indicador el VP Neto corresponde a taxis colectivos diesel con cambio de tecnología de Euro III a Euro V mientras que el caso de menor rentabilidad económica

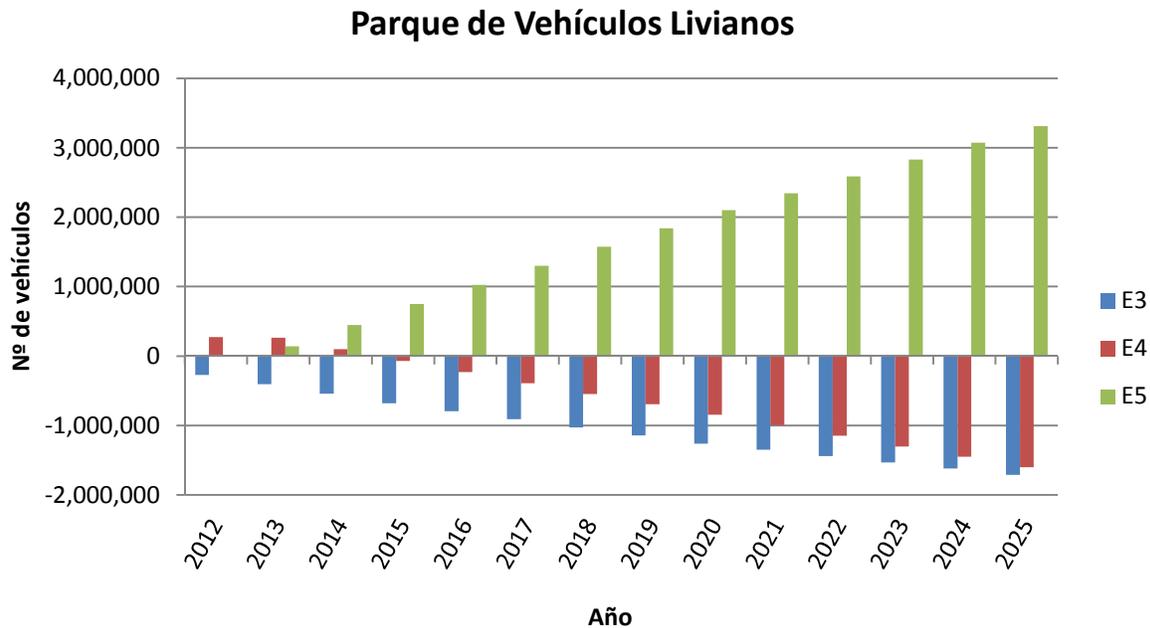
corresponde a los taxis básicos diesel al pasar de tecnología Euro III a Euro IV. Si miramos la razón B/C, el caso que posee una mejor relación corresponde a los taxis colectivos con uso de gasolina al pasar de Euro III a Euro IV con una razón B/C mayor a 10 mientras que los taxis básicos diesel al pasar de tecnología Euro III a Euro IV poseen la razón B/C menor la cual es cercana a 2.

6.3.3 Análisis Vehículos Livianos

6.3.3.1 Evolución del Parque Vehículos Livianos

Debido a la evolución en la normativa de emisiones el parque de vehículos livianos variará a lo largo del período de análisis, esto se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 23: Evolución del parque de vehículos livianos según normas de emisión.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que a partir del año 2012 empieza un reemplazo de vehículos particulares Euro III por vehículos particulares Euro IV, luego en el año 2013, comienza la entrada de vehículos particulares con norma Euro V, reemplazando a aquellos Euro III, hacia el año 2015 comienza un reemplazo de vehículos particulares Euro IV por vehículos particulares Euro V. Finalmente se presenta una tendencia a reemplazar vehículos particulares Euro III y Euro IV por aquellos con norma de emisión Euro V.

6.3.3.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma de vehículos livianos para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.3.3.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 57: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para vehículos livianos - periodo 2011-2025

GEI					MP2,5			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
Año	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	1.005.912.024	1.005.912.024	0	0,00%	837	837	0	-0,02%
2012	1.033.306.831	1.033.414.760	107.929	0,01%	890	890	0	-0,02%
2013	1.060.755.696	1.060.917.589	161.893	0,02%	839	943	104	10,99%
2014	1.088.042.592	1.088.420.449	377.856	0,03%	788	996	207	20,82%
2015	1.115.329.518	1.115.923.338	593.820	0,05%	738	1.049	311	29,66%
2016	1.141.973.825	1.142.757.991	784.166	0,07%	702	1.109	408	36,76%
2017	1.168.617.907	1.169.592.421	974.513	0,08%	665	1.170	504	43,12%
2018	1.195.262.139	1.196.426.999	1.164.860	0,10%	629	1.230	601	48,85%
2019	1.221.916.440	1.223.261.604	1.345.164	0,11%	593	1.291	698	54,05%
2020	1.248.570.767	1.250.840.310	2.269.543	0,18%	557	1.352	795	58,80%
2021	1.273.896.453	1.276.311.532	2.415.079	0,19%	529	1.424	895	62,84%
2022	1.299.222.167	1.301.782.787	2.560.621	0,20%	501	1.496	995	66,49%
2023	1.324.547.908	1.327.254.067	2.706.159	0,20%	473	1.568	1.095	69,81%
2024	1.349.876.255	1.352.725.375	2.849.120	0,21%	445	1.640	1.195	72,84%
2025	1.375.204.631	1.378.197.120	2.992.489	0,22%	418	1.712	1.295	75,61%

NOx					SOx			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
Año	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	36.621	36.621	0	0,00%	546	546	0	-0,04%
2012	36.832	36.940	108	0,29%	562	561	-1	-0,18%
2013	36.216	37.259	1.043	2,80%	577	575	-1	-0,25%
2014	35.537	37.578	2.041	5,43%	592	590	-2	-0,31%
2015	34.859	37.897	3.038	8,02%	607	605	-2	-0,37%
2016	34.743	38.695	3.952	10,21%	623	621	-3	-0,42%
2017	34.626	39.492	4.866	12,32%	639	636	-3	-0,47%
2018	34.510	40.290	5.779	14,34%	655	652	-3	-0,51%
2019	34.398	41.088	6.689	16,28%	671	668	-4	-0,55%
2020	34.286	42.288	8.001	18,92%	687	685	-2	-0,36%
2021	35.253	44.155	8.902	20,16%	706	704	-3	-0,39%
2022	36.220	46.022	9.802	21,30%	725	722	-3	-0,41%
2023	37.187	47.890	10.703	22,35%	744	741	-3	-0,44%
2024	38.155	49.757	11.602	23,32%	763	760	-4	-0,47%
2025	39.123	51.625	12.502	24,22%	782	778	-4	-0,49%

Fuente: Elaboración Propia.

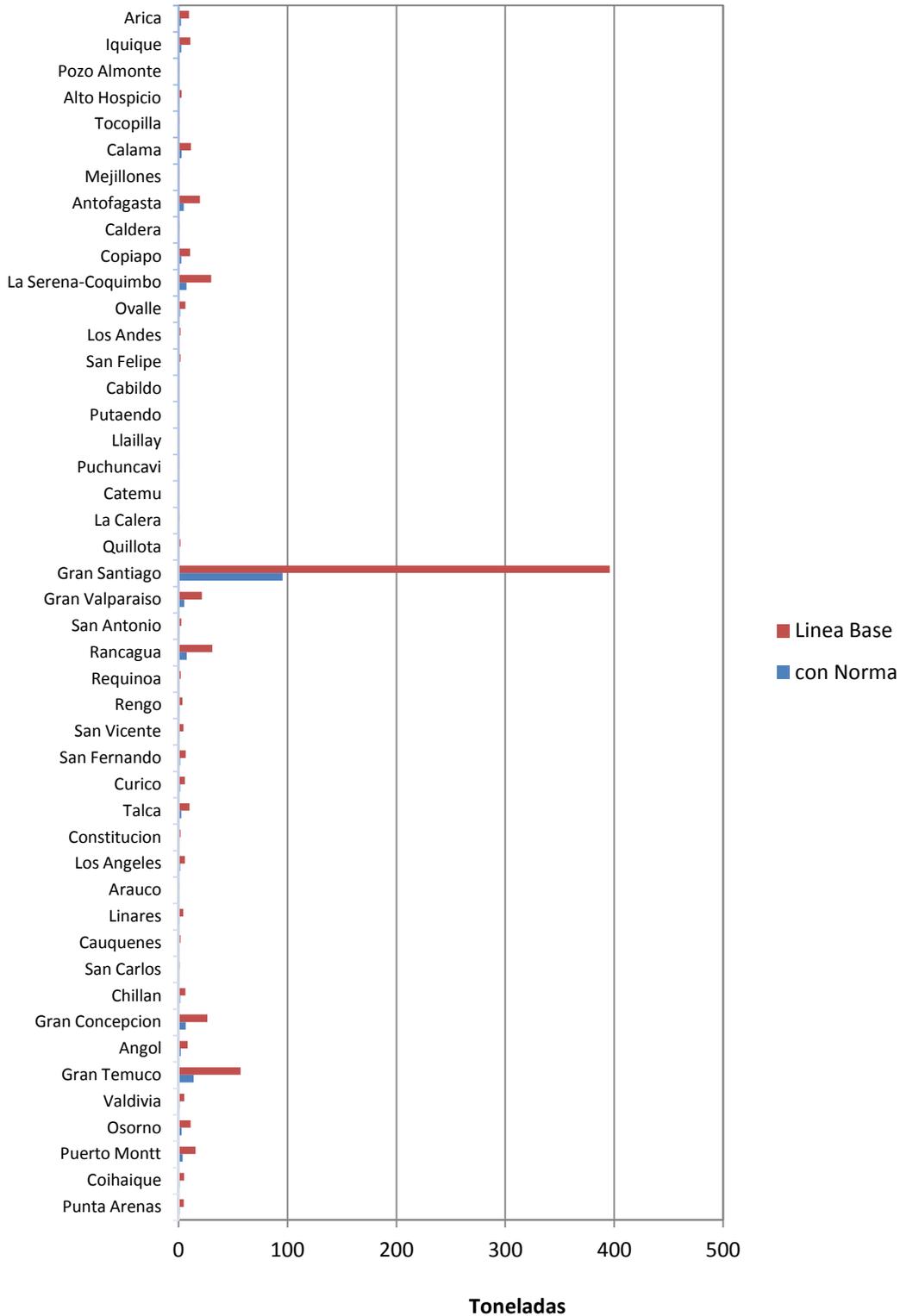
Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el MP2,5 y el NOx, alcanzando el año 2025 una reducción del 76% y

24% respectivamente. En cuanto a los SOx existe un pequeño aumento en las emisiones el año 2025, debido por debido al aumento en el consumo de combustible.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es significativa y no alcanza a ser de un 0,2% el año 2025. Si bien aumenta el consumo de combustible y por lo tanto se produce un aumento en las emisiones de CO₂, no sucede lo mismo para CH₄ que tiene un mayor aporte en GEI, lográndose en lo global una reducción pequeña.

La reducción de emisiones de MP_{2,5} para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 24: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas por vehículos livianos para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para vehículos particulares, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 75% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, para el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 300 toneladas, le siguen Gran Temuco y Rancagua y La Serena-Coquimbo con un total de 43 y 23 toneladas reducidas respectivamente al año 2025.

6.3.3.3 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.3.3.3.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de MP2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 58: Casos evitados debido a la norma de vehículos livianos.

Enfermedad	Casos
Asma	81
Falla cardioisquémica	159
Enfermedad respiratoria crónica	112
Enfermedad cardiovascular	848
Disrritmia	56
Enfermedad cardioisquémica	48
Neumonía	553
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	2,515
Mortalidad corto plazo todas las causas	547
Días de actividad restringida menor	6,513,858
Días de actividad restringida	1,729,229
Días de trabajo perdidos	422,370

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la normativa de vehículos livianos se evitarán un total de 3,061 muertes, al corto y largo plazo.

6.3.3.3.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible y cambio de tecnología (costos incrementales) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 59: Flujo de costos y beneficios para los vehículos livianos.

Año	Costos (MUSD)		Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Tecnología	Alto	Bajo
2011	0	0	0	0
2012	-1	-16	1	0
2013	-2	-55	45	3
2014	-3	-59	92	6
2015	-3	-59	141	10
2016	-4	-54	187	13
2017	-5	-54	235	16
2018	-5	-54	286	19
2019	-6	-53	338	23
2020	2	-53	399	27
2021	2	-53	461	31
2022	1	-53	527	36
2023	1	-53	598	41
2024	0	-53	672	46
2025	0	-53	752	51

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la nueva normativa para vehículos livianos generará un costo en combustible, sin embargo este costo es bastante menor al costo de tecnología e incluso, a partir del año 2020 se traducen en ahorro de combustible.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.3.3.4 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costos que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará el valor requerido por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 60: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para vehículos livianos (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	2,851	-555	2,296	5.1
Bajo	228	-555	-327	0.4

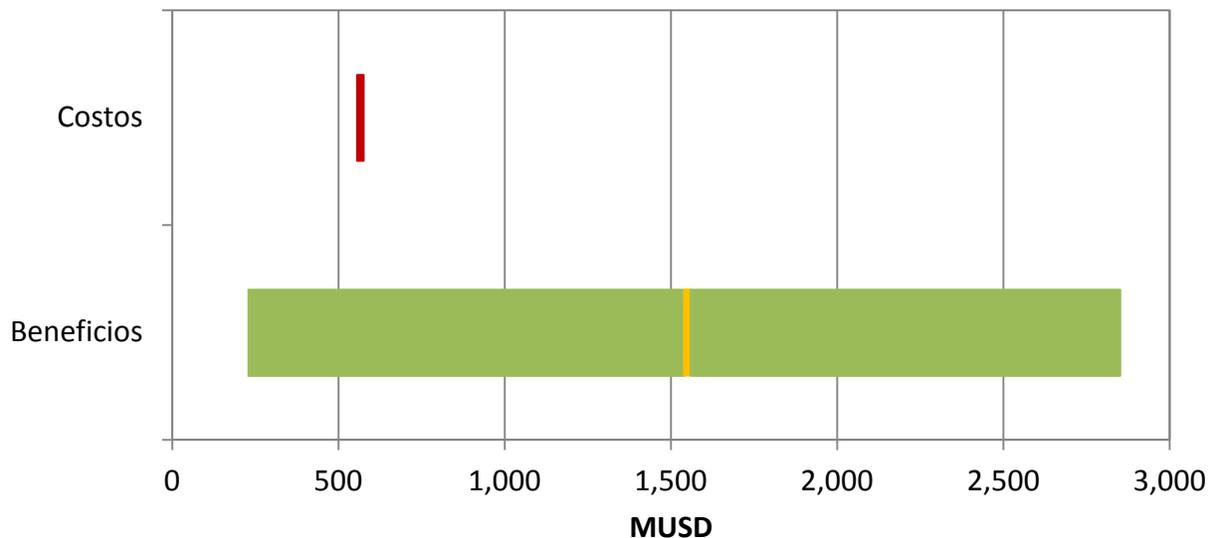
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el escenario de beneficios Alto estos son 5.1 veces los costos promedios de la implementación de la normativa para vehículos livianos, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son 0.4 veces los costos promedios. Lo anterior implica que en el escenario de beneficios Alto, la introducción de la normativa es, en términos económicos – sociales, viable mientras que en el escenario de beneficios Bajo, los costos son mayores a los beneficios sociales (Razón B/C < 1).

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para los vehículos livianos, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio. Para los costos, solo existe un valor medio.

Gráfico 25: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de vehículos livianos.



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los beneficios (barra amarilla) los beneficios son mayores a los costos al implementar la nueva normativa para vehículos livianos, lo cual implica que la implementación de la nueva normativa de vehículos livianos es, en promedio, económicamente

rentable. La única situación donde la nueva normativa puede no ser rentable se produce cuando los beneficios son menores a 555 MUSD.

6.3.3.5 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para vehículos livianos se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 61: Beneficios y costos para vehículos livianos por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-555	100%	753	66	26%	29%
Estado	0	0%	1780	141	62%	62%
Población	0	0%	318	22	11%	9%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías y el costo de combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

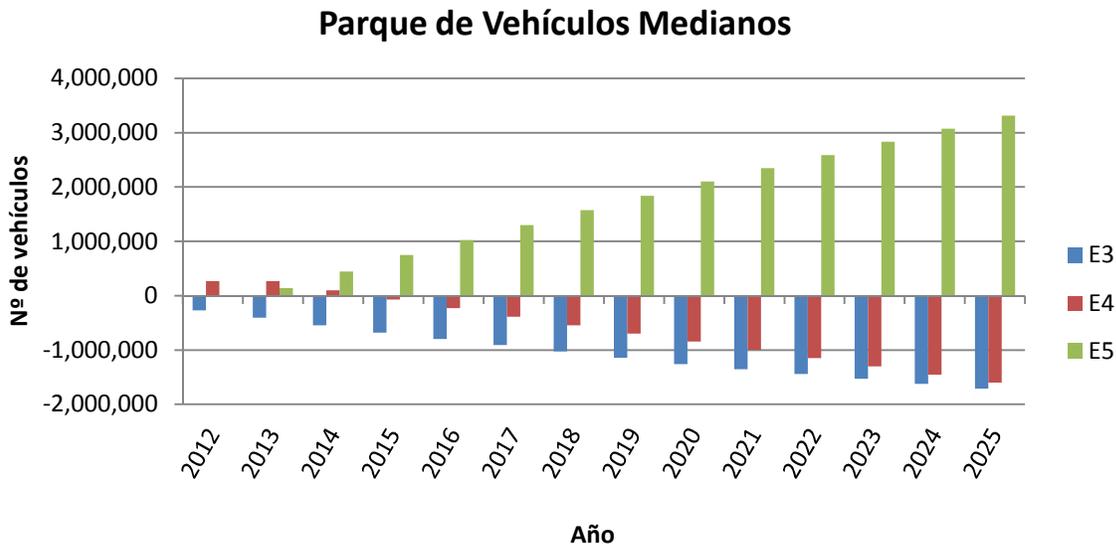
Los beneficios generados por la nueva normativa de vehículos livianos son captados principalmente por el Estado para el escenario Alto y Bajo con un 62% en ambos escenarios, lo sigue el sector privado con un 26% y 29% de participación y la Población con un 11% y 9% respectivamente.

6.3.4 Análisis Vehículos Medianos

6.3.4.1 Evolución del Parque Vehículos Medianos

Debido a la evolución en la normativa de emisiones el parque de vehículos particulares variará a lo largo del período de análisis, esto se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 26: Evolución del parque de vehículos Medianos según normas de emisión.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que a partir del año 2012 empieza un reemplazo de vehículos particulares Euro III por vehículos particulares Euro IV, luego en el año 2013, comienza la entrada de vehículos particulares con norma Euro V, reemplazando a aquellos Euro III, hacia el año 2015 comienza un reemplazo de vehículos particulares Euro IV por vehículos particulares Euro V. Finalmente se presenta una tendencia a reemplazar vehículos particulares Euro III y Euro IV por aquellos con norma de emisión Euro V.

6.3.4.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma de vehículos pesados para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.3.4.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 62: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para vehículos medianos - periodo 2011-2025

Año	GEI				MP2,5			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	115.910.298	115.910.298	0	0,00%	100	100	0	0,00%
2012	119.258.540	119.270.820	12.280	0,01%	107	107	0	0,00%
2013	122.612.922	122.631.341	18.420	0,02%	101	113	12	11,02%
2014	125.948.968	125.991.863	42.895	0,03%	94	119	25	20,87%
2015	129.285.014	129.352.384	67.370	0,05%	88	126	37	29,72%
2016	132.566.348	132.655.719	89.371	0,07%	84	133	49	36,88%
2017	135.847.682	135.959.054	111.372	0,08%	80	140	61	43,29%
2018	139.129.015	139.262.388	133.373	0,10%	75	148	72	49,06%
2019	142.411.423	142.565.723	154.300	0,11%	71	155	84	54,29%
2020	145.693.831	145.961.235	267.404	0,18%	66	162	96	59,06%
2021	148.840.807	149.125.438	284.630	0,19%	63	171	108	63,15%
2022	151.987.783	152.289.641	301.857	0,20%	60	180	120	66,83%
2023	155.134.759	155.453.843	319.084	0,21%	56	188	132	70,18%
2024	158.281.993	158.618.046	336.053	0,21%	53	197	144	73,23%
2025	161.429.226	161.782.254	353.028	0,22%	49	206	156	76,03%

Año	NOx				SOx			
	Con Norma	Línea Base	Reducción		Con Norma	Línea Base	Reducción	
	ton/año	ton/año	ton/año	%	ton/año	ton/año	ton/año	%
2011	4.346	4.346	0	0,00%	64	64	0	-0,01%
2012	4.382	4.394	12	0,28%	66	65	0	-0,15%
2013	4.318	4.443	125	2,82%	67	67	0	-0,21%
2014	4.246	4.491	245	5,45%	69	69	0	-0,27%
2015	4.175	4.540	365	8,03%	71	71	0	-0,33%
2016	4.167	4.642	475	10,24%	73	73	0	-0,38%
2017	4.159	4.745	586	12,35%	75	75	0	-0,43%
2018	4.151	4.847	696	14,37%	77	77	0	-0,47%
2019	4.143	4.950	807	16,30%	79	79	0	-0,51%
2020	4.136	5.102	967	18,94%	81	81	0	-0,31%
2021	4.255	5.331	1.076	20,18%	83	83	0	-0,34%
2022	4.375	5.561	1.186	21,32%	86	85	0	-0,37%
2023	4.495	5.790	1.295	22,37%	88	88	0	-0,40%
2024	4.615	6.019	1.405	23,34%	90	90	0	-0,43%
2025	4.734	6.249	1.514	24,23%	93	92	0	-0,45%

Fuente: Elaboración Propia.

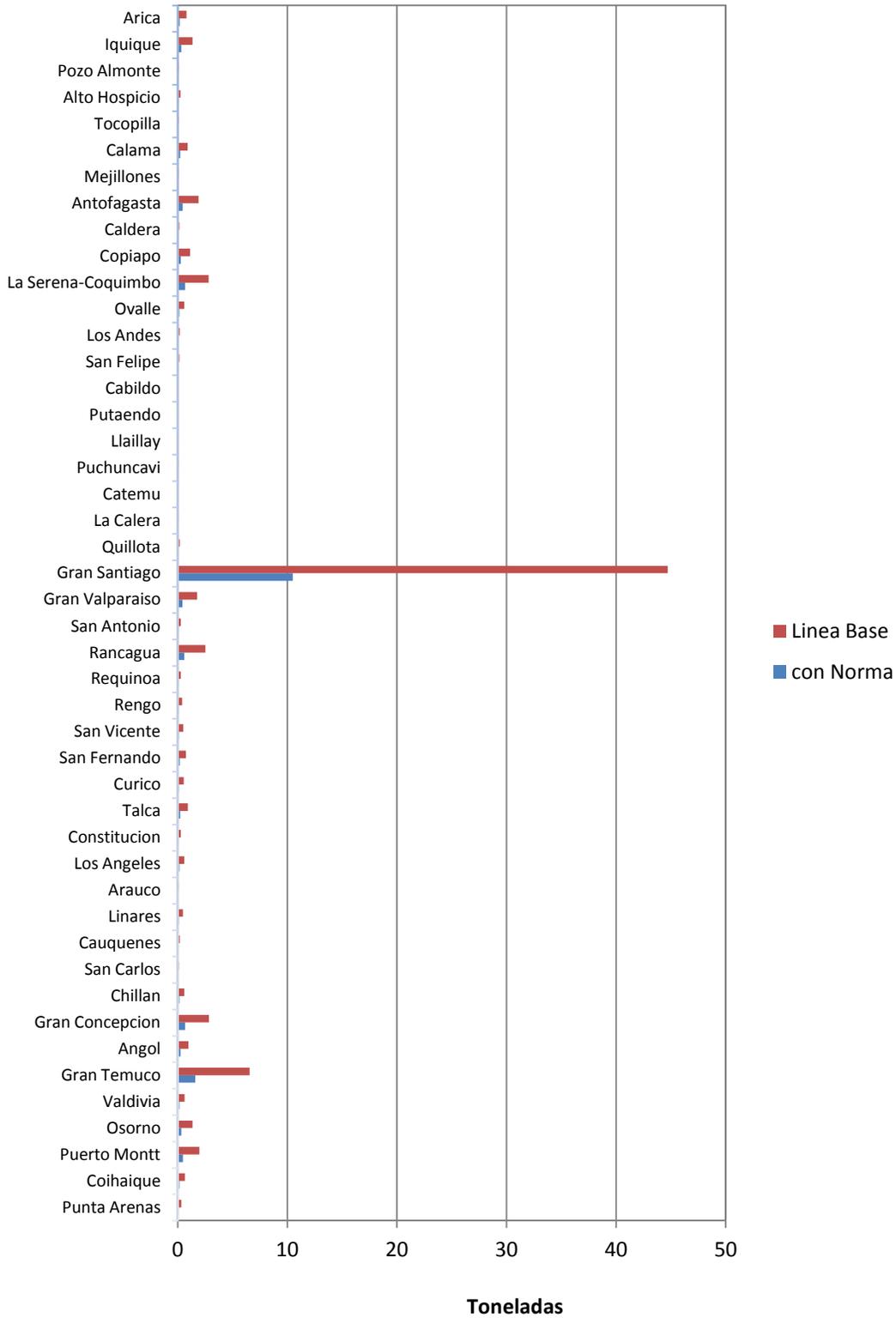
Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el MP2,5 y el NOx, alcanzando el año 2025 una reducción del 76% y

24% respectivamente. En cuanto a los SOx existe un pequeño aumento en las emisiones el año 2025, debido por debido al aumento en el consumo de combustible.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es significativa y no alcanza a ser de un 0,2% el año 2025. Si bien aumenta el consumo de combustible y por lo tanto se produce un aumento en las emisiones de CO₂, no sucede lo mismo para CH₄ que tiene un mayor aporte en GEI, lográndose en lo global una reducción pequeña.

La reducción de emisiones de MP_{2,5} para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 27: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas por vehículos medianos para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para vehículos particulares, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 76% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, para el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 34 toneladas, le siguen Gran Temuco con un total de 5 toneladas reducidas respectivamente al año 2025.

6.3.4.3 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.3.4.3.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de MP2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 63: Casos evitados debido a la norma de vehículos medianos.

Enfermedad	Casos
Asma	9
Falla cardioisquémica	18
Enfermedad respiratoria crónica	12
Enfermedad cardiovascular	94
Disrritmia	6
Enfermedad cardioisquémica	5
Neumonía	64
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	284
Mortalidad corto plazo todas las causas	62
Días de actividad restringida menor	723.809
Días de actividad restringida	192.149
Días de trabajo perdidos	46.062

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a la normativa de vehículos medianos se evitarán un total de 346 muertes, al corto y largo plazo.

6.3.4.3.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible y cambio de tecnología (costos incrementales) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 64: Flujo de costos y beneficios para los vehículos medianos.

Año	Costos (MUSD)		Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Tecnología	Alto	Bajo
2011	0	0	0	0
2012	0	-2	0	0
2013	0	-6	5	0
2014	0	-7	10	1
2015	0	-7	16	1
2016	-1	-6	21	1
2017	-1	-6	27	2
2018	-1	-6	32	2
2019	-1	-6	38	3
2020	0	-6	45	3
2021	0	-6	52	4
2022	0	-6	59	4
2023	0	-6	67	5
2024	0	-6	76	5
2025	0	-6	85	6

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la nueva normativa para vehículos medianos generará un costo en combustible, sin embargo este costo es bastante menor al costo de tecnología e incluso, a partir del año 2020 estos cercanos a cero.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.3.4.4 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costos que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará el valor requerido por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 65: Valor presente por tipo y escenario de beneficios para vehículos medianos (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	321	-64	257	5,0
Bajo	25	-64	-39	0,4

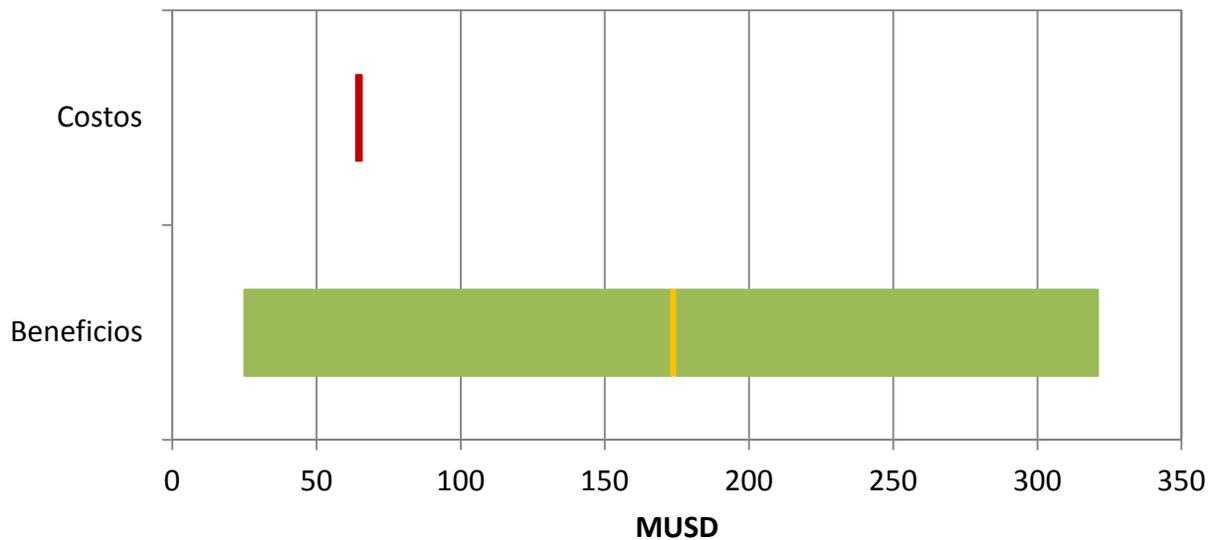
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el escenario de beneficios Alto estos son 5 veces los costos promedios de la implementación de la normativa para vehículos medianos, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son 0,4 veces los costos promedios. Lo anterior implica que en el escenario de beneficios Alto, la introducción de la normativa es, en términos económicos – sociales, viable mientras que en el escenario de beneficios Bajo, los costos son mayores a los beneficios sociales (Razón B/C < 1).

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios para los vehículos particulares, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio. Para los costos, solo existe un valor medio.

Gráfico 28: Valor Presente de los costos y beneficios para la norma de vehículos medianos.



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los costos y beneficios (barra amarilla) los beneficios son mayores a los costos al implementar la nueva normativa para vehículos medianos, lo cual implica que la implementación de la nueva normativa de vehículos medianos es, en promedio,

económicamente rentable. La única situación donde la nueva normativa puede no ser rentable se produce cuando los beneficios son menores a 64 MUSD.

6.3.4.5 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para vehículos medianos se distribuyen de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 66: Beneficios y costos para vehículos medianos por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-64	100%	77	6	24%	25%
Estado	0	0%	208	16	65%	65%
Población	0	0%	36	2	11%	10%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías y el costo de combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de vehículos medianos son captados principalmente por el Estado para el escenario Alto y Bajo con un 65% en ambos, lo sigue el sector privado con un 24% y 25% de participación y la Población con un 11% y 10% respectivamente.

6.4 Resultados Totales Considerando Todas las Fuentes Móviles

La evolución de la normativa para cada categoría de fuentes móviles se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 67: Evolución de normas para todas las fuentes móviles– escenario con norma.

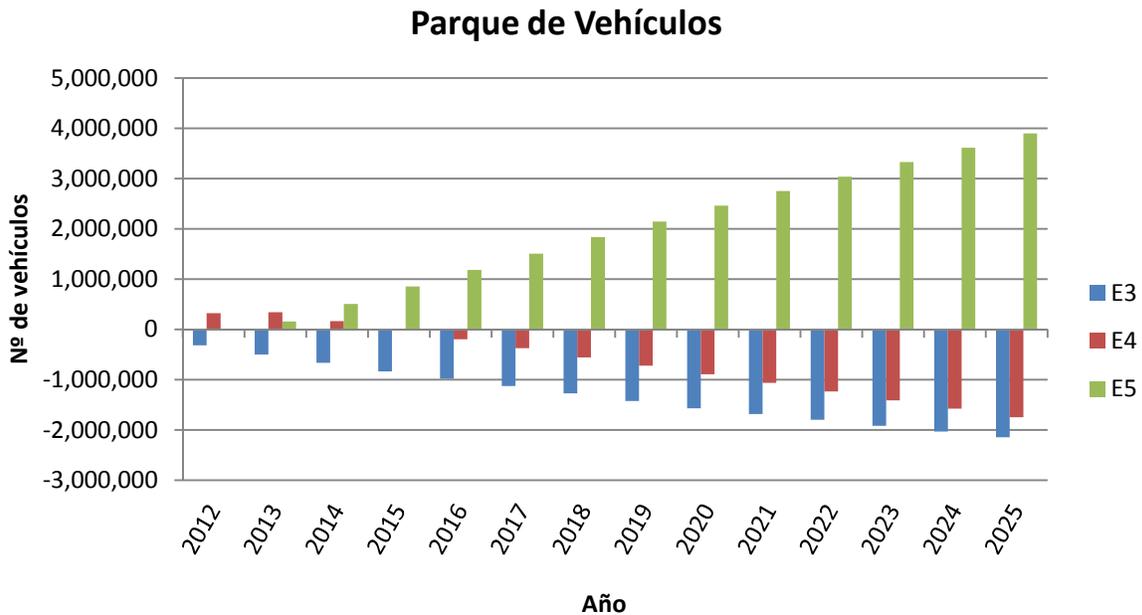
Categoría	Combustible	Zona	2011	2012	2013	2014	2015 - 2025
Livianos y Medianos	Gasolina	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
	Diesel	RM	E4	E4	E5	E5	E5
		Regiones	E4	E4	E5	E5	E5
Camiones Livianos y Medianos (3860Kg<pbv<15.000 Kg)	Diesel	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
Camiones Pesados (pbv>15.000 Kg)	Diesel	RM	E3	E4	E4	E5	E5
		Regiones	E3	E4	E4	E5	E5
Buses	Diesel	RM	E3	E3	E4	E4	E5
		Regiones	E3	E3	E4	E4	E5

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.1 Evolución del Parque de Vehículos

Debido a la evolución en la normativa de emisiones, el parque de vehículos variará a lo largo del período de análisis, esto se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 29: Evolución del parque de fuentes móviles debido a las normas de emisión.



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que a partir del año 2012 empieza un reemplazo de taxis Euro III por taxis Euro IV, luego en el año 2013, comienza la entrada de taxis con norma Euro V, reemplazando a aquellos Euro III, hacia el año 2016 comienza un reemplazo de taxis Euro IV por taxis Euro V. Finalmente se presenta una tendencia a reemplazar taxis Euro III y Euro IV por aquellos con norma de emisión Euro V.

6.4.2 Impactos Ambientales

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de emisiones de contaminantes primarios y secundarios y concentraciones ambientales de MP2,5 obtenida por la norma para los centros urbanos definidos anteriormente.

6.4.2.1 Reducción de Emisiones

Tabla 68: Emisiones Totales por Contaminante Local y GEI para todas las fuentes móviles - periodo 2011-2025

Año	GEI				MP2,5			
	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %		Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %	
2011	1.183.496.413	1.183.496.389	-25	0,00%	6.117	6.117	0	0,00%
2012	1.216.536.266	1.216.709.966	173.700	0,01%	6.051	6.200	148	2,39%
2013	1.249.596.294	1.249.923.630	327.336	0,03%	5.730	6.282	552	8,79%
2014	1.282.515.504	1.283.137.326	621.822	0,05%	5.524	6.365	842	13,22%
2015	1.315.436.255	1.316.351.049	914.794	0,07%	5.317	6.448	1.131	17,54%
2016	1.347.585.651	1.348.758.719	1.173.068	0,09%	5.143	6.545	1.402	21,42%
2017	1.379.735.019	1.381.166.162	1.431.143	0,10%	4.970	6.641	1.672	25,17%
2018	1.411.884.536	1.413.573.754	1.689.218	0,12%	4.796	6.738	1.942	28,82%
2019	1.444.045.168	1.445.981.370	1.936.202	0,13%	4.623	6.834	2.211	32,36%
2020	1.476.205.827	1.479.222.621	3.016.795	0,20%	4.449	6.931	2.482	35,81%
2021	1.506.504.701	1.509.726.406	3.221.705	0,21%	4.274	7.016	2.742	39,08%
2022	1.536.802.719	1.540.230.223	3.427.504	0,22%	4.095	7.100	3.005	42,32%
2023	1.567.100.765	1.570.734.060	3.633.295	0,23%	3.916	7.185	3.269	45,49%
2024	1.597.401.668	1.601.237.935	3.836.268	0,24%	3.738	7.270	3.532	48,59%
2025	1.627.702.599	1.631.742.242	4.039.642	0,25%	3.559	7.355	3.796	51,61%

Año	NOx				SOx			
	Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %		Con Norma ton/año	Línea Base ton/año	Reducción ton/año %	
2011	203.177	203.177	0	0,00%	1.077	1.077	-0.2	-0,02%
2012	202.381	207.721	5.341	2,57%	1.111	1.111	0.7	0,06%
2013	197.560	212.266	14.706	6,93%	1.142	1.146	3.4	0,29%
2014	195.279	216.812	21.533	9,93%	1.175	1.180	4.9	0,41%
2015	191.578	221.357	29.779	13,45%	1.208	1.214	6.4	0,52%
2016	188.455	226.394	37.939	16,76%	1.241	1.249	7.7	0,62%
2017	185.374	231.430	46.056	19,90%	1.275	1.284	9.2	0,71%
2018	182.293	236.467	54.174	22,91%	1.308	1.318	10.6	0,80%
2019	179.217	241.504	62.287	25,79%	1.341	1.353	12.0	0,89%
2020	176.141	246.992	70.851	28,69%	1.374	1.389	15.2	1,09%
2021	173.880	252.248	78.368	31,07%	1.408	1.424	16.5	1,16%
2022	171.426	257.504	86.078	33,43%	1.441	1.459	17.9	1,23%
2023	168.971	262.760	93.789	35,69%	1.475	1.494	19.3	1,29%
2024	166.518	268.017	101.499	37,87%	1.508	1.529	20.7	1,35%
2025	164.064	273.273	109.209	39,96%	1.542	1.564	22.1	1,41%

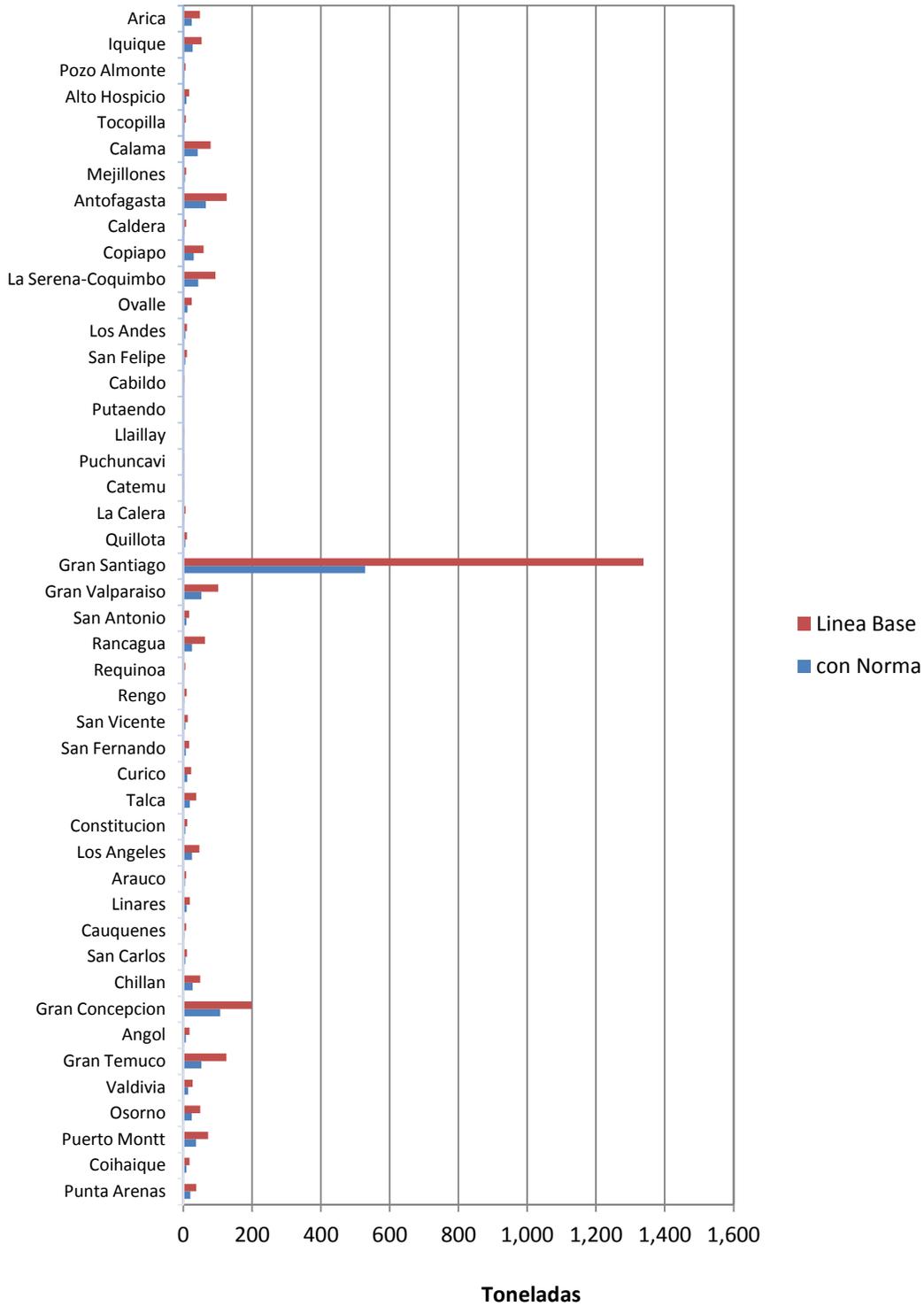
Fuente: Elaboración Propia.

Las reducciones de contaminantes más significativas debido a la evolución de la normativa de emisiones se presenta para el MP2,5 y el NO_x, alcanzando el año 2025 una reducción del 52% y 40% respectivamente. En cuanto a los SO_x la reducción debida a la nueva normativa no es tan significativa y alcanza un 1,4% en el año 2025.

Para el caso de los gases de efecto invernadero (GEI), la reducción de emisiones no es significativa y no alcanza a ser de un 0,5% en el año 2025. Esta reducción se genera debido a los menores factores de consumo (grComb/km) que poseen los buses que cumplen con la normativa Euro IV y Euro V con respecto a aquellos buses Euro III, y en aquellos casos en que existe un aumento en los factores de consumo hay una combustión más limpia lo que produce una menor emisión de metano.

La reducción de emisiones de MP2,5 para cada centro urbano se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 30: Emisiones año 2025 de MP2,5 generadas para cada centro urbano.



Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar el porcentaje de reducción en la emisión de MP2,5 en los centros urbanos a lo largo de Chile producto de la normativa para fuentes móviles, notamos que es prácticamente la misma en todos los centros urbanos, alcanzando un 49% de reducción el año 2025.

La mayor cantidad reducida, para el año 2025, se produce en el Gran Santiago con 809 toneladas, le siguen Gran Concepción y Gran Temuco con un total de 91 y 73 toneladas reducidas respectivamente.

6.4.1 Impactos Sociales

A continuación se presenta el impacto social que implica la implementación de la norma.

6.4.1.1 Cuantificación de Casos Evitados

Los efectos en salud de la reducción de concentraciones de contaminantes pueden ser presentados como casos evitados de muertes, enfermedades y admisiones hospitalarias, entre otros. A continuación se presentan los casos evitados asociados a la reducción de concentración de MP2,5 para el período 2011-2025.

Tabla 69: Casos evitados debido a la norma para fuentes móviles.

Enfermedad	Casos
Asma	268
Falla cardioisquémica	533
Enfermedad respiratoria crónica	374
Enfermedad cardiovascular	2.623
Disrritmia	159
Enfermedad cardioisquémica	142
Neumonía	1.773
Mortalidad a largo plazo cardiopulmonar	7.571
Mortalidad corto plazo todas las causas	1.651
Días de actividad restringida menor	19.400.777
Días de actividad restringida	5.150.309
Días de trabajo perdidos	1.227.274

Fuente: Elaboración Propia.

Con esta normativa para las fuentes móviles se evitan un total de 9.222 muertes al corto y largo plazo.

6.4.1.2 Beneficios y Costos

En la tabla siguiente se presentan los flujos de costos, desagregados en costos de combustible, cambio de tecnología y fiscalización (para los valores máximos y mínimos de cada tecnología) y los beneficios (escenarios Alto y Bajo) del proyecto para el periodo de análisis 2011-2025.

Tabla 70: Flujo de costos y beneficios.

Año	Costos (MUSD)				Beneficios (MUSD)	
	Combustible	Valor Mínimo		Fiscalización	Alto	Bajo
		Tecnología	Valor Máximo			
2011	0	0	0	0	0	0
2012	6	-220	-1.300	0	16	1
2013	19	-203	-839	0	182	12
2014	27	-153	-738	-0,1380	298	20
2015	35	-153	-738	-0,0030	438	30
2016	42	-136	-652	-0,0060	575	39
2017	50	-136	-651	-0,0045	719	49
2018	57	-136	-651	-0,0045	870	59
2019	64	-136	-651	-0,0045	1.027	70
2020	81	-136	-651	-0,0045	1.198	82
2021	88	-112	-522	-0,0030	1.374	94
2022	95	-114	-525	-0,0060	1.564	107
2023	102	-114	-525	-0,0015	1.766	120
2024	108	-114	-525	-0,0045	1.980	135
2025	115	-114	-525	-0,0045	2.207	150

Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar la tabla anterior se nota que los costos de fiscalización, que se generan debido a la compra, por parte de las plantas de revisión técnicas, de equipos de medición con el fin de fiscalizar vehículos pesados con normativa Euro V, son insignificantes comparados con los costos de tecnología.

También se puede apreciar que la nueva normativa para fuentes móviles generará un ahorro en combustible, lo cual será un beneficio al implementarse la norma. Este ahorro ocurre debido a que algunas fuentes móviles con normativa de emisiones más estrictas son más eficientes en el consumo de combustible.

Para el caso de los beneficios se puede ver que la diferencia entre ambos escenarios (Alto y Bajo) es bastante significativa esto es consecuencia, principalmente, del valor de la vida estadística que toma cada escenario.

6.4.2 Indicadores Económicos

Para la evaluación económica de las medidas se generaron indicadores de beneficio-costo que reflejen la conveniencia de su aplicación.

Todos los costos y beneficios serán evaluados a precio de mercado y se realizarán las correcciones de precios sociales indicadas por MIDEPLAN cuando corresponda, para luego ser agregados de manera aditiva por período y descontados al año 2011. En cuanto a la tasa de descuento se utilizará en primer lugar el valor requerido por MIDEPLAN de 6%.

Tabla 71: Valor Presente por tipo y escenario de beneficios (MUSD).

Escenario Beneficios	VP Beneficio MUSD	VP Costo MUSD	VP Neto MUSD	Razón B/C
Alto	9.082	-4.292	4.789	2,1
Bajo	1.162	-4.292	-3.130	0,3

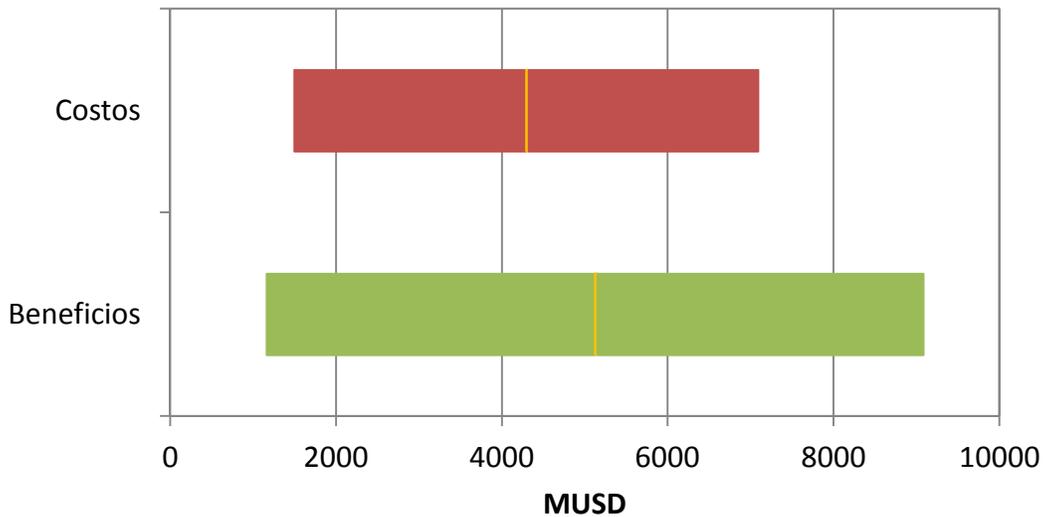
*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

La razón B/C (Beneficio/Costo) representa cuantas veces (más o menos) son los beneficios respecto a los costos, así para el caso de beneficios Alto estos son más de 2,1 veces mayores que los costos promedios de la implementación de la normativa para todas las fuentes móviles, por su parte para el caso de beneficios Bajo estos son 0,3 veces los costos promedios. Lo anterior implica que sólo en el caso de beneficio Alto la implementación de la normativa es económicamente rentable.

En el siguiente gráfico se presenta la variabilidad del valor presente de los costos y beneficios, al considerar los diferentes escenarios. La barra amarilla representa el valor presente medio.

Gráfico 31: Valor Presente de los costos y beneficios.



Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma el valor medio de los costos y beneficios (barra amarilla) los costos son menores a los beneficios al implementar la nueva normativa para fuentes móviles, lo cual implica que la nueva normativa es, en promedio, económicamente rentable. La única situación donde la nueva normativa no es rentable es cuando los beneficios están bajo los 1.494 MUSD. Además en el área de intersección entre ambas barras donde los costos y beneficios son entre 1.494 y 7.090 MUSD la normativa puede ser o no ser rentable. Cuando los beneficios son mayores a los 7.090 MUSD la nueva normativa para fuentes móviles es siempre rentable.

6.4.3 Análisis Distributivo

Los beneficios y los costos de la implementación de la norma para fuentes móviles se distribuye de diferente manera según el agente económico involucrado.

Tabla 72: Beneficios y costos por sector y escenario de beneficios.

	Costos		Beneficios			
	VP (MUS\$)	Participación	VP (MUS\$)		Participación	
Agentes Económicos			Alto	Bajo	Alto	Bajo
Privados	-1518	100%	2.122	674	25%	58%
Estado	0	0%	5.592	423	65%	36%
Población	0	0%	906	64	11%	5%

*Los costos son considerando el valor promedio de las tecnologías, la fiscalización y el ahorro en el combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios generados por la nueva normativa de taxis son captados principalmente por el sector público (Estado) para el escenario Alto con un 63%, lo sigue el sector privado con un 26% de participación y la población con un 11%

Para el caso de beneficios Bajo los beneficios son captados principalmente por el sector privado con un 56%, lo sigue el estado con un 38% y la población con solo un 6%

7. Conclusiones

7.1 Vehículos Pesados

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para los vehículos pesados apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para vehículos pesados en un período de 14 años.

Según la Tabla 39 el valor presente de los beneficios netos es de 5.447 MUSD y de 908 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 6,1 y 1 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

Además, en la mayoría de los casos (debido a la distribución de los beneficios y costo presentados en el Gráfico 12), serán mayores los beneficios frente a los costos, lo que implica que esta normativa traerá consigo un beneficio neto a la sociedad, donde se verán beneficiados tanto el sector público como privado.

Cabe destacar que la implementación de los estándares de emisiones más estrictos para los vehículos pesados generará un ahorro significativo en el consumo de combustible, lo cual será un beneficio directo para los particulares dueños de los camiones.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 40, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. Lo anterior debido a que los costos de fiscalización, son absorbidos por las plantas de revisión técnicas. En cuanto a los beneficios sociales para el escenario de beneficios Alto la mayor parte de estos son percibidos por el estado, con un 66% del total, mientras que el sector privado recibe un 24% y la población solo un 10%. En el caso del escenario de beneficios Bajo, el más beneficiado es el sector privado con un 66% de los beneficios, luego está el estado con un 29% y la población obtiene solo un 4% del total de beneficios.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio implica importantes beneficios para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile, principalmente en el ámbito de salud, gracias a la disminución de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a salas de emergencia y otros efectos negativos para la población.

7.2 Vehículos Medianos

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para vehículos Medianos apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para vehículos medianos en un período de 14 años.

Según la Tabla 65 el valor presente de los beneficios netos es de 321 MUSD y de 25 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 5 y 0,4 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

Además, en la mayoría de los casos (debido a la distribución de los beneficios y costo presentados en el Gráfico 28), serán mayores los beneficios frente a los costos, lo que implica que esta normativa traerá consigo un beneficio neto a la sociedad.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 46, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. En cuanto a los beneficios sociales la mayor parte de estos son percibidos por el estado, con un 65% del total para ambos escenarios, mientras que el sector privado recibe un 24% y 25% de los beneficios para los escenarios Alto y Bajo respectivamente y la población un 11% y un 10% para el escenario Alto y Bajo respectivamente.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio implica beneficios para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile, lo que trae consecuencias positivas para la salud, gracias a la disminución de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a salas de emergencia y otros efectos negativos para la población.

7.3 Vehículos Livianos

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para vehículos livianos apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para vehículos livianos en un período de 14 años.

Según la Tabla 60 el valor presente de los beneficios netos es de 2.851 MUSD y de 228 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 5,1 y 0,4 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

Además, en la mayoría de los casos (debido a la distribución de los beneficios y costo presentados en el Gráfico 15), serán mayores los beneficios frente a los costos, lo que implica que esta normativa traerá consigo un beneficio neto a la sociedad.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 46, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. En cuanto a los beneficios sociales la mayor parte de estos son percibidos por el estado, con un 62% para ambos escenarios, mientras que el sector privado recibe un 26% y 29% para los escenarios Alto y Bajo respectivamente, por su parte la población recibe un 11% y 9% de los beneficios para el escenario Alto y Bajo respectivamente.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio implica beneficios para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile, lo que trae consecuencias positivas para la salud, gracias a la disminución de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a salas de emergencia y otros efectos negativos para la población.

7.4 Camiones

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para los camiones apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para camiones en un período de 14 años (Tabla 22).

Según la Tabla 26 el valor presente de los beneficios netos es de 937 MUSD y de 304 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 3,3 y 1,1 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

Además, en la mayoría de los casos (debido a la distribución de los beneficios y costo presentados en el Gráfico 4), serán mayores los beneficios frente a los costos, lo que implica que esta normativa traerá consigo un beneficio neto a la sociedad, donde se verán beneficiados tanto el sector público como privado.

Cabe destacar que la implementación de los estándares de emisiones más estrictos para los camiones generará un ahorro significativo en el consumo de combustible, lo cual será un beneficio directo para los particulares dueños de los camiones.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 27, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. Lo anterior debido a que los costos de fiscalización, son absorbidos por las plantas de revisión técnicas. En cuanto a los beneficios sociales para el escenario de beneficios Alto la mayor parte de estos son percibidos por el Estado, con un 53% del total, mientras que el sector privado recibe un 38% y la población solo un 8%. En el caso del escenario de beneficios Bajo, el más beneficiado es el sector Privado con un 86% de los beneficios, luego está el Estado con un 13% y la Población obtiene solo un 2% del total de beneficios.

A partir del análisis unitario, Tabla 28 y Tabla 29, se desprende que para el escenario más adverso los beneficios netos son negativos, lo que implica que la implementación de la norma es un costo para la sociedad, por otro lado, para el escenario menos adverso esto se revierte y los beneficios netos para todos los tipos de camiones es positivo, lo que implica que bajo este escenario la norma genera un beneficio social.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio implica importantes beneficios para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile, principalmente en el ámbito de salud, gracias a la disminución de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a salas de emergencia y otros efectos negativos para la población, Tabla 24.

7.5 Buses

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para buses apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para buses en un período de 14 años (Tabla 30).

Según la Tabla 34Tabla 33 el valor presente de los beneficios netos es de 5.009 MUSD y de 632 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 8,1 y 1 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

Además, en la mayoría de los casos (debido a la distribución de los beneficios y costo presentados en el Gráfico 9), serán mayores los beneficios frente a los costos, lo que implica que esta normativa traerá consigo un beneficio neto a la sociedad, donde se verán beneficiados tanto el sector público como privado.

Cabe destacar que la implementación de los estándares de emisiones más estrictos para los buses generará un ahorro significativo en el consumo de combustible, lo cual será un beneficio directo para los particulares dueños de los buses.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 35, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. Lo anterior debido a que los costos de fiscalización, son absorbidos por las plantas de revisión técnicas. En cuanto a los beneficios sociales para el escenario de beneficios Alto la mayor parte de estos son percibidos por el Estado, con un 53% del total, mientras que el sector Privado recibe un 38% y la Población un 8%. En el caso del escenario de beneficios Bajo, el más beneficiado es el sector Privado con un 86% de los beneficios, luego está el Estado con un 13% y la población obtiene solo un 2% del total de beneficios.

A partir del análisis unitario, Tabla 36 y Tabla 37, se desprende que para el escenario más adverso los beneficios netos son negativos, lo que implica que la implementación de la norma es un costo para la sociedad, por otro lado, para el escenario menos adverso esto se revierte y los beneficios netos para la gran mayoría de los buses, menos los articulados por un pequeño delta negativo, es positivo, lo que implica que bajo este escenario la norma genera un beneficio social.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio implica importantes beneficios para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile, principalmente en el ámbito de salud, gracias a la disminución de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a salas de emergencia y otros efectos negativos para la población, Tabla 32.

7.6 Vehículos Particulares

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para vehículos particulares apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para vehículos particulares en un período de 14 años (Tabla 41).

Según la Tabla 45 el valor presente de los beneficios netos es de 3.031 MUSD y de 235 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 5 y 0,4 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

Además, en la mayoría de los casos (debido a la distribución de los beneficios y costo presentados en el Gráfico 15), serán mayores los beneficios frente a los costos, lo que implica que esta normativa traerá consigo un costo neto a la sociedad.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 46, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. En cuanto a los beneficios sociales la mayor parte de estos son percibidos por el Estado, con un 63% y 64% del total para el escenario Alto y Bajo respectivamente, mientras que el sector Privado recibe un 26% de los beneficios ambos escenarios y la Población un 11% y 10% de los beneficios para el escenario Alto y Bajo respectivamente.

A partir del análisis unitario, Tabla 47 y Tabla 48, se desprende que para el escenario más adverso los beneficios netos son negativos, lo que implica que la implementación de la norma es un costo para la sociedad, por otro lado, para el escenario menos adverso solo para los vehículos particulares de pasajeros a combustible diesel y bencina al pasar de norma Euro III a Euro IV y para los vehículos particulares de pasajeros a gasolina al pasar de la norma Euro III a Euro V se genera un costo social.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio implica beneficios, en la mayoría de los casos, para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile.

7.7 Taxis

Los resultados del análisis costo beneficio realizado para taxis apoyan la decisión de implementar la medida en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para vehículos particulares en un período de 14 años (Tabla 49).

Según la Tabla 53 el valor presente de los beneficios netos es de 140 MUSD y de 18 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 14,7 y 1,9 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 54, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. En cuanto a los beneficios sociales para el escenario de beneficios Alto la mayor parte de éstos son percibidos por el Estado, con un 64% del total, mientras que el sector Privado recibe un 26% y la Población un 11%. En el caso del escenario de beneficios Bajo, el más beneficiado es el sector Privado con un 56% de los beneficios, luego está el Estado con un 38% y la población obtiene solo un 6% del total de beneficios.

A partir del análisis unitario, Tabla 55 y Tabla 56, se desprende que para el escenario más adverso los beneficios netos son negativos para los taxis básicos diesel y taxis colectivos diesel al pasear de norma Euro III a Euro IV y también al pasar de Euro III a Euro V. En cuanto al caso menos adverso, el análisis unitario refleja un beneficio social en todos los casos.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio siempre genera un beneficio social.

7.8 Fuentes Móviles

Con los resultados del análisis costo beneficio realizado para las fuentes móviles en conjunto es difícil tomar una decisión sobre apoyar o no la implementación de las medidas en estudio, la cual exige la incorporación de nuevas normativas de emisiones para todas las fuentes móviles en un período de 14 años (Tabla 67).

Según la Tabla 71 el valor presente de los beneficios netos es de 9.082 MUSD y de 1.162 MUSD para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente. En cuanto las razones beneficios costo, considerando los costos promedios, son de 2,1 y 0,3 para los escenarios de beneficios alto y bajo respectivamente.

La dificultad para tomar una decisión sobre a implementar la nueva normativa incluyendo todas las fuentes móviles se ve representada en la distribución de los beneficios y costos presentados en el Gráfico 31, aquí se aprecia la gran variabilidad entre el costo mínimo, beneficio máximo y viceversa, por lo cual existe mucha incertidumbre de cual serán los valores reales. Cabe destacar que en promedio la normativa genera un beneficio neto (líneas amarillas).

El análisis distributivo de los beneficios asociados a la salud, Tabla 72, revela que el 100% de los costos son asumidos por los privados. En cuanto a los beneficios sociales para el escenario de beneficios Alto la mayor parte de estos son percibidos por el Estado, con un 65% del total, mientras que el sector Privado recibe un 25% y la Población un 11%. En el caso del escenario de beneficios Bajo, el más beneficiado es el sector Privado con un 58% de los beneficios, luego está el Estado con un 36% y la Población obtiene solo un 5% del total de beneficios.

En síntesis, la implementación de la presente norma en estudio puede implicar costos o beneficios para la población de los centros urbanos a lo largo de Chile, aunque cabe mencionar que trae importantes beneficios en el ámbito de la salud, gracias a la disminución de casos de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias, visitas a salas de emergencia y otros efectos negativos para la población, Tabla 69.

8. Referencia

Cifuentes, L. A. (2010). "RELACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD PRIMARIA MP 2,5 CON LA NORMA DE CALIDAD PRIMARIA DE MP 10."

CNE (2009). Balance Nacional de Energía 2008.

COFFEY GEOSCIENCES PTY LTD (2003). Fuel Quality and Vehicle Emissions Standards Cost Benefit Analysis.

Geasur (2010). Recopilación de Antecedentes para la Incorporación de Sistemas de Diagnóstico a Bordo (On Board Diagnostic (OBD)) y Evaluación de Incentivos para la Incorporación de Vehículos de Cero y Ultra Baja Emisión al Parque de Vehículos. Estudio Elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente.

GreenLabUC Gestión y Política Ambiental DICTUC (2011). Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire. Estudio encargado por el Ministerio de Medio Ambiente.

INE (2009). "Parque de Vehículos en Circulación."

Michael P. Walsh (2007). Presentation: "The Global Market for on Road Motor Vehicle Pollution Controls".

Michael P. Walsh (2011). Cost of emission control technologies in India

MIDEPLAN (2011). Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos. E. e. I. División de Planificación. Santiago, Chile,.

Ministerio de Medio Ambiente (2012a). Anteproyecto de Revisión de las Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Livianos.

Ministerio de Medio Ambiente (2012b). Anteproyecto de Revisión de las Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Medianos.

Ministerio de Medio Ambiente (2012c). Anteproyecto de Revisión de las Normas de Emisión Aplicables a Vehículos Motorizados Pesados.

Sistemas Sustentables (2010). Análisis y Desarrollo de una Metodología de Estimación de Consumos Energéticos y Emisiones para el Transporte. Estudio Elaborado para SECTRA.

9. Anexos

I. Factores de consumo de combustible

Tabla 73: Factores de consumo de combustible desagregados por tipo de vehículo, sub tipo de vehículo, norma o estándar de emisión que cumple y combustible que utiliza.

Tipo de Vehículo	Subtipo	Estándar	Combustible	gr comb/km
Buses	Articulado	Biodiesel	Diesel	0,0
Buses	> 12 metros rígido	Biodiesel	Diesel	0,0
Buses	Interurbano	Biodiesel	Diesel	0,0
Buses	< 12 metros	Biodiesel	Diesel	0,0
Buses	Articulado	Convencional	Diesel	521,2
Buses	> 12 metros rígido	Convencional	Diesel	425,8
Buses	Interurbano	Convencional	Diesel	447,9
Buses	< 12 metros	Convencional	Diesel	425,8
Buses	Articulado	E1	Diesel	449,8
Buses	> 12 metros rígido	E1	Diesel	357,6
Buses	Interurbano	E1	Diesel	407,0
Buses	< 12 metros	E1	Diesel	357,6
Buses	Articulado	E2	Diesel	434,1
Buses	> 12 metros rígido	E2	Diesel	343,9
Buses	Interurbano	E2	Diesel	398,1
Buses	< 12 metros	E2	Diesel	343,9
Buses	Articulado	E3	Diesel	449,8
Buses	> 12 metros rígido	E3	Diesel	358,8
Buses	Interurbano	E3	Diesel	434,9
Buses	< 12 metros	E3	Diesel	358,8
Buses	Articulado	E3- DPF	Diesel	449,8
Buses	> 12 metros rígido	E3- DPF	Diesel	358,8
Buses	Interurbano	E3- DPF	Diesel	434,9
Buses	< 12 metros	E3- DPF	Diesel	358,8
Buses	Articulado	E4	Diesel	426,4
Buses	> 12 metros rígido	E4	Diesel	340,8
Buses	Interurbano	E4	Diesel	415,1
Buses	< 12 metros	E4	Diesel	340,8
Buses	Articulado	E4- DPF	Diesel	426,4
Buses	> 12 metros rígido	E4- DPF	Diesel	340,8
Buses	Interurbano	E4- DPF	Diesel	415,1
Buses	< 12 metros	E4- DPF	Diesel	340,8
Buses	Articulado	E5	Diesel	426,4

Tipo de Vehículo	Subtipo	Estándar	Combustible	gr comb/km
Buses	> 12 metros rígido	E5	Diesel	340,8
Buses	Interurbano	E5	Diesel	415,1
Buses	< 12 metros	E5	Diesel	340,8
Buses	Articulado	E6	Diesel	426,4
Buses	> 12 metros rígido	E6	Diesel	340,8
Buses	Interurbano	E6	Diesel	415,1
Buses	< 12 metros	E6	Diesel	340,8
Buses	Articulado	Eléctrico	Diesel	0,0
Buses	> 12 metros rígido	Eléctrico	Diesel	0,0
Buses	Interurbano	Eléctrico	Diesel	0,0
Buses	< 12 metros	Eléctrico	Diesel	0,0
Buses	Articulado	Hibrido	Diesel	362,4
Buses	> 12 metros rígido	Hibrido	Diesel	289,7
Buses	Interurbano	Hibrido	Diesel	352,8
Buses	< 12 metros	Hibrido	Diesel	289,7
Buses	Articulado	Hibrido Plug-in	Diesel	298,5
Buses	> 12 metros rígido	Hibrido Plug-in	Diesel	238,5
Buses	Interurbano	Hibrido Plug-in	Diesel	290,6
Buses	< 12 metros	Hibrido Plug-in	Diesel	238,5
Camiones	Livianos	Biodiesel	Diesel	0,0
Camiones	Medianos	Biodiesel	Diesel	0,0
Camiones	Pesados	Biodiesel	Diesel	0,0
Camiones	Livianos	Convencional	Diesel	164,1
Camiones	Medianos	Convencional	Diesel	279,2
Camiones	Pesados	Convencional	Diesel	471,2
Camiones	Livianos	E1	Diesel	125,5
Camiones	Medianos	E1	Diesel	234,3
Camiones	Pesados	E1	Diesel	396,6
Camiones	Livianos	E2	Diesel	119,8
Camiones	Medianos	E2	Diesel	221,2
Camiones	Pesados	E2	Diesel	376,2
Camiones	Livianos	E3	Diesel	124,9
Camiones	Medianos	E3	Diesel	234,8
Camiones	Pesados	E3	Diesel	394,4
Camiones	Livianos	E3- DPF	Diesel	124,9
Camiones	Medianos	E3- DPF	Diesel	234,8
Camiones	Pesados	E3- DPF	Diesel	394,4
Camiones	Livianos	E4	Diesel	121,8
Camiones	Medianos	E4	Diesel	221,7
Camiones	Pesados	E4	Diesel	369,3

Tipo de Vehículo	Subtipo	Estándar	Combustible	gr comb/km
Camiones	Livianos	E4- DPF	Diesel	121,8
Camiones	Medianos	E4- DPF	Diesel	221,7
Camiones	Pesados	E4- DPF	Diesel	369,3
Camiones	Livianos	E5	Diesel	121,8
Camiones	Medianos	E5	Diesel	221,7
Camiones	Pesados	E5	Diesel	369,3
Camiones	Livianos	E6	Diesel	121,8
Camiones	Medianos	E6	Diesel	221,7
Camiones	Pesados	E6	Diesel	369,3
Camiones	Livianos	Eléctrico	Diesel	0,0
Camiones	Medianos	Eléctrico	Diesel	0,0
Camiones	Pesados	Eléctrico	Diesel	0,0
Camiones	Livianos	Hibrido	Diesel	103,5
Camiones	Medianos	Hibrido	Diesel	188,4
Camiones	Pesados	Hibrido	Diesel	313,9
Camiones	Livianos	Hibrido Plug-in	Diesel	85,3
Camiones	Medianos	Hibrido Plug-in	Diesel	155,2
Camiones	Pesados	Hibrido Plug-in	Diesel	258,5
Particulares	Comerciales	Biocombustible	Diesel	0,0
Particulares	Comerciales	Biocombustible	Gasolina	0,0
Particulares	Pasajeros	Biocombustible	Diesel	0,0
Particulares	Pasajeros	Biocombustible	Gasolina	0,0
Particulares	Comerciales	E1	Diesel	87,1
Particulares	Comerciales	E1	Gasolina	123,8
Particulares	Pasajeros	E1	Diesel	58,7
Particulares	Pasajeros	E1	Gasolina	71,9
Particulares	Comerciales	E3	Diesel	87,1
Particulares	Comerciales	E3	Gasolina	123,8
Particulares	Pasajeros	E3	Diesel	58,1
Particulares	Pasajeros	E3	Gasolina	73,1
Particulares	Comerciales	E4	Diesel	87,1
Particulares	Comerciales	E4	Gasolina	123,8
Particulares	Pasajeros	E4	Diesel	58,1
Particulares	Pasajeros	E4	Gasolina	73,6
Particulares	Comerciales	E5	Diesel	87,1
Particulares	Comerciales	E5	Gasolina	123,8
Particulares	Pasajeros	E5	Diesel	58,1
Particulares	Pasajeros	E5	Gasolina	73,6
Particulares	Comerciales	E6	Diesel	87,1
Particulares	Comerciales	E6	Gasolina	123,8

Tipo de Vehículo	Subtipo	Estándar	Combustible	gr comb/km
Particulares	Pasajeros	E6	Diesel	58,1
Particulares	Pasajeros	E6	Gasolina	73,6
Particulares	Comerciales	Eléctrico	Diesel	0,0
Particulares	Comerciales	Eléctrico	Gasolina	0,0
Particulares	Pasajeros	Eléctrico	Diesel	0,0
Particulares	Pasajeros	Eléctrico	Gasolina	0,0
Particulares	Comerciales	Hibrido	Diesel	0,0
Particulares	Comerciales	Hibrido	Gasolina	21,4
Particulares	Pasajeros	Hibrido	Diesel	0,0
Particulares	Pasajeros	Hibrido	Gasolina	21,4
Particulares	Comerciales	Hibrido Plug-in	Diesel	0,0
Particulares	Comerciales	Hibrido Plug-in	Gasolina	21,4
Particulares	Pasajeros	Hibrido Plug-in	Diesel	0,0
Particulares	Pasajeros	Hibrido Plug-in	Gasolina	21,4
Particulares	Comerciales	No Cat	Diesel	95,9
Particulares	Comerciales	No Cat	Gasolina	105,7
Particulares	Pasajeros	No Cat	Diesel	75,1
Particulares	Pasajeros	No Cat	Gasolina	104,3
Taxis	Básicos	Biocombustible	Diesel	0,0
Taxis	Básicos	Biocombustible	Gasolina	0,0
Taxis	Colectivos	Biocombustible	Diesel	0,0
Taxis	Colectivos	Biocombustible	Gasolina	0,0
Taxis	Básicos	E1	Diesel	95,2
Taxis	Básicos	E1	Gasolina	80,4
Taxis	Colectivos	E1	Diesel	95,2
Taxis	Colectivos	E1	Gasolina	80,4
Taxis	Básicos	E3	Diesel	95,2
Taxis	Básicos	E3	Gasolina	82,1
Taxis	Colectivos	E3	Diesel	95,2
Taxis	Colectivos	E3	Gasolina	82,1
Taxis	Básicos	E4	Diesel	95,2
Taxis	Básicos	E4	Gasolina	81,3
Taxis	Colectivos	E4	Diesel	95,2
Taxis	Colectivos	E4	Gasolina	81,3
Taxis	Básicos	E5	Diesel	95,2
Taxis	Básicos	E5	Gasolina	81,3
Taxis	Colectivos	E5	Diesel	95,2
Taxis	Colectivos	E5	Gasolina	81,3
Taxis	Básicos	E6	Diesel	95,2
Taxis	Básicos	E6	Gasolina	81,3

Tipo de Vehículo	Subtipo	Estándar	Combustible	gr comb/km
Taxis	Colectivos	E6	Diesel	95,2
Taxis	Colectivos	E6	Gasolina	81,3
Taxis	Básicos	Eléctrico	Diesel	0,0
Taxis	Básicos	Eléctrico	Gasolina	0,0
Taxis	Colectivos	Eléctrico	Diesel	0,0
Taxis	Colectivos	Eléctrico	Gasolina	0,0
Taxis	Básicos	Hibrido	Diesel	0,0
Taxis	Básicos	Hibrido	Gasolina	20,9
Taxis	Colectivos	Hibrido	Diesel	0,0
Taxis	Colectivos	Hibrido	Gasolina	20,9
Taxis	Básicos	Hibrido Plug-in	Diesel	0,0
Taxis	Básicos	Hibrido Plug-in	Gasolina	20,9
Taxis	Colectivos	Hibrido Plug-in	Diesel	0,0
Taxis	Colectivos	Hibrido Plug-in	Gasolina	20,9
Taxis	Básicos	No Cat	Diesel	104,4
Taxis	Básicos	No Cat	Gasolina	118,8
Taxis	Colectivos	No Cat	Diesel	104,4
Taxis	Colectivos	No Cat	Gasolina	118,8

Fuente: (Sistemas Sustentables 2010)

II. Asignación Parque Automotriz y Emisiones

A continuación se presenta la metodología utilizada para asignar el parque automotriz y emisiones según las categorías vehiculares normadas (Livianos, Medianos, Pesados) a partir de la clasificación utilizada en el modelo de estimación de emisiones STEP123.

Existe información sobre el parque vehicular del INE para todas las comunas y para las categorías de vehículos definidas por el INE. Este parque vehicular se utilizará para "repartir" las emisiones (que se encuentran a nivel regional y para cada subtipo de vehículo según el modelo STEP123) en las comunas de cada región de Chile.

Para repartir las emisiones a nivel comunal se debe contar con la distribución de vehículos en cada comuna de la región. Esta información debe estar desagregada a nivel de subtipo de vehículo, ya que la información sobre las emisiones y costos está a ese nivel, y a nivel de Categoría de la normativa ambiental, para poder obtener los resultados agregados al nivel que se busca (Livianos, Medianos, Pesados). A continuación se describe el proceso propuesto para realizar estimaciones y agrupaciones a nivel de normativa (Livianos, Medianos y Pesados):

1. En primer lugar se relacionan las categorías definidas por el INE a las categorías de vehículos de la normativa ambiental (Liviano, Mediano o Pesado):

Categoría de vehículos INE	Categoría de la normativa ambiental
Automovil_y_station_wagon	Liviano
Camioneta	Liviano
Todo_Terreno	Mediano
Taxi_basico	Liviano
Taxi_colectivo	Liviano
Taxi_turismo	Liviano
Bus_transporte_colectivo	Pesado
Bus_transporte_escolar_y_trabajadores	Pesado
Bus_transporte_colectivo	Pesado
Bus_transporte_escolar_y_trabajadores	Pesado
Furgon	Mediano
Minibus	Mediano
Minibus_furgon_escolar_y_trabajadores	Mediano
Minibus_transporte_colectivo	Mediano
Taxibus	Mediano
Camion_simple	Pesados
Remolque_y_semiremolque	Pesados
Tracto_camion	Pesados

2. Luego se relacionan las categoría de vehículos INE al Tipo de vehículo según la línea base del modelo STEP123:

Categoría de vehículos INE	Tipo de Vehículo
Automovil_y_station_wagon	Particulares
Camioneta	Particulares
Todo_Terreno	Particulares
Taxi_basico	Taxis
Taxi_colectivo	Taxis
Taxi_turismo	Taxis
Bus_transporte_colectivo	Buses
Bus_transporte_escolar_y_trabajadores	Buses
Furgon	Particulares
Minibus	Particulares
Minibus_furgon_escolar_y_trabajadores	Particulares
Minibus_transporte_colectivo	Particulares
Taxibus	Taxis
Camion_simple	Camiones
Remolque_y_semiremolque	Camiones
Tracto_camion	Camiones

3. Con los dos pasos anteriores se puede asociar la Categoría de la normativa ambiental con el Tipo de vehículo.

Con lo anterior es posible obtener el parque vehicular para cada comuna, desagregado a nivel de Tipo de Vehículo (modelo STEP123) y para la Categoría de la normativa ambiental.

Por ejemplo para la comuna de Aisén se tiene el siguiente parque vehicular para el año 2009:

Tabla 74: Categoría de la normativa ambiental

Tipo de Vehículo	Liviano	Mediano	Pesado
Buses	0	0	55
Camiones	0	0	313
Particulares	2.841	300	0
Taxis	177	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

4. Finalmente al contar con la información entre Tipo de Vehículos (modelo STEP123) y Categoría de la normativa ambiental se puede asociar cada subtipo de vehículo (modelo

STEP123) a la Categoría de la normativa ambiental. Con este nivel de información es posible estimar la distribución comunal de vehículos para cada región.

Por ejemplo para la IX región, en la comuna de Carahue, el porcentaje de vehículos con respecto a la región completa es de:

	Liviano	Mediano	Pesado
< 12 metros	0%	0%	1,23%
> 12 metros rígido	0%	0%	1,23%
Articulado	0%	0%	1,23%
Interurbano	0%	0%	1,23%
Livianos	0%	0%	2,34%
Medianos	0%	0%	2,34%
Pesados	0%	0%	2,34%
Pasajeros	1,28%	0,17%	0%
Comerciales	1,28%	0,17%	0%
Básicos	1,25%	0,15%	0%
Colectivos	1,25%	0,15%	0%

Así se pueden asignar las emisiones (que están desagregadas a nivel de región y subtipo de vehículo), a las comunas de cada región según el parque vehicular de cada comuna.

Con todo lo anterior se obtienen las emisiones a nivel de comuna y para cada Categoría de la normativa ambiental.