



Evaluación de medidas de descontaminación atmosférica para el PPDA – Región Metropolitana

Informe Final preparado para:
Ministerio de Medio Ambiente

1 Índices

Índice de contenidos

1	Índices	2
2	Antecedentes	6
3	Objetivos del proyecto	7
3.1	Objetivo general	7
3.2	Objetivo específico que aborda este informe	7
4	Análisis de las medidas actuales del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana de Santiago y su estado de avance.	8
4.1	Revisión de las medidas del PPDA y su estado de avance	8
4.2	Análisis de las medidas del PPDA y sus avances por capítulo.	9
4.2.1	Capítulo IV: Combustibles	9
4.2.2	Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial.....	12
4.2.3	Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes	15
4.2.4	Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal	17
4.3	Repositorio digital.	23
4.3.1	Antecedentes previos.....	23
4.3.2	Antecedentes Nuevos	23
4.3.3	Confección del Repositorio Digital	23
5	Análisis de experiencias internacionales.....	26
5.1	Levantamiento de información de experiencias internacionales.	26
5.1.1	Capítulo IV - Combustibles	27
5.1.2	Capítulo V - Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial.....	29
5.1.3	Capítulo IX - Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes.	30
5.1.4	Capítulo X - Medidas de Incentivo al Cambio Modal.	35
6	Listado de medidas posibles del nuevo PPDA.....	38
6.1	Listado preliminar de propuestas.....	38
6.1.1	Capítulo IV: Combustibles	39

6.1.2	Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial.....	41
6.1.3	Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes	42
6.1.4	Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal	46
6.2	Tablas de Priorización.....	54
6.2.1	Capítulo IV: Combustibles	56
6.2.2	Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial.....	57
6.2.3	Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes	58
6.2.4	Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal	60
7	Estimación de costos	62
7.1	Metodología	62
7.2	Capítulo IV: Combustibles	62
7.2.1	Calidad de petróleo diesel gasolinas y kerosene	62
7.2.2	Calidad de petróleo N°5 y N°6.....	63
7.2.3	Calidad del GLP	64
7.3	Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial	65
7.3.1	Capacitación y fiscalización choferes de camiones distribuidores para correcta operación del sistema de recuperación	65
7.3.2	Capacitación y fiscalización Bomberos para correcta operación del sistema de recuperación	66
7.4	Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes.....	67
7.4.1	Pavimentación de calles sin pavimentar (priorizando zonas de alto flujo de vehículos pesados)	67
7.4.2	Creación y mantención de Áreas Verdes	68
7.4.3	Prevención de incendios forestales	69
7.5	Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal	70
7.5.1	Aceleración de implementación de Buses Eléctricos Urbanos para el transporte público	70
7.5.2	Aumento de Ciclovías.....	73
7.6.1	.....	73
8	Estimación de emisiones	74
8.1	Metodología	74
8.2	Capítulo IV: Combustibles	74
8.2.1	Calidad de petróleo diésel gasolinas y kerosene	74

8.2.2	Calidad de petróleo N°5 y N°6.....	75
8.2.3	Calidad del GLP.....	75
8.3	Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial	76
8.3.1	Capacitación y fiscalización choferes para correcta operación del sistema de recuperación	76
8.3.2	Capacitación y fiscalización Bomberos para correcta operación del sistema de recuperación	77
8.4	Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes.....	78
8.4.1	Pavimentación de calles sin pavimentar (priorizando zonas de alto flujo de vehículos pesados)	78
8.4.2	Creación y mantención de Áreas Verdes	79
8.4.3	Prevención de incendios forestales	80
8.5	Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal	81
8.5.1	Aceleración de implementación de Buses Eléctricos Urbanos para el transporte público	81
8.5.2	Aumento de Ciclovías.....	82
9	Comparativo de las Medidas.....	83
9.1	Metodología	83
10	Conclusiones.....	85
10.1	Análisis de los resultados obtenidos y recomendaciones para la implementación de las medidas	85
11	Glosario	87
12	Bibliografía	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Análisis de estado de avance Capítulo IV	10
Tabla 2 - Análisis de estado de avance Capítulo V	13
Tabla 3 - Análisis de estado de avance Capítulo IX	15
Tabla 4 - Análisis estado de avance Capítulo X	18
Tabla 5 - Análisis internacional Capítulo IV	27
Tabla 6 - Análisis internacional Capítulo V	29
Tabla 7 - Análisis internacional Capítulo IX.	31
Tabla 8 - Análisis internacional Capítulo X.	35
Tabla 9 - Listado de medidas potenciales Capítulo IV.....	39
Tabla 10 - Listado de medidas potenciales Capítulo V.....	41
Tabla 11 - Listado de medidas potenciales Capítulo IX.....	42
Tabla 12 - Listado de medidas potenciales Capítulo X.....	46
Tabla 13 - Tabla de Priorización Capítulo IV.....	56

Tabla 14 - Tabla de priorización Capítulo V.....	57
Tabla 15 - Tabla de priorización Capítulo IX.....	59
Tabla 16 - Tabla de priorización Capítulo X.....	61
Tabla 17 - Proyección de costos Capítulo IV - Combustibles	62
Tabla 18 - Proyección de costos Capítulo IV - Petróleo 5 y 6	63
Tabla 19 - Proyección de costos Capítulo IV - GLP	64
Tabla 20 - Proyección de costos Capítulo V - capacitación choferes	65
Tabla 21 - Proyección de costos Capítulo V - capacitación bomberos.....	66
Tabla 22 - Proyección de costos Capítulo IX - Pavimentación.....	67
Tabla 23 - Proyección de costos Capítulo IX - Áreas Verdes	68
Tabla 24 - Proyección de costos Capítulo IX - Prevención de incendios.....	69
Tabla 25 - Proyección de buses eléctricos caso base	70
Tabla 26 - Proyección de buses eléctricos caso con medida.....	70
Tabla 27 - Adelantamiento inversiones en buses y ahorro de costos operacionales caso base versus caso con medida	71
Tabla 28 - Proyección de costos Capítulo X – Ciclovías.....	73
Tabla 29 - Proyección de emisiones Capítulo IV – combustibles	74
Tabla 30 - Proyección de emisiones Capítulo IV - Petróleo 5 y 6	75
Tabla 31 - Proyección de emisiones Capítulo IV – GLP	75
Tabla 32 - Proyección de emisiones Capítulo V - Capacitación choferes.....	76
Tabla 33 - Proyección de emisiones Capítulo V - Capacitación bomberos	77
Tabla 34 - Proyección de emisiones Capítulo IX – Pavimentación.....	78
Tabla 35 - Proyección de emisiones Capítulo IX - Áreas Verdes	79
Tabla 36 - Proyección de emisiones Capítulo IX - Prevención de incendios	80
Tabla 37 - Emisiones evitadas por cada tecnología.....	81
Tabla 38 - Disminución de emisiones de MP y NOx equivalente por el adelantamiento de meta de 100% de buses eléctricos	81
Tabla 39 - Proyección de emisiones Capítulo X – Ciclovías.....	82
Tabla 40: comparativo medidas seleccionadas capítulos IV, V, IX y X	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Carpeta Repositorio Digital	24
Ilustración 2 - Carpeta In-Data	24
Ilustración 3 - Contenido de la carpeta Capítulo IX.....	24
Ilustración 4 - Extracto del índice en hoja de cálculo "Repositorio Digital".....	25

2 Antecedentes

El D.S. N°31/2016 del MMA, del 24 de noviembre de 2017, que establece el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago (en adelante PPDA), tiene por objetivo dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire, asociadas a los contaminantes Material Particulado Respirable (MP10), Material Particulado Fino Respirable (MP2,5) y Ozono (O₃), en un plazo de 10 años.

Mediante Resolución Exenta N°1442 del MMA, de 24 de noviembre de 2022, se da inicio al proceso de revisión y actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana. Para la actualización del plan se requiere evaluar medidas asociadas a los principales sectores identificados en el inventario de emisiones, sin embargo, también se requiere una mirada amplia de medidas adicionales que aporten a la descontaminación de la región. De hecho, el PPDA establece medidas que no se asocian directamente con los sectores del inventario, por ejemplo, medidas asociadas a los combustibles, control de emisiones de COVs, control de polvo y áreas verdes, entre otras, las cuales se abordan en los capítulos IV, V, IX y X.

Los resultados que se buscan en este estudio son de gran importancia para poder realizar el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) que tendrá el nuevo Plan de Descontaminación Atmosférica de la RMS, insumo esencial en el proceso de actualización de este instrumento.

3 Objetivos del proyecto

3.1 Objetivo general

Determinar medidas o regulaciones que favorezcan la reducción de emisiones de material particulado, sus precursores y otros gases en la RMS, además de generar los insumos necesarios para llevar a cabo el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) sobre estas medidas, en el marco de la actualización del PPDA RMS.

3.2 Objetivo específico que aborda este informe

1. Realizar un análisis de las medidas actuales del PPDA RMS que no se asocien directamente a los principales sectores del inventario de emisiones de la Región.
2. Identificar medidas de descontaminación para la actualización del presente Plan, donde se indique descripción y justificación de cada una de ellas.
3. Realizar una priorización de medidas de descontaminación para su análisis detallado
4. Determinar el potencial de reducción de emisiones de las medidas priorizadas, con una proyección de 15 años a partir del año base 2022.

En este informe se procede a desarrollar completamente los cuatro objetivos solicitados en las bases de licitación con sus respectivas conclusiones y recomendaciones del equipo consultor para la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica.

4 Análisis de las medidas actuales del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana de Santiago y su estado de avance.

4.1 Revisión de las medidas del PPDA y su estado de avance

En una primera etapa, se procede a realizar un análisis detallado del estudio “Revisión de las Medidas del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana de Santiago – PPDA” (MMA, 2023), desarrollado por ECOS, referido a los siguientes capítulos:

- Capítulo IV: Combustibles
- Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial
- Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes
- Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal

Para esto, se procede a detallar la evaluación realizada en su oportunidad (año 2023), para cada uno de los artículos, y complementarlo con la información levantada por el equipo consultor en el marco de esta consultoría, tanto a partir de información enviada por la contraparte técnica como también a partir de normativas y regulaciones que tengan injerencia en los temas tratados y de información secundaria reciente de otras fuentes que puedan ayudar con información sobre el avance de dichas medidas.

A partir de este análisis, se presentan en los siguientes capítulos los nuevos avances para cada una de las medidas, si es que han mejorado con respecto al estudio del 2023 mencionado anteriormente, y si el equipo consultor recomienda mantener, modificar o eliminar la medida mencionada y de qué forma, en tablas con versiones resumidas de la información con una versión más completa de cada análisis en el Anexo N°1, que se encuentra en el siguiente enlace del Repositorio Digital:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UzUvnKqV3Ww_XpI7xY_b6H8ikwjUfoig5qVBx7T2lg/edit?usp=drive_link.

4.2 Análisis de las medidas del PPDA y sus avances por capítulo.

4.2.1 Capítulo IV: Combustibles

Como se observa en la siguiente tabla 1, se hizo un análisis a partir del estudio del año 2023, con su evaluación de cumplimiento de cada artículo de la normativa del PPDA de la Región Metropolitana, y se hizo un levantamiento de nuevos antecedentes para cada uno de estos, por lo que se pudo determinar que la Superintendencia de Electricidad y Combustibles informa anualmente a la Superintendencia del Medio Ambiente la cantidad de fiscalizaciones realizadas para la verificación del cumplimiento de los artículos del PPDA, en cumplimiento de la resolución exenta N°1655/2018 artículo 13.

La SEC de acuerdo a su Resolución 23123 Exenta, realiza un sorteo con representatividad estadística, para definir los establecimientos de expendio de combustibles vehiculares que deben realizar muestreo y análisis de la calidad de los combustibles suministrados, los muestreos y análisis deben ser realizados por laboratorios que deberán estar acreditados por un Organismo de Acreditación adscrito a ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation).

Aunque SEC reporta el número de fiscalizaciones realizadas a los servicentros de suministro de combustibles líquidos, no reporta los resultados de los análisis realizados, por lo cual no está disponible la información de la cantidad de muestreos realizados cumple con la normativa de la calidad ni el resultado promedio de los parámetros monitoreados.

El porcentaje real medido de los contenidos de azufre y cenizas en los combustibles líquidos es útil para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos que genera el uso de los combustibles líquidos vehiculares, residenciales e industriales.

Tabla 1 - Análisis de estado de avance Capítulo IV

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 20: Calidad de petróleo diesel	<p>SEC realiza mensualmente un sorteo de los establecimientos de expendio de petróleo diesel que deben realizar el muestreo y análisis. La Resolución N° 19049 establece las actividades mínimas a realizar. La resolución 23123 actualiza el procedimiento para el monitoreo de la calidad de los combustibles líquidos.</p>	<p>El reporte que debe realizar SEC considera la cantidad de fiscalizaciones realizadas respecto a la calidad de los combustibles anualmente, sin embargo no se reportan los resultados obtenidos respecto a la calidad obtenida de las fiscalizaciones, por lo cual no es factible concluir si el combustible expendido cumple con la calidad y no se tienen antecedentes de los promedios de la calidad del combustible.</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma y el promedio del contenido de azufre y cenizas que es medido en los muestreos realizados.</p>
Artículo 21: Calidad Gasolina motores de ignición por chispa	<p>SEC realiza mensualmente un sorteo de los establecimientos de expendio de gasolinas que deben realizar el muestreo y análisis. La Resolución N° 19049 establece las actividades mínimas a realizar. La resolución 23123 actualiza el procedimiento para el monitoreo de la calidad de los combustibles líquidos.</p>	<p>El reporte que debe realizar SEC considera la cantidad de fiscalizaciones realizadas respecto a la calidad de los combustibles anualmente, sin embargo no se reportan los resultados obtenidos respecto a la calidad obtenida de las fiscalizaciones, por lo cual no es factible concluir si el combustible expendido cumple con la calidad y no se tienen antecedentes de los promedios de la calidad del combustible.</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma y el promedio del contenido de azufre que es medido en los muestreos realizados.</p>
Artículo 22: Calidad de los biocombustibles	<p>No se reportan fiscalizaciones a la calidad de los biocombustibles.</p>	<p>Se recomienda modificar la medida, ya que a la fecha no hay comercialización de estos combustibles en la RM.</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere condicionar el reporte a la existencia de comercialización del biocombustible incluyendo el reporte del % de azufre y cenizas medido.</p>

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 24: Calidad de los petróleos combustibles grado 5 y 6	No se reportan fiscalizaciones a la calidad de los petróleos combustibles grado 5 y 6.	El análisis de estos combustibles es realizado e informado por los distribuidores mayoristas. Los petróleos combustibles grado 5 y 6 son de uso industrial por lo que no son distribuidos por los servicentros fiscalizados habitualmente por SEC.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere exigir la toma de muestra por la ETFA y el reporte del % de azufre y cenizas medido.
Artículo 25: Calidad del kerosene	SEC realiza mensualmente un sorteo de los establecimientos de expendio de kerosene que deben realizar el muestreo y análisis. La Resolución N° 19049 establece las actividades mínimas a realizar. La resolución 23123 actualiza el procedimiento para el monitoreo de la calidad de los combustibles líquidos.	El reporte que debe realizar SEC considera la cantidad de fiscalizaciones realizadas respecto a la calidad de los combustibles anualmente, sin embargo no se reportan los resultados obtenidos respecto a la calidad obtenida de las fiscalizaciones, por lo cual no es factible concluir si el combustible expendido cumple con la calidad y no se tienen antecedentes de los promedios de la calidad del combustible.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma y el promedio del contenido de azufre y cenizas que es medido en los muestreos realizados.
Artículo 26: Calidad del GLP de uso vehicular	No se reportan fiscalizaciones a la calidad del GLP de uso vehicular.	El análisis de estos combustibles es realizado e informado por los distribuidores mayoristas. El GLP se distribuye en servicentros dedicados.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma y el promedio del contenido de azufre y cenizas que es medido en los muestreos reportados por los distribuidores mayoristas.
Artículo 27: Calidad del GLP de uso residencial	No se reportan fiscalizaciones a la calidad del GLP de uso residencial, industrial y comercial.	El análisis de estos combustibles es realizado e informado por los distribuidores mayoristas.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma y el promedio del contenido de azufre y cenizas que es medido en los muestreos reportados por los proveedores mayoristas.

4.2.2 Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial

Como se observa en la siguiente tabla 2, se hizo un análisis a partir del estudio del año 2023, con su evaluación de cumplimiento de cada artículo de la normativa del PPDA de la Región Metropolitana, y se hizo un levantamiento de nuevos antecedentes para cada uno de estos, por lo que se pudo determinar que la Superintendencia de Electricidad y Combustibles informa anualmente a la Superintendencia del Medio Ambiente la cantidad de fiscalizaciones realizadas para la verificación del cumplimiento de los artículos del PPDA, en cumplimiento de la Art. 13, Res. Ex. N°1655/2018 SMA.

Aunque la SEC reporta el número de fiscalizaciones realizadas, no se indica si los establecimientos fiscalizados cumplen o no con la obligación de contar con techos flotante, mantas externas o techos, el reporte no indica si se cumple con el requerimiento de tener sistemas de recuperación de vapores o si cumplen con asegurar la captura de, al menos, el 90% del total de vapores desplazados durante las actividades normales de transferencia de combustibles desde camiones tanques, o si existe un catastro de instalaciones y sistemas de recirculación de vapores.

La información de la cantidad de establecimientos que cuentan con recirculación de vapores y la eficiencia de captura permite hacer una estimación de las emisiones de COVs evaporativos generadas por el almacenamiento y distribución de combustibles líquidos en la Región Metropolitana.

Tabla 2 - Análisis de estado de avance Capítulo V

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 30: Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de techo flotante, mantas externas, o tanques de techo fino	SEC reporta la cantidad de fiscalizaciones realizadas al año en los estanques de almacenamiento.	El reporte que debe realizar SEC considera la cantidad de fiscalizaciones realizadas a los Tanques que almacenen combustibles líquidos clase I. El reporte no indica si se cumple con el requerimiento de tener techo flotante o techo fijo.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma.
Artículo 31: Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de captura de gases	SEC reporta la cantidad de fiscalizaciones realizadas al año en los estanques de almacenamiento.	El reporte que debe realizar SEC considera la cantidad de fiscalizaciones realizadas a los Tanques que almacenen combustibles líquidos clase I. El reporte no indica si se cumple con el requerimiento de tener sistemas de recuperación de vapores o si cumplen con asegurar la captura de, al menos, el 90% del total de vapores desplazados durante las actividades normales de transferencia de combustibles desde camiones tanques.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma y eliminar la exigencia de medición del % de 90 %.
Artículo 32: camiones tanque de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de captura de gases	SEC no reporta la cantidad de fiscalizaciones realizadas al año en los camiones tanque.	Los camiones tanques requieren la certificación SEC previa a la operación en la RM.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma.
Artículo 34: instalaciones de almacenamiento y/o distribución de combustibles líquidos Clase I. Informe trimestral de cumplimiento.	SEC no reporta la cantidad de reportes de las instalaciones recibidas.	Los estanques de almacenamiento cuentan con certificación del fabricante.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el % de cumplimiento de la norma.

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 35: instalaciones de almacenamiento y/o distribución de combustibles líquidos Clase I. Catastro del actual sistema de recuperación de emisiones	SEC no reporta el desarrollo o informe de catastro.	SEC cuenta con el catastro de instalaciones, pero debe ser actualizado.	El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido. Se sugiere incorporar el número de instalaciones que cumplen la norma.

4.2.3 Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes

Como se observa en la siguiente tabla 3, se hizo un análisis a partir del estudio del año 2023, con su evaluación de cumplimiento de cada artículo de la normativa del PPDA de la Región Metropolitana, y se hizo un levantamiento de nuevos antecedentes para cada uno de estos, por lo que se pudo determinar que en general hay un avance parcialmente conforme en las diferentes medidas, con un cumplimiento de metas acorde a lo propuesto inicialmente en el PPDA.

Sin embargo, aún se pueden realizar avances en la cantidad y en la forma de implementación de estas medidas, de la misma forma en que una regulación y fiscalización más frecuente y con reportes integrados se consideran necesarias para garantizar que estas medidas se continúen aplicando de forma eficiente, al tener clara la eficacia de estas medidas, su alcance y la proyección de estas.

Tabla 3 - Análisis de estado de avance Capítulo IX

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 99: Aumento áreas verdes. 100 nuevas hectáreas de áreas verdes.	GORE en reporte de avance al 31-01-2024, se indica un aumento de áreas verdes de 11,91 ha en el año 2023.	Ante solicitud de información, se entregó al año 2023, pero falta desde el año 2017 al año 2022.	Se recomienda desarrollar un informe integrado desde 2017.
Artículo 100: Exigencia de compensación de emisiones por emisiones de MP mediante mantención y generación de áreas verdes y masas de vegetación.	El área de recursos naturales de la SEREMI de medio Ambiente RM, ha reportado hasta el año 2023, un compromiso de mantención y áreas verdes por 268,5 hectáreas, para proyectos comprometidos por PCE por un período entre 1 año y 10 años principalmente en la Reserva Natural Altos de Cantillana, Santuario de la naturaleza Quebrada de la Plata, parque natural Aguas de Ramón	La mantención y áreas verdes es una medida que cuenta con una Guía para su ejecución para cumplimiento de planes de compensación de 268,5 hectáreas comprometidas, demuestran que esta actividad ha sido efectiva.	Modificar la exigencia de compensación de emisiones ya está establecida. La recomendación es que Seremi medio Ambiente, presente anualmente una información más detallada, no solamente con las hectáreas comprometidas, sino también, con el grado de cumplimiento en el tiempo. A su vez, desarrollar un estudio donde la información contemple mediante SIG el detalle de lo comprometido y ejecutado

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 101: Sistema oficial, actualizado y público, con la información relativa a áreas verdes urbanas, incluyendo su ubicación referenciadas geográficamente	<p>GORE en reporte de avance al 31-01-2024 informa que: Durante el año 2023, se dio inicio al proyecto "Transferencia visualizador web de imagen HD para planificación regional integrada RMS", COD IDI 40045935-0, cuyo producto es una imagen satelital de alta resolución (30 cm), que está siendo desarrollada por el Centro de Información de Recursos Naturales - CIREN; con esta imagen se pretende obtener una nueva capa de áreas verdes, entre otro tipo de información territorial. Se estima, que la actualización de áreas verdes a nivel regional, estará disponible en el geoportal institucional del Gobierno Regional en el mes de diciembre de 2024, esperando poder contar en esa fecha con el Indicador de Cobertura Vegetal -NDVI para la Región Metropolitana.</p>	<p>A diciembre de 2024, estaría cumplida esta tarea.</p>	<p>Se recomienda que esta actividad, se ejecute al menos cada 3 años.</p>
Artículo 102: Ampliar la cobertura y utilizar tecnología certificada para la recolección de polvo para el Plan de Aspirado y Lavado de Calles	<p>GORE en reporte de avance al 31-01-2024 informa que: Mediante Oficio N° 989 de fecha 27.03.2023, este Gobierno Regional informó a la SEREMI de Medio Ambiente, que los servicios contratados para la ejecución del Programa de Aspirado y Lavado de Calles, finalizaron en septiembre de 2022; y que está trabajando para implementar otras medidas del Capítulo IX del PPDA R.M, asociadas al artículo 99 y 103.</p>	<p>El estudio finalizado "Estabilización de bermas y bandejas en la RMS", determinó la conveniencia de reconsiderar un programa de lavado y aspirado de calles, pero combinado con la estabilización de veredas y bandejas.</p>	<p>Se recomienda considerar en forma conjunta el lavado y aspirado de calles con intervención de bermas y bandejas, de modo que ambas medidas se potencian en lograr una reducción de las emisiones de MP resuspendido.</p>
Artículo 103: Gestionar la realización de estudios de factibilidad técnica y económica para la elaboración y ejecución de un programa de estabilización de bermas y bandejas de tierra en la RM.	<p>GORE en reporte de avance al 31-01-2024 informa que: Con fecha 27 de febrero 2023, se da inicio al proceso de ejecución del estudio "Estabilización de bermas y bandejas en la RMS" BIP N°40029480-0, cuyo contrato finaliza en febrero 2024.</p>	<p>Estudio ejecutado "Estabilización de bermas y bandejas en la RMS".</p>	<p>Misma recomendación que el punto anterior. En nuevo PPDA se recomienda implementar en distintas comuna programas de bermas y bandejas junto con lavado y aspirado de calles</p>

4.2.4 Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal

Como se observa en la siguiente tabla 4, se hizo un análisis a partir del estudio del año 2023, con su evaluación de cumplimiento de cada artículo de la normativa del PPDA de la Región Metropolitana, y se hizo un levantamiento de nuevos antecedentes para cada uno de estos artículos analizados previamente por ECOS para determinar el nivel de avance en cada uno de estos durante el último año.

Se pudo determinar que durante el período desde el estudio anterior y el presente estudio han habido avances en el cumplimiento de la mayoría de los puntos relacionados a las medidas de incentivo al cambio modal, que ya estaban en niveles conformes de cumplimiento o con las metas ya cumplidas, y en general siguen siendo relevantes en las agendas de los organismos responsables, como lo son el aumento de las ciclovías o las pistas de solo bus.

Sin embargo, en algunos puntos con metas menos claras o inexistentes, se pueden observar avances más leves con respecto a otros puntos de mayor prioridad, como es el caso de algunas de las acciones relacionadas al proyecto de la Zona Verde del Transporte de Santiago, asociado a las Acciones Nacionalmente Apropiadas de Mitigación (NAMA por sus siglas en inglés) introducidas en la COP2007, proyecto que actualmente ha finalizado pero que algunos de los puntos que conformaban las acciones que eran el foco del proyecto no han visto grandes avances en términos generales, aunque en el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica no se establecen metas concretas para estos.

Tabla 4 - Análisis estado de avance Capítulo X

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 104: Construcción de 300 kilómetros de ciclorutas y 3.000 bici estacionamientos públicos.	<p>Ciclovías: Según datos de diciembre de 2022, la cantidad de ciclovías en la Región Metropolitana alcanzan los 781 km. Según datos de junio de 2024, este número aumentó a 841 km (480 km en Santiago), con 536 km en planificación, 714 km en diseño y 2 km en ejecución, para cumplir con el nuevo Plan Maestro de Ciclovías 2035 presentado a inicios de 2024.</p> <p>Durante 2023 se trabajó en la formulación del proyecto “Construcción y Mejoramiento Red Ciclovías Gran Santiago”, derivado del estudio de planificación “Actualización y evaluación social del Plan Maestro de Ciclovías del Gran Santiago” que finalizó en noviembre de 2022. En esta etapa se aprueban los recursos para elaborar los diseños de 820 km para la red de Ciclovías de la provincia de Santiago y las comunas de San Bernardo y Puente Alto, de los que se seleccionaron en una primera etapa alrededor de 400 km para realizar los diseños de ingeniería. Por parte del GORE, gran parte de los avances durante el 2023 corresponden a diseños y anteproyectos para ser ejecutados en 2024, mientras que la SEREMI de Transportes verificó que se finalizó la construcción de 16,54 km de ciclovías en diferentes comunas de Santiago.</p>	<p>Ha mejorado, aunque aún falta para alcanzar las nuevas metas de kilómetros de ciclovías y la cantidad de estaciones de metro con opción de estacionamientos para cambio modal.</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido.</p> <p>Las metas del artículo fueron cumplidas, por lo que deben ser actualizadas tomando en cuenta el marco del nuevo Plan Maestro de Ciclovías que está desarrollando el GORE (2035).</p> <p>Además, el foco del artículo no debe estar solamente en el aumento de los kilómetros totales de ciclovías, sino que debe tener énfasis en la construcción de vías que funcionen como alternativas a las rutas de mayor flujo de personas en la ciudad (tanto vehiculares como de transporte público).</p>

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
	<p>Biciestacionamientos: En diciembre de 2022, se instalaron tres estacionamientos para bicicletas gratuitos en estaciones de metro para fomentar el cambio modal en el programa Línea Cero, con lo que se completaron estacionamientos en 33 estaciones de metro de las 136 totales. En agosto de 2024, según datos de Metro, se encuentran estos estacionamientos en 58 estaciones, además de otras iniciativas como Bicimetro (estacionamientos pagados en 9 estaciones), que suman 746 espacios para bicicletas en total. Por otro lado, 3.100 estacionamientos se han construido en el proyecto “Adquisición estacionamientos bicicleta corta estadía comunas RM”, en 2022 se ejecutó la primera etapa del convenio entre el GORE RM y Metro, en que se busca instalar 70 módulos para estacionamiento de bicicletas en las estaciones de Metro. Durante 2023 se ejecutó la etapa 2 que incluyó 9 nuevas estaciones y 230 módulos de estacionamiento de bicicleta, y se inició la formulación de la etapa 3, que contempla 23 estaciones de metro y 230 módulos de estacionamiento de bicicletas.</p>		

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
<p>Artículo 105: Estándar de construcción adecuado en la infraestructura de ciclo rutas y bici estacionamientos.</p> <p>Referencias: Vivienda y Urbanismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprobada mediante acuerdo N° 215-14 - Incluido en el Plan Maestro de Transporte 2025 - Manual de vialidad ciclo-inclusiva. - Manual de construcción de ciclovías. - Manual de bici estacionamientos en el espacio público. 	<p>Originalmente en el PPDA se tomaban como estándares de construcción de ciclovías diferentes documentos y manuales que otorgaban lineamientos generales. Sin embargo, el año 2021 se promulgó el decreto 102 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, modificado por última vez en enero del 2024, que establece una normativa clara de estandarización de ciclovías que debe ser seguida en la construcción de nuevas rutas y que debe ser alcanzada por rutas antiguas a través de remodelaciones y mejoramientos de infraestructura.</p>	<p>Ha mejorado</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener la medida, pero con actualización de contenido.</p> <p>Es necesario tener en cuenta el nuevo Plan Maestro de Ciclovías 2035 en desarrollo anunciado a principios del 2024.</p> <p>A su vez, en lugar de los documentos listados con sugerencias para los estándares de ciclovías, se debe tomar en cuenta el nuevo Decreto 102 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones publicado el 2021 y modificado por última vez en 2024 que reglamenta los estándares de las ciclovías.</p> <p>Además, es necesario hacer esfuerzos para que estos estándares en cuestión sean revisados, actualizados y aumentados constantemente, y que sean cumplidos en la construcción de nuevas ciclorrutas y estacionamientos de bicicletas, pero sobre todo para que se eleven los estándares de las ciclovías ya construidas a estos nuevos estándares a través de proyectos de mejora de la infraestructura.</p>

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
Artículo 106: En un plazo de 12 meses, mejorar la integración modal y la experiencia de transbordos en el sistema, con nueva infraestructura especializada, así como asegurar el acceso a los sistemas de transporte público.	<p>Conforme al plazo según el estudio de 2023. Desde entonces, los nuevos avances se han concentrado en el cambio modal con bicicletas mencionado en el artículo 104. Otro tipo de cambios modales importantes no se han inaugurado el último año, pero esto cambiaría al incluir nueva infraestructura de cambio modal en las futuras estaciones de la Línea 7, y posteriormente en las líneas 8 y 9.</p>	<p>Ha mejorado, pero no en gran medida fuera de lo citado en el artículo 104.</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener esta medida, pero con actualización de contenido. Es necesario actualizar el enfoque de este artículo más allá de un plazo para garantizar que todos los proyectos futuros de transporte público tengan entre sus condiciones la infraestructura especializada para asegurar el acceso, la experiencia y la integración modal, como por ejemplo en los casos de la nueva línea 7 del Metro y de las líneas ya aprobadas 8 y 9, además de todas las que se vayan desarrollando a futuro.</p>
Artículo 107: Construcción de 60 kilómetros de pistas solo bus, localizadas en la zona de cobertura de Transantiago.	<p>Conforme, al año 2021 ya se contaba con 94 km de nuevas pistas solo bus de las 109,5 km proyectados (85%). En mayo de 2024 se pusieron en marcha un total de 22,5 km de pistas solo bus nuevas. Santiago actualmente cuenta con 445,8 km entre pistas solo bus, vías exclusivas y corredores, según datos de Red.</p> <p>Las pistas de solo bus y los carriles exclusivos se mantienen como parte importante de la agenda del Ministerio de Transportes, con un gran número de proyectos en revisión para aumentar tanto la cantidad y la calidad de las pistas, como la fiscalización a través de cámaras para garantizar su efectividad.</p>	<p>Ha mejorado</p>	<p>El equipo consultor recomienda mantener esta medida, pero con actualización de contenido. El artículo se debería actualizar tanto estableciendo nuevas metas de pistas de solo bus, como con metas nuevas enfocadas a la implementación de carriles exclusivos de buses. Esta medida es considerada clave por los actores clave implicados, por lo que se recomienda mantenerse ya que el tema de construcción de nuevas pistas de solo bus y su fiscalización están constantemente presentes en la agenda del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones</p>

Artículo / Medida	Nuevos antecedentes de cumplimiento levantados	Evaluación de cumplimiento de acuerdo a análisis actual	Recomendación del equipo consultor
<p>Artículo 108-109: Promoción de las acciones necesarias para la implementación de la Zona Verde para el Transporte en Santiago (ZVTS). Emisiones de gases efecto invernadero (GEI), sistema de medición, reporte y verificación (MRV), facilitación de acceso a oportunidades de fondos disponibles en el marco del financiamiento del clima.</p>	<p>Las acciones vinculadas al “NAMA – Santiago Zona Verde” son:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Promoción de vehículos cero emisión, (2) Buses de transporte público de bajas emisiones, (3) Taxis verdes, (4) Red para movilidad eléctrica (público - privado), (5) Autos públicos eléctricos. Car Sharing, (6) Ampliación red de abastecimiento, (7) Incentivos para recambio. <p>A partir de esto, se puede determinar que han existido diversos avances en este punto. En primer lugar, lo reportado respecto a los cambios modales de bicicletas mencionadas en el artículo 104.</p> <p>Por otro lado, a principios del 2024 se anunciaron 214 nuevos buses eléctricos para la red Transantiago.</p> <p>Además, a principios del año 2024 se entregó el primer grupo de taxis 100% eléctricos de un total de 50 que circularán por Santiago, como parte del programa Mi Taxi Eléctrico.</p> <p>Por parte de la ampliación de la red de abastecimiento para vehículos eléctricos, el programa +CargaRápida busca descentralizar la infraestructura, y a través de este programa se encuentran en implementación 16 nuevos cargadores en 12 regiones, según datos de principios de 2024. Fuera de esta iniciativa de alianza público-privada, la mayor red de abastecimiento en la Región Metropolitana y Chile en su totalidad corresponde a Copec Voltex, con 11 terminales que abastecen el 50% de la energía para el transporte público.</p>	<p>Ha mejorado, aunque aún faltan avances en las demás acciones vinculadas al “NAMA – Santiago Zona Verde” más allá de este proyecto que actualmente se encuentra finalizado y potenciar las que han tenido avances, ya que algunas acciones como los taxis eléctricos aún tienen amplio margen para mejorar.</p>	<p>El equipo consultor recomienda modificar estos artículos por medidas segregadas que amplifiquen el énfasis en las diferentes acciones que formaban parte de este proyecto en particular ya terminado más allá del mismo.</p> <p>En primer lugar, contar con sistemas de medición, reporte y verificación de emisiones del sector de transportes no solamente en la comuna de Santiago, sino que en todas las rutas y puntos de mayor afluencia vehicular de la ciudad.</p> <p>Los artículos siguientes deben estar enfocados en el desarrollo de medidas y metas para las acciones más relevantes relacionadas al finalizado proyecto de ZVTS.</p> <p>En caso de que los temas que estuvieron presentes en el proyecto de Zona Verde para el Transporte de Santiago tengan proyección en el tiempo, mantener un artículo global enfocado a estas acciones que eran parte del ZVTS para mantener un énfasis en la promoción de las temáticas más generales del finalizado proyecto, además de los artículos más dedicados a metas en puntos específicos, con el fin de alejarse de un proyecto en específico que ya no está vigente y desarrollar una medida de promoción de los temas que fueron parte de dicho proyecto para que tengan una mayor proyección.</p>

4.3 Repositorio digital.

En el siguiente capítulo se explica la forma en que se recopilaron los diferentes documentos utilizados como antecedentes para caracterizar y realizar el análisis del estado de avance de los diferentes capítulos y artículos del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana tocados anteriormente en este informe.

4.3.1 Antecedentes previos

En primer lugar, se tomó como referencia inicial el estudio realizado por ECOS el 2023 enfocado en la revisión del avance de las diferentes medidas de los capítulos y artículos referidos en el presente informe, así como los antecedentes disponibles utilizados en ese estudio como medidas de verificación de avances, como comentarios de actores o la Resolución Exenta N° 1655. Tanto el estudio como su matriz de resultados se encuentran en el repositorio digital confeccionado, al igual que todos los documentos utilizados en su propia subcarpeta para garantizar un mejor orden y diferenciación entre antecedentes previos y los nuevos recopilados durante el presente estudio.

4.3.2 Antecedentes Nuevos

Posteriormente, se procedió a conseguir nuevos antecedentes para los capítulos y artículos en cuestión, con el fin de poder caracterizar el estado de avance y analizar la efectividad de las medidas desde el período del estudio de ECOS hasta este estudio, es decir, el período correspondiente al último año (2023-2024), para tener una base más clara de información para poder proponer nuevas medidas o la actualización de los objetivos o metas de las actuales a partir de este análisis.

Estos nuevos antecedentes recopilados varían en su naturaleza. Se tomaron en cuenta entrevistas con actores claves, bases de datos oficiales, estudios previos, manuales y planes estratégicos, información previa al período analizado para poder conocer mejor la escala de los avances en plazos mayores al estudiado, anuncios oficiales de las instituciones implicadas, nuevas regulaciones y normativas y otros tipos de información secundaria, conseguidas a través de investigación propia, enviadas por la contraparte técnica o a través del apoyo de otras entidades implicadas en los temas abordados en los capítulos del PPDA en revisión en este informe.

Toda esta información se encuentra recopilada en el repositorio digital confeccionado con este fin, que será detallado a continuación.

4.3.3 Confección del Repositorio Digital

El repositorio digital confeccionado con la información detallada previamente consiste en una carpeta de Google Drive con subcarpetas acorde al tipo de antecedente y a los capítulos que refiere, así como un índice general para poder acceder más fácilmente a un listado de estos documentos y a los archivos en cuestión, carpeta disponible en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/folders/1O7Vd0S4Zru5wiO-8SG3Zjhbk1hckQ5Y?usp=sharing>

En primer lugar, la carpeta “Repositorio Digital” está subdividida en carpetas que alojan los antecedentes utilizados por el estudio de ECOS, así como el estudio completo y su matriz de resultados, y una carpeta donde se recopilan los nuevos antecedentes recopilados por In-Data a través de la colaboración de la contraparte y de búsquedas propias de información de fuentes oficiales y secundarias, con el fin de tener el panorama más completo posible de los avances en los diferentes temas. Además, en esta carpeta se encuentra el índice general de documentos para mayor facilidad en la navegación y consulta de estos. Esta primera carpeta se presenta de la forma que se puede apreciar en la siguiente imagen:

Nombre ↑	Propietario
ECOS	yo
In Data	yo
Repositorio Digital	yo

Ilustración 1 - Carpeta Repositorio Digital

Asimismo, dentro de esta carpeta de antecedentes recopilados por In-Data, se encuentran diferentes carpetas divididas por cada uno de los capítulos del PPDA revisados en este informe, dentro de las que se pueden encontrar los diferentes documentos atingentes a cada uno de ellos, como se aprecia en las siguientes imágenes:

Nombre ↑	Propietario
Capítulo IV	yo
Capítulo IX	yo
Capítulo V	yo
Capítulo X	yo

Ilustración 2 - Carpeta In-Data

Nombre ↑	Propietario
(Of.4001) 153073-GORE.pdf	yo
INFORME TECNICO CBN RM 2019.pdf	yo
PCE_AreasVerdes.xls	yo
Politica_Regional_de_Areas_Verdes,_2014.pdf	yo
PRESENTACIÓN FINAL GORE.pdf	yo
RV_ Oficio 4001 a Seremi de Medio Ambiente .pdf	yo

Ilustración 3 - Contenido de la carpeta Capítulo IX

El índice, por su parte, consiste en una hoja de cálculo en la que se puede encontrar un listado de todos los documentos utilizados, con su título correspondiente, una breve descripción del contenido en los casos en que el título no es lo suficientemente detallado para explicar el fondo del documento, la fuente de la que proviene el documento, el tipo de fuente al que corresponde dicho documento (normativa, base de datos, secundaria, estudio, etcétera), el año en que se confeccionó el documento, los capítulos y artículos a los que refiere, si se trata de un nuevo antecedente recopilado por In-Data (ya sea a través de cualquiera de los mecanismos mencionados previamente), es un documento base mencionado en el mismo PPDA o proviene del estudio de ECOS del 2023, y por último un enlace directo al documento contenido dentro del Drive, como se puede observar en la siguiente figura:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Capítulo	Artículo	Tipo de fuente	Estudio	Título	Año	Descripción	Fuente	Enlace
Repository of Antecedentes of the Study "Evaluation of Measures for Atmospheric Descontamination for the PPDA - Metropolitan Region"								
6	X	Oficio	Nuevo antecedente Oficio 4001 GORE	2024	Revisión de información desde enero a julio 2024, para verificar GORE	■ (OF4001)153073-GORE.pdf		
7	X	Oficio	Nuevo antecedente Catálogo Recursos Vegetacionales RM	2019	ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LOS RECURSOS VEGETACIONALES RM	■ INFORME TECNICO CBN RM 2019.pdf		
8	X	Oficio	Nuevo antecedente PCE Áreas Verdes	2024	PCE Áreas Verdes	■ PCE_AreasVerdes.xls		
9	X	Normativa	Nuevo antecedente Política Regional Áreas Verdes	2014	Política Regional Áreas Verdes	■ Política_Regional_Areas_Verdes_2014.pdf		
10	X	Oficio	Nuevo antecedente Oficio 4001 GORE	2024	Revisión de información desde enero a julio 2024, para verificar GORE	■ (OF4001)153073-GORE.pdf		
11	X	Oficio	Nuevo antecedente Oficio 4001 GORE	2024	Revisión de información desde enero a julio 2024, para verificar GORE	■ (OF4001)153073-GORE.pdf		
12	X	Estudio	Nuevo antecedente ESTABILIZACIÓN DE BERMAS Y BANDEJONES EN COMUNA	2024	ESTABILIZACIÓN DE BERMAS Y BANDEJONES EN COMUNA	■ GORE.pdf		
13	X	Oficio	Nuevo antecedente Oficio 4001 GORE	2024	Revisión de información desde enero a julio 2024, para verificar GORE	■ (OF4001)153073-GORE.pdf		
14	X	Documento	Documento Ba Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025	2013	Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025	■ PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE DE SANTIAGO 2025.pdf		
15	X	Base de Datos	Nuevo antecedente Catastro Ciclovías	2024	Catastro Ciclovías	■ SECTRA	■ CICLOVIAS20241_bbdd.xls	
16	X	Secundaria	Nuevo antecedente Realidad de las Ciclovías en Chile	2023	Artículo de prensa sobre el estado de las ciclovías en Chile	■ Prensa	■ Realidad de las Ciclovías en Chile.pdf	
17	X	Oficio	Nuevo antecedente Oficio 4001 GORE	2024	Revisión de información desde enero a julio 2024, para verificar GORE	■ (OF4001)153073-GORE.pdf		
18	X	Secundaria	Nuevo antecedente Anuncio Nuevo Plan Maestro de Ciclovías	2024	Artículo de prensa sobre el anuncio del nuevo Plan Maestro de Ciclovías	■ Prensa	■ Anuncio Nuevo Plan Maestro de Ciclovías Gran Santiago.pdf	
19	X	Secundaria	Nuevo antecedente Inauguración Estacionamientos	2022	Anuncio oficial de GORE sobre estacionamientos para bicicletas	■ GORE.pdf	■ Inauguración Estacionamientos (GORE).pdf	
20	X	Secundaria	Nuevo antecedente Línea Cero Inauguración de Bicicleteros	2022	Anuncio de transporte sobre la inauguración de bicicleteros en Línea Cero	■ Transporte Informa	■ Línea Cero - Inauguración Bicicleteros.pdf	
21	X	Base de Datos	Nuevo antecedente Datos de Disponibilidad y Ocupación Línea Cero 2023 (Metro)	2024	Datos de Disponibilidad y Ocupación Línea Cero 2023 (Metro)	■ Metro	■ Línea Cero (2023).png	
22	X	Base de Datos	Nuevo antecedente Datos de Disponibilidad y Ocupación Línea Cero 2024 (Metro)	2024	Datos de Disponibilidad y Ocupación Línea Cero 2024 (Metro)	■ Metro	■ Línea Cero (2024).png	
23	X	Documento	Documento Ba Plan Maestro de Ciclovías del Bicentenario	2021	Plan Maestro de Ciclovías del Bicentenario	■ SECTRA	■ PLAN-MAESTRO-DE-CICLOVIAS-DEL-BICENTENARIO-PDF.pdf	
24	X	Documento	Petición a Presupuesto Nuevo antecedente Ficha DI Proceso Presupuestario Requerimiento Ciclovía Almey	2024	Requerimiento Ciclovía El Prado, Estación Comuna de Lo Prado	■ GORE	■ Ficha_Di_2024_40344037_acabada.pdf	
25	X	Petición a Presupuesto	Nuevo antecedente Ficha DI Proceso Presupuestario Construcción Ciclovía La Chira	2024	Construcción Ciclovía Ruta la Chirra, Comunas Renca e Independencia	■ GORE	■ Ficha_Di_4000816_chirra.pdf	
26	X	Normativa	Nuevo antecedente RESOLUCIÓN EXERTITA_N° 1140	2024	CONSULTORIO PARA APROVÉCHAR LA APROBACIÓN DE INICIAZ	■ GORE	■ 2024032_ESECUICION_EXVENTA_N°1140_Aprobación Contrat...	
27	X	Normativa	Nuevo antecedente Reglamento de Ciclovías	2021-2024	REGLAMENTO LAS CONDICIONES DE GESTIÓN Y SEGUR	■ Ministerio de Transportes	■ Decreto-102_19-JUL-2021.pdf	
28	X	Manual	Nuevo antecedente Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías	2020	Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías	■ Ministerio de Transportes	■ Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías.pdf	
29	X	Manual	Documento Ba Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025	2013	Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025	■ SECTRA	■ Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025.pdf	
30	X	Manual	Documento Ba Manual de Vialidad Ciclo Inclusiva	2015	Manual de Vialidad Ciclo Inclusiva	■ SECTRA	■ Manual de Vialidad Ciclo Inclusiva.pdf	

Ilustración 4 - Extracto del índice en hoja de cálculo "Repository Digital"

El índice mencionado anteriormente se encuentra en el siguiente enlace:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1folxFk-IPbafMZb1kaLCVFHT4GaAb9s5u8LX4UydkX4/edit?usp=sharing>

5 Análisis de experiencias internacionales.

5.1 Levantamiento de información de experiencias internacionales.

Luego de los análisis previamente presentados de los avances de las medidas según la información nacional relevante acorde a las medidas revisadas en este informe, en el presente capítulo se realizó una revisión de antecedentes internacionales sobre normativas, regulaciones, medidas de reducción de emisiones atmosféricas o de reducción de contaminantes atmosféricos relacionadas con los diferentes temas referidos en los capítulos analizados del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana de Santiago, con el objetivo de comparar el estado de avance nacional con buenas prácticas internacionales para determinar el potencial de mejoría y posibles direcciones de actualización o nuevas medidas que agregar en una actualización de estos capítulos del PPDA.

A continuación se presentan tablas separadas por cada capítulo analizado con cada tema presente en los artículos y ejemplos de experiencias relacionadas a estos en países del extranjero con buenas prácticas en dichos temas, ya sea para determinar que la dirección de las regulaciones nacionales están al nivel de estos o si existe espacio y potencial para una mejoría y en qué dirección, análisis que se verá posteriormente reflejado en el listado de medidas potenciales propuestas.

5.1.1 Capítulo IV - Combustibles

La calidad de los combustibles en la Región Metropolitana se reguló de acuerdo a las necesidades de reducción de las emisiones de óxidos de azufre, por lo cual los valores de los porcentajes de azufre son muy bajos y similares a lo normado internacionalmente, en los casos de los combustibles vehiculares gasolinas, diésel y gas licuado vehicular.

En los casos de combustibles residenciales, tales como el gas licuado y el kerosene doméstico, los valores de contenido de azufre normados son bajos, sin embargo, hay un margen de mejora que es razonable considerar.

En el caso de los combustibles de uso industrial como los petróleos N° 5 y N° 6 los valores de contenido de azufre normados son bajos y similares a la normativa internacional, sin embargo, hay un margen de mejora que es razonable considerar.

Tabla 5 - Análisis internacional Capítulo IV

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 20. Calidad petróleo diésel	<p>Unión Europea. En la Unión Europea la calidad de los carburantes viene especificada por estándares desarrollados por el CEN (Comité Europeo de Estandarización).</p> <p>Enero del 2009: se introdujo el límite de 10 ppm tanto para vehículos de carretera como para vehículos de fuera de carretera.</p> <p>EE.UU. El contenido máximo de azufre permitido en el diésel de carretera es de 15 ppm.</p>	<p>En la RM está normado un porcentaje máximo de azufre de 15 ppm.</p> <p>Sin embargo, en la práctica significa que el promedio de contenido de azufre es menor, por lo que no se recomienda modificar el valor normado.</p>
Artículo 21. Calidad gasolinas	<p>CEE. Los Estados de la CEE, a partir del 1 de enero de 2009, la utilización en su territorio de gasolinas los 10 ppm.</p> <p>EE.UU. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) regula el contenido de azufre en las gasolinas. Desde 2006, el nivel máximo permitido de azufre en la gasolina es de 30 (ppm).</p>	<p>En la RM está normado un porcentaje máximo de 15 ppm.</p> <p>Sin embargo, en la práctica significa que el promedio de contenido de azufre es menor, por lo que no se recomienda modificar el valor normado.</p>

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 24. Calidad de los petróleos N°5 y N°6	<p>CEE. Los Estados de la CEE, a partir del 1 de enero de 2003, la utilización en su territorio del fuelóleo pesado cuyo contenido en azufre supere el 1,00 % en masa.</p> <p>EE.UU. En Estados Unidos, el contenido de azufre en el fuel oil residual, está regulado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). El contenido de azufre debe ser de un máximo de 0.5% en masa</p>	<p>En la RM está normado un porcentaje máximo de 1 % en masa. Por lo que es recomendable evaluar su reducción.</p>
Artículo 25. Calidad kerosene residencial	<p>Unión Europea. En la Unión Europea, el contenido de azufre en los combustibles, incluido el kerosene doméstico, está regulado por varias directivas. La Directiva 1999/32/CE con un valor de 10 ppm.</p> <p>EE.UU. En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) regula el contenido de azufre en el queroseno doméstico. Según las normativas actuales, el contenido máximo de azufre permitido en el queroseno es de 15 partes por millón (ppm).</p>	<p>En la RM está normado un porcentaje máximo de 50 ppm.</p> <p>Por lo que es recomendable evaluar su reducción.</p>
Artículo 26. Calidad del GLP vehicular	<p>Unión Europea. La normativa sobre el contenido de azufre en el GLP (Gas Licuado de Petróleo) vehicular está regulada por la Directiva 98/70/CE, con un valor de 50 ppm.</p> <p>EE.UU. El contenido de azufre en el Gas Licuado de Petróleo (GLP) vehicular está regulado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Según las normativas actuales, el contenido máximo de azufre permitido en el GLP vehicular es de 15 partes por millón (ppm)</p>	<p>En la RM está normado un porcentaje máximo de 80 ppm.</p> <p>Por lo que es recomendable evaluar su reducción.</p>
Artículo 27. Calidad del GLP residencial	<p>Unión Europea. La normativa sobre el contenido de azufre en el GLP (Gas Licuado de Petróleo) está regulada por la Directiva 98/70/CE, con un valor de 50 ppm.</p> <p>EE.UU. El contenido de azufre en el Gas Licuado de Petróleo (GLP) está regulado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Según las normativas actuales, el contenido máximo de azufre permitido en el GLP es de 15 partes por millón (ppm)</p>	<p>En la RM está normado un porcentaje máximo de 100 ppm.</p> <p>Por lo que es recomendable evaluar su reducción.</p>

5.1.2 Capítulo V - Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial

La normativa internacional está orientada de acuerdo a lo sugerido por la Asociación de la industria petrolera americana, en base a su experiencia en la operación y mantención de los sistemas de recuperación de vapores desarrollados internacionalmente, sin embargo, para asegurar la eficiencia se depende de la existencia de un sistema de fiscalización permanente que permita inspeccionar y medir en forma periódica. Se requieren de laboratorios de medición y de una regulación local respecto a los procedimientos y equipamientos que deben contar.

Tabla 6 - Análisis internacional Capítulo V

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 30. Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de techo flotante, mantas externas, o tanques de techo fino.	La normativa sobre techos flotantes en estanques de combustibles está principalmente regulada por estándares internacionales como el API 650 y el API 653 . Estos estándares establecen las directrices para el diseño, construcción, inspección y mantenimiento de tanques de almacenamiento de combustibles.	Se sugiere evaluar el requerimiento de eficiencia de 95 % debido a la factibilidad técnica de medición en Chile.
Artículo 31. Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de captura de gases.	Europa. A nivel europeo, la Directiva 94/63/CE y la Directiva 2009/126/CE Establecen los requisitos para el control de emisiones de COV resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina. España. En España, el Real Decreto 455/2012 y el Real Decreto 144/2016 son los principales marcos regulatorios. Estos decretos establecen medidas específicas para reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje y el transporte	Se sugiere evaluar el requerimiento de eficiencia de 90 % debido a la factibilidad técnica de medición en Chile.
Artículo 32. Camiones tanque de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de captura de gases.	Europa. A nivel europeo, la Directiva 94/63/CE y la Directiva 2009/126/CE Establecen los requisitos para el control de emisiones de COV resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina. España. En España, el Real Decreto 455/2012 y el Real Decreto 144/2016 son los principales marcos regulatorios. Estos decretos establecen medidas específicas para reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje y el transporte	Se sugiere evaluar el requerimiento de eficiencia de 90 % debido a la factibilidad técnica de medición en Chile.

5.1.3 Capítulo IX - Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes.

En el caso de las medidas para el control del levantamiento de polvo y generación de áreas verdes en la Región Metropolitana, hay diversos casos internacionales con diferentes planes estratégicos, normativas y buenas prácticas enfocadas a aumentar la eficiencia y eficacia de estas acciones.

Más allá de los objetivos más generales de aumentar la cantidad de áreas verdes o la eficiencia de los planes de limpieza de calles, en otros países pueden observarse diferentes alternativas para alcanzar estos objetivos a través de medidas menos comunes, como lo son diversas formas de aumentar las áreas verdes y sus efectos positivos sobre la contaminación y las emisiones a través de sistemas que no implican grandes áreas de parques, que a veces son difíciles de aplicar debido a los espacios que se manejan sobre todo en el centro de la ciudad.

En temas de limpieza de calle y control de polvo, también existen diferentes medidas desarrolladas para ser eficientes con los costos, eficientes con recursos como el hídrico o sistemas centralizados de organización para dicha limpieza y aspirado con el fin de aumentar la eficiencia en el cumplimiento de los objetivos.

Tabla 7 - Análisis internacional Capítulo IX.

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 99. Aumento áreas verdes. 100 nuevas hectáreas de áreas verdes.	<p>Polonia. En Varsovia se realizó un estudio de efectividad de reducción de MP de los prados urbanos. Los prados urbanos son áreas verdes cerca de los caminos, estos prados (césped y hierbas) acumulan una cantidad significativa de MP. La acumulación más alta de MP fue en <i>Achillea millefolium</i> L., <i>Chenopodium album</i> L. y <i>Echium vulgare</i> L. en las plantas de una estación, mientras que <i>Centaurea scabiosa</i> L., <i>Echium vulgare</i> L. and <i>Convolvulus arvensis</i> L. acumularon más MP en prados perennes. Se encontró correlación positiva entre depósito de MP y las hojas con forma de pluma. Para las hierbas y pastos de estación se encontró correlación positiva entre acumulación de MP y contenido de cera en las plantas. Los prados urbanos son mejores acumulando MP que el pasto tradicional.</p> <p>Reino Unido. En Manchester se estudiaron setos en 4 colegios en Manchester. Se demostró que se puede conseguir mejoras en la calidad del aire a escala local, en el área cercana al seto. El seto de cedro rojo del Pacífico de la escuela St. Ambrose, removió 49% de BC, 46% de MP2.5 y 26% de MP1. Además, este árbol, presente también en el seto del colegio MCA, recolectó la mayor cantidad de granos magnéticos (método SIRM saturation remanent magnetisation) que vienen de partículas derivadas del tráfico.</p>	<p>Para la generación de áreas verdes normalmente se toma en cuenta la construcción de parques y plazas, zonas relativamente extensas con alta vegetación. De esta forma, esta medida debe mantenerse con metas actualizadas de nuevas hectáreas de áreas verdes, pero también tener en cuenta diferentes alternativas para el aumento de estas en zonas en que no se pueden construir grandes parques debido al espacio, con opciones más reducidas en tamaño pero que también poseen un grado de efectividad importante en la reducción de contaminantes.</p>

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 100. Exigencia de compensación de emisiones de MP mediante mantención y generación de áreas verdes y masas vegetación.	<p>Alemania. En Alemania, el impacto de las promociones sobre los espacios naturales y el paisaje se estima multiplicando cada superficie a desarrollar por un coeficiente máximo de edificabilidad que varía según el tipo de uso de suelo. A cada impacto se le asigna una puntuación entre 1 y 3 que corresponde al nivel de conflicto, y la necesidad de zonas compensatorias se calcula multiplicando la edificabilidad máxima de la promoción por el nivel de conflictividad, igual, doble o el triple de área de compensación respecto de la edificabilidad máxima.</p> <p>Alemania. Soluciones con “árboles artificiales”. Es una estructura cuadrada vertical llamada CityTree, es móvil y sus hojas son de musgo. Las especies de musgo que forman este “árbol” son las que más contaminantes absorben y las que se adaptan mejor a cada clima y ambiente, ya que este sistema está instalado en 25 ciudades en todo el mundo. Según sus creadores este árbol tiene la capacidad de absorber dióxido de nitrógeno y MP como lo harían 275 árboles naturales. Cada uno de ellos absorbe 250 gramos de material particulado por día. Tiene un costo de US\$28.000.</p>	En Alemania se desarrolló un sistema de compensaciones muy complejo y completo. Entre sus muchas aristas, hay un sistema de diferenciación del tipo de conflictividad que provocan las nuevas construcciones, ya sean comerciales, residenciales o industriales, que exige medidas de compensación diferenciadas según el nivel de conflicto, con el fin de no solo compensar el impacto, sino que de mejorar la situación inicial previa a los nuevos proyectos en desarrollo. A su vez, también en Alemania, se inventaron los City Tree, una forma de compensación altamente eficiente tanto en sus niveles de compensación de emisiones como en el espacio que utilizan, lo que podría ser una alternativa viable de compensación en lugares de la ciudad de Santiago que tengan poco espacio para realizar las medidas más comunes históricamente.
Artículo 101. Sistema oficial, actualizado y público, con la información relativa a áreas verdes urbanas, incluyendo su ubicación referenciadas geográficamente	<p>Estados Unidos. La ciudad de New York cuenta con un mapa de sus áreas verdes referenciadas geográficamente a través de un mapa interactivo en que se puede apreciar la localización y estado (construido, en construcción, públicos o “Right of Way”) de las diferentes áreas verdes de la ciudad.</p> <p>https://nycdep.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=108b0be0cbf246ad85fbb4e2c4fdbcb1</p> <p>Países Bajos. En el caso de Ámsterdam, no solo cuentan con mapas de zonas verdes para la población, sino que además tienen mapas que muestran otro tipo de áreas verdes como lo son los techos verdes de la ciudad o un mapa de los árboles de la ciudad.</p> <p>https://maps.amsterdam.nl/dakenlandschap/</p> <p>https://maps.amsterdam.nl/bomenatlas/</p>	Los sistemas oficiales y georreferenciados de áreas verdes en otras ciudades no necesariamente se limitan a mostrar las zonas existentes referentes a parques y plazas o zonas verdes extensas, sino que también existen enfoques de catastro y referenciación de zonas verdes correspondientes a otras naturalezas, como lo son los techos verdes y mapas de árboles, lo que entrega una visión completa de las zonas verdes de la ciudad más allá de las más comunes o más documentadas.

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 102. Ampliar la cobertura y utilizar tecnología certificada para la recolección de polvo para el Plan de Aspirado y Lavado de Calles	<p>Singapur. La Agencia Ambiental Nacional de Singapur tiene un departamento dedicado llamado División de Limpieza Pública, que tiene como objetivo mejorar la calidad del servicio de limpieza en áreas públicas incorporando progresivamente estándares de desempeño más altos. Entre sus muchas funciones, tienen entre sus deberes la limpieza de las calles, aceras, etcétera.</p> <p>Cataluña. En Barcelona se utiliza agua freática para realizar la limpieza de todas las calles y plazas de la ciudad, lo que es una medida implementada para impedir que las sequías dificulten el servicio de limpieza de calles de la ciudad.</p>	<p>En diferentes países se pueden observar medidas que se implementan para desarrollar la limpieza de calles de forma más eficiente. Además de la mejora de la tecnología de los usuales camiones de limpieza de calle mediante barredoras con aspirado y agua para el lavado, en otras ciudades se han aplicado mejoras tecnológicas como sensores de contaminación para determinar frecuencias de limpieza, y se han probado sistemas automatizados de limpieza. Además, en el caso de Singapur se desarrolló un departamento enfocado en centralizar estas labores de limpieza para mejorar la eficiencia de estos sistemas en toda la ciudad, y en casos como el de Barcelona se han impulsado medidas para la eficiencia de los recursos hídricos de la ciudad en el lavado de calles.</p>

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 103. Gestionar la realización de estudios de factibilidad técnica y económica para la elaboración y ejecución de un programa de estabilización de bermas y bandejas de tierra en la RM.	<p>Canadá. En Grande Prairie, una ciudad de Canadá, los residentes de la zona rural pueden postular para que el servicio de transporte de la ciudad aplique un producto de supresión de polvo en los caminos de grava cercanos a sus casas. Pueden aplicar cloruro de calcio o derivados de petróleo diluidos en agua.</p> <p>El cloruro de calcio es un líquido naturalmente higroscópico, esto quiere decir que atrae y retiene la humedad, lo que lo hace una gran opción para control de polvo. Se aplica rociándolo con un camión y después de 2 horas se puede usar nuevamente el camino. Una rociada de cloruro de calcio generalmente dura todo el verano, y tras cada aplicación anual no solo va a suprimir el polvo, también estabiliza el camino.</p> <p>Argentina. En Argentina existen numerosos caminos de grava, cuya mantención gasta una gran cantidad de recursos humanos y económicos. En los últimos años se han estado usando tratamientos alternativos, como la bischofita. En un estudio de la Universidad Nacional de San Juan, se hicieron mediciones de rugosidad de la superficie y emisiones de polvo durante 18 meses en secciones de camino tratadas con bischofita, concluyendo que el uso de la bischofita contribuía a una notable reducción en la evolución de la rugosidad y la emisión de polvo, comparado con caminos sin tratar.</p>	<p>Además de la transformación de bandejas y bermas de tierra de la RM en áreas verdes o a través de la pavimentación, medidas usualmente más costosas, también se pueden aplicar tratamientos que se realizan a caminos de tierra en otros países para tratar estas zonas de tierra o grava y así estabilizar el levantamiento de polvo que producen, que además por el tránsito reducido que poseen con respecto a los caminos de tierra para los que se usan estos tratamientos deberían tener una duración mayor como medidas intermedias.</p>

5.1.4 Capítulo X - Medidas de Incentivo al Cambio Modal.

A continuación se presentan experiencias, normativas y buenas prácticas internacionales de países que son ejemplos a nivel mundial en los temas relacionados a las normativas existentes en el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica, con recomendaciones y observaciones acorde a estas experiencias de objetivos y enfoques que estos países toman para abordar estas temáticas, como los sistemas de ciclovías o de pistas de solo bus, medidas que en general tienen detrás de su éxito un claro enfoque en la proyección a futuro de estas normativas y proyectos, más que una orientación a metas de corto plazo.

Tabla 8 - Análisis internacional Capítulo X.

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 104. Aumento de kilómetros de ciclovías	<p>Países Bajos. Dutch Cycling Vision: "En Países Bajos no se limitan a construir ciclovías solo al costado de los caminos. Cuando se planifican nuevos barrios, a veces se planean caminos exclusivos para bicicletas completamente aislados de los autos, y a veces los crean desviando el tráfico hacia otros caminos para crear estas ciclovías exclusivas en algunos vecindarios".</p> <p>Alemania. Plan Nacional Alemán de Circulación en Bicicleta 3.0: "Vías compartidas sólo allí donde se circule a bajas velocidades y con poca densidad de tráfico. El hacer confluir a los usuarios de la bicicleta en tráfico mixto con los vehículos a motor dentro y fuera de las localidades sólo es una buena solución a largo plazo en zonas en las que se circule a baja velocidad y con poca densidad de tráfico".</p>	<p>El foco no debe estar solamente en la ampliación de la red mediante la construcción de más kilómetros de ciclovías, sino que el énfasis debe estar en cómo integrar estas ciclovías a la red de tal forma que sean realmente un medio de transporte viable, considerándose como una prioridad a tener en cuenta incluso por sobre el automóvil particular con miras al futuro.</p>
Artículo 104. Aumento de estacionamientos para bicicletas	<p>Países Bajos. Dutch Cycling Vision: En los Países Bajos, el 40% de los pasajeros de los trenes de transporte público llega en bicicleta, gracias a una planificación de nodos extendida, estacionamientos en las estaciones y bicicletas de alquiler.</p> <p>Alemania. Plan Nacional Alemán de Circulación en Bicicleta 3.0: " Se construirán estacionamientos accesibles y de calidad en los puntos de enlace con el transporte público y lugares como las escuelas, universidades, administraciones, empresas y centros comerciales minoristas".</p>	<p>El aumento de estacionamientos para bicicletas en puntos clave para facilitar la integración modal es imperante, para incentivar a las personas a utilizar las bicicletas y el metro como medio principal de transporte, por sobre el automóvil e incluso los buses del Transantiago. Asimismo, aumentar también la disponibilidad de estacionamientos en otro tipo de puntos claves del funcionamiento de una ciudad como centros comerciales o edificios gubernamentales para fomentar el uso de bicicletas por sobre el automóvil en trayectos cortos a lugares de mucho flujo.</p>

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 105. Estándar de construcción de ciclovías	<p>Países Bajos. Dutch Cycling Vision: La construcción de ciclovías no se limita solamente al aumento de kilómetros de vías, sino que a hacerlas seguras en su interacción con los automóviles, a través de señales, luces o la disposición de los caminos en las intersecciones (para virajes, por ejemplo). Señales o cambios en la disposición de las vías de automóviles se aplican también para reducir la velocidad y el conflicto con las ciclovías que van a sus costados en sectores muy estrechos para construirlas separadas.</p> <p>Alemania. Plan Nacional Alemán de Circulación en Bicicleta 3.0: " En el futuro, aumentará el número de personas que utilicen la bicicleta. Esto debe tenerse en cuenta a la hora de construir y remodelar la infraestructura para la circulación en bicicleta. Los estándares deben tener también en cuenta las bicicletas especiales (sobre todo, las bicicletas de carga y las bicicletas con remolques) en cuanto al ancho, la velocidad y la dinámica de conducción".</p>	<p>Al construir las ciclovías, no se debe pensar en estas como una medida para el presente, sino que se deben construir con una vista a un futuro en que sean una forma de transporte mucho más relevante en el día a día de la ciudad, por lo que se debe planificar acorde. Además, no basta solamente con construir más ciclovías, sino que es prioritario poner énfasis en la seguridad vial en cuanto a la interacción de las bicicletas con otros vehículos de transporte motorizado.</p>
Artículo 106. Aumento de puntos de integración modal	<p>España. "El Intercambiador de Avenida de América es una inmensa estación de intercambio. En el pasado, la mayoría de los transbordos tenían lugar a nivel de calle, hoy la construcción de túneles subterráneos exclusivos para autobuses ha producido ahorros medios de 7,5 minutos por autobús en horas punta".</p> <p>Países Bajos. "La sociedad de los ferrocarriles holandeses (NS) ha puesto en marcha una estrategia de integración para el conjunto de sus estaciones ferroviarias, ya que la falta de un buen transporte de alimentación hacia la estación del ferrocarril es el motivo más importante para que la gente no utilice el transporte público, y los tiempos de espera son penalizados el doble que los tiempos a bordo de los vehículos. La estrategia de NS prevé la puesta en marcha de servicios de reparación y de estacionamiento de bicicletas, la reestructuración de las estaciones de ferrocarril y autobús a fin de reducir al máximo la longitud de transbordo andando, y la apertura de comercios para distraerse durante el tiempo de espera".</p>	<p>Uno de los focos más importantes en la planificación de puntos intermodales es la comodidad del usuario, ya que el hecho de hacer más expedita y cómoda la experiencia de trasbordo es un punto clave para incentivar a las personas a utilizar estos sistemas en vez de los automóviles. Integración con bicicletas, vías exclusivas para los buses en estos puntos para evitar atascos con el tráfico, a veces subterráneas como el caso de Madrid, y puntos de interés para amenizar la espera en caso de transbordos más lentos como trenes.</p>

Artículo/Medida	Normativa Internacional	Descripción y justificación de medida
Artículo 107. Construcción de pistas de solo bus	<p>Reino Unido. Bus Priority Programme - London: “Nuestro objetivo es crear 25 km de nuevos carriles para autobuses antes del 31 de marzo de 2025. Los cambios en la velocidad de los autobuses tienen una influencia directa en el número de pasajeros: las investigaciones muestran que una mejora del 1% en los tiempos de viaje en autobús conduce a un aumento del 0,6% en la demanda. Otros planes que conforman nuestro programa de prioridad de autobuses van desde agregar más carriles continuos para autobuses hasta mejorar las señales de tráfico para priorizar los autobuses”.</p> <p>Brasil. BRT Curitiba: “En el año 1972, la ciudad incorporó una red de vías exclusivas para autobuses y estimuló a lo largo de los cinco ejes principales del sistema tipo desarrollos del suelo de alta densidad y usos mixtos, estos ejes estructurales han guiado el proceso de crecimiento urbano de Curitiba por décadas y convergen en el centro de la ciudad. La nueva línea verde de Curitiba se fundamenta en principios similares: fomentar el desarrollo urbano que mejora y facilita el uso del sistema de transporte público masivo. El caso de Curitiba sugiere que el éxito del sistema tipo BRT puede ser mayor a través de la concentración del desarrollo del suelo a lo largo del eje del sistema de transporte público masivo”.</p>	<p>Al mejorar los tiempos de viaje, los sistemas de transporte público se hacen más atractivos para los ciudadanos por sobre los vehículos particulares, y la extensión de las pistas de solo buses y el separarlas del resto del tráfico ha probado su efectividad en este ámbito. Por otra parte, la experiencia de Curitiba a lo largo de las décadas ha dejado en evidencia que la planificación de las redes de transporte debe ir de la mano de la planificación urbana y la proyección del uso de suelo hacia el futuro, más que enfocarse solamente en la resolución de problemas actuales.</p>
Artículo 108. Buses Eléctricos	<p>China. La ciudad china de Shenzhen, sede de numerosas empresas tecnológicas, es la primera gran urbe del mundo en tener una flota de autobuses totalmente eléctricos el año 2017. Además, ha electrificado la mayoría de sus taxis.</p> <p>Noruega. El 88% de los taxis adquiridos en Noruega el año 2023 fueron eléctricos, y la proporción de autos eléctricos nuevos fue de un 82,4%. Ahora el desafío de este país es contar con una red de carga acorde a su parque vehicular eléctrico, y se proponen también cargadores rápidos exclusivos para los taxis.</p>	<p>Actualmente Chile cuenta con la ciudad con la mayor flota de buses eléctricos fuera de China con alrededor de 2.500 buses, por lo que es considerado un ejemplo en buenas prácticas en este ámbito a nivel mundial. Sin embargo, aún hay camino por recorrer para lograr la meta de contar con un 100% de buses eléctricos en todas las ciudades del país para el 2040 como lo estipula la meta actual del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, y así poder llegar al nivel de ciudades como Shenzhen en China, que cuentan con el total de su flota de buses electrificada. Además, Shenzhen ha avanzado considerablemente en electrificar la flota de taxis, al igual que las principales urbes de Noruega, un programa que recién se está iniciando en Chile y tiene aún mucho por avanzar, además de la obligación de enfocarse en nuevos desafíos que surgen con estas políticas, como lo es una red de carga acorde a un parque vehicular eléctrico extendido.</p>

6 Listado de medidas posibles del nuevo PPDA.

6.1 Listado preliminar de propuestas

A continuación se presenta y describen medidas posibles para cada uno de los capítulos del PPDA analizados, considerando la siguiente nomenclatura:

- **Existente:** corresponde a medida existente en el actual PDA
- **Modificado:** corresponde a medida existente en el actual PDA, pero donde se proponen modificaciones (alcances, metas, etcétera)
- **Nuevo:** corresponde a una nueva medida propuesta

Es importante mencionar, que este es un listado preliminar que corresponde a un total de 38 medidas propuestas a través de un análisis netamente cualitativo, que en una sección más adelante serán priorizadas y seleccionadas las que podrían significar un impacto mayor, y serán analizadas en profundidad, junto con la estimación de su impacto en la reducción de emisiones y sus costos.

6.1.1 Capítulo IV: Combustibles

A continuación, se presenta un listado de posibles medidas a considerar en la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica, respecto de medidas asociadas a reducir las emisiones generadas en el almacenamiento y distribución de combustibles en la Región desarrolladas actualmente por SEC e informadas a SMA. Estas propuestas están desarrolladas tanto a partir de las medidas existentes, con propuestas de mejora en ellas, como de nuevas medidas.

Tabla 9 - Listado de medidas potenciales Capítulo IV.

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
1	Reporte sobre las fiscalizaciones realizadas a la calidad de gasolinas	Sí	Sí	No	Se debe incluir al reporte a la SMA el promedio de los contenidos de azufre medidos anualmente en las fiscalizaciones realizadas
2	Reporte sobre las fiscalizaciones realizadas a la calidad del diésel vehicular	Sí	Sí	No	Se debe incluir al reporte a la SMA el promedio de los contenidos de azufre y cenizas medidos anualmente en las fiscalizaciones realizadas
3	Control de calidad de combustibles en estaciones de servicio	No	No	Sí	Las estaciones de servicio deberán realizar muestras de calidad de los combustibles de gasolina y de diesel, en forma mensual, mediante laboratorios acreditados y remitirlos a la SEC.
4	Reporte sobre las fiscalizaciones realizadas a la calidad del kerosene residencial	Sí	Sí	No	Se debe incluir al reporte a la SMA el promedio de los contenidos de azufre medidos anualmente en las fiscalizaciones realizadas
5	Reporte sobre las fiscalizaciones realizadas a la calidad del GLP vehicular	Sí	Sí	No	Se debe incluir al reporte a la SMA el promedio de los contenidos de azufre medidos anualmente en las fiscalizaciones realizadas
6	Reporte sobre las fiscalizaciones realizadas a la calidad de los Pet N°5 y N°6 de uso industrial	Sí	Sí	No	Se debe incluir al reporte a la SMA el promedio de los contenidos de azufre medidos anualmente en las fiscalizaciones realizadas
7	Certificación de la toma de muestras de las fiscalizaciones realizadas a la calidad de los Pet N°5 y N°6 de uso industrial	No	No	Sí	Incluir certificado de toma de muestra del combustible a realizar por laboratorio externo al momento de realizar la medición de emisiones. La toma de muestra será realizada por la empresa que realice la medición

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
8	Evaluar la reducción del porcentaje de azufre en la calidad kerosene residencial	Sí	Sí	No	Evaluación de reducción del porcentaje de azufre regulado.
9	Evaluar la reducción del porcentaje de azufre en la calidad de los Pet N°5 y N°6 de uso industrial	Sí	Sí	No	Evaluación de reducción del porcentaje de azufre regulado.
10	Evaluar la reducción del porcentaje de azufre en la calidad del GLP vehicular	Sí/No	Sí/No	No	Evaluación de reducción del porcentaje de azufre regulado.
11	Evaluar la reducción del porcentaje de azufre en la calidad del GLP residencial, industrial	Sí/No	Sí/No	No	Evaluación de reducción del porcentaje de azufre regulado.
12	Reporte sobre las fiscalizaciones realizadas a la calidad	Sí	Sí	No	Se debe incluir al reporte a la SMA el promedio de los contenidos de azufre medidos anualmente en las fiscalizaciones realizadas

6.1.2 Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial

A continuación, se presenta un listado de posibles medidas a considerar en la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica, respecto de medidas asociadas a reducir las emisiones generadas en el almacenamiento y distribución de combustibles en la Región desarrolladas actualmente por SEC e informadas a SMA. Estas propuestas están desarrolladas tanto a partir de las medidas existentes, con propuestas de mejora en ellas, como de nuevas medidas.

Tabla 10 - Listado de medidas potenciales Capítulo V

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
13	Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de techo flotante, mantas externas, o tanques de techo fijo.	Sí	Sí	No	Se sugiere la evaluación de la medida de fiscalización de la eficiencia de los sistemas de mitigación de emisiones de COV.
14	Almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de captura de gases.	Sí	Sí	No	Se sugiere la evaluación de la medida de fiscalización de la eficiencia de los sistemas de recirculación de vapores.
15	Camiones tanque de combustibles líquidos derivados del petróleo clase 1. Requerimientos de captura de gases.	Sí/No	Sí/No	Sí/No	Se sugiere la evaluación de la medida de fiscalización de la eficiencia de los sistemas de recirculación de vapores.

6.1.3 Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes

A continuación, se presenta un listado de posibles medidas a considerar en la actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica, respecto de medidas asociadas a reducir las emisiones de polvo de resuspensión, con una breve descripción que detalla brevemente en qué consiste cada medida. Estas propuestas están desarrolladas tanto a partir de las medidas existentes, con propuestas de mejora en ellas, como de nuevas medidas.

Tabla 11 - Listado de medidas potenciales Capítulo IX

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
16	99: Nuevas hectáreas de áreas verdes.	Sí	Sí	No	<p>Incluir en la medida: GORE elaborará un programa anual de seguimiento, indicando ubicación, superficies, número de individuos y montos de inversión entre otros.</p> <p>GORE continuará con la meta de aumentar la dotación de áreas verdes, construcción de parques, plazas y masas de vegetación que rodean la Cuenca de Santiago de la Región Metropolitana de Santiago, en 100 nuevas hectáreas, procurando obtener la aprobación de recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) u otras fuentes de financiamiento. Para ello, se priorizarán los siguientes tipos de programas:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Programa para la gestión de áreas verdes. b) Programa para la gestión de masas de vegetación que rodean la Cuenca de Santiago. <p>GORE elaborará un programa anual de seguimiento, indicando ubicación, superficies, número de individuos y montos de inversión entre otros.</p>
17	GORE en coordinación con CONAF, desarrollarán un catastro de áreas verdes y masas de vegetación que rodean la Cuenca de Santiago				<p>GORE en coordinación con CONAF, desarrollarán un catastro de áreas verdes y masas de vegetación que rodean la Cuenca de Santiago, evaluando la incidencia de incendios. Paralelamente, se definirán medidas de prevención tales como corta fuegos y monitoreo en altura. Este catastro se desarrollará anualmente con entrega del informe anual y su respectiva base de datos.</p> <p>En el catastro, se evaluará la incidencia de incendios. Paralelamente, se definirán medidas de prevención tales como corta fuegos y monitoreo en altura. Este catastro se desarrollará anualmente con entrega del informe y su respectiva base de datos.</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
18	100: SEREMI MA apoyará aumento de áreas verdes mediante compensación	Sí	Sí	No	<p>Incluir en la medida: SEREMI MA elaborará un programa de seguimiento con un reporte anual, ubicación, superficies, número de individuos y montos de inversión entre otros.</p> <p>La SEREMI del Medio Ambiente apoyará el aumento de áreas verdes mediante la exigencia de compensación de emisiones por emisiones de material particulado según lo estipulado en el Artículo 63, mediante mantención y generación de áreas verdes y masas de vegetación.</p> <p>SEREMI MA elaborará un programa de seguimiento con un reporte anual, ubicación, superficies, número de individuos y montos de inversión entre otros.</p>
19	101: GORE Y Seremi Minvu, sistema de información de áreas verdes	Sí	Sí	No	<p>Incluir que esta actividad se realice en forma permanente con reportes anuales.</p> <p>GORE en coordinación con la SEREMI de Vivienda y Urbanismo RM, mantendrá un sistema oficial, actualizado y público, con la información relativa a áreas verdes urbanas, incluyendo su ubicación referenciada geográficamente, que sirva de base al diseño y aplicación de los instrumentos de generación y mantención de áreas verdes y masas de vegetación. Para su seguimiento, se deberá presentar informes anuales de avance.</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
20	102: GORE y plan de aspirado y lavado de calles	Sí	Sí	No	<p>En primer lugar, analizar las calles que ameriten lavado de calles y logren resultados más eficaces, por ejemplo, aquellos que no tengan bandejas de tierra y de flujo medio. En segundo lugar, desarrollar el programada de lavado de calles en forma anual y considera un informe anual de evaluación</p> <p>GORE gestionará la obtención de recursos para la continuidad del Plan de Aspirado y Lavado de Calles, ampliando su cobertura y utilizando tecnología certificada para la recolección de polvo. Antes de lo anterior, realizará un analizar las calles que ameriten lavado de calles y logren resultados más eficaces, por ejemplo, aquellos que no tengan bandejas de tierra y de flujo medio. En segundo lugar, desarrollar el programada de lavado de calles en forma anual y considera un informe anual de evaluación</p>
21	102: GORE y programa de estabilización de bermas y bandejas	Sí	Sí	No	<p>En primer lugar, analizar las veredas y bandejas que ameriten intervención y logren resultados más eficaces, por ejemplo, aquellos cercanos a tránsito de calles con flujo medio y que mejoren calidad de vida del entorno, tal como cercano a plaza, junta de vecino o jardín infantil. En segundo lugar, desarrollar el programa de intervención en veredas y bandejas, y considerar en el seguimiento informe anual de avance.</p> <p>GORE determinará las veredas y bandejas que ameriten intervención y logren resultados más eficaces, por ejemplo, aquellos cercanos a tránsito de calles con flujo medio y que mejoren calidad de vida del entorno, tal como cercano a plaza, junta de vecino o jardín infantil. En segundo lugar, desarrollar el programa de intervención en veredas y bandejas, y considerar en el seguimiento informe anual de avance.</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
22	GORE y programa de pavimentación de calles	No	No aplica	Sí	<p>Identificar calles no pavimentadas con mayor flujo vehicular y desarrollar en ellas un programa de pavimentación.</p> <p>GORE Identificará calles no pavimentadas con mayor flujo vehicular y desarrollará en ellas un programa de pavimentación, de aquellas con mayor flujo vehicular. A su vez, podrá establecer los estudios requeridos hasta la obtención de la aprobación del organismo competente como SERVIU y la Municipalidad, para que la calle pueda ser pavimentada mediante mecanismo de compensación de emisiones</p>
23	GORE y CONAF desarrollarán programas de prevención de incendios forestales	No	No aplica	Si	<p>Se estima del orden de las 400.000 hectáreas de áreas verdes necesarias de vigilar para evitar los incendios forestales. Se debe desarrollar un programa de vigilancia, con uso de tecnología y recursos humanos. Puede considerar también medidas de intervención como limpieza de maleza, corta fuegos, senderos, casetas de vigilancia. Estos programas pueden ser financiados mediante proyectos de compensación de emisiones.</p>

6.1.4 Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal

A continuación se presenta un listado extenso de posibles medidas a considerar en una actualización del capítulo enfocado en los incentivos a la integración modal del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica, con una breve descripción que detalla brevemente en qué consiste cada medida.

Estas propuestas están desarrolladas tanto a partir de las medidas existentes, con propuestas de actualización de metas y/o enfoque, por ejemplo en la cantidad de kilómetros de ciclovías a construir y la ubicación de estas, como a partir de derivaciones de enfoques de las medidas existentes, como un énfasis en el recambio de flota de buses de transporte público a vehículos eléctricos, o medidas totalmente nuevas en el marco de la integración modal, como la conectividad de zonas periféricas hacia el sistema de transporte público.

Tabla 12 - Listado de medidas potenciales Capítulo X

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
24	104 (1): Construcción de 300 kilómetros de ciclorutas y 3.000 bici estacionamientos públicos.	Sí	Sí	No	<p>Las instituciones con atribuciones deberán coordinar y gestionar la asignación de recursos para la construcción de 300 kilómetros de ciclorutas en el marco del Plan Maestro de Ciclovías del Gran Santiago.</p> <p>Las metas del artículo fueron cumplidas, por lo que deben ser actualizadas tomando en cuenta el marco del nuevo Plan Maestro de Ciclovías que está desarrollando el GORE (2035).</p> <p>Además, el foco del artículo no debe estar solamente en el aumento de los kilómetros totales de ciclovías, sino que debe tener énfasis en la construcción de vías que funcionen como alternativas a las rutas de mayor flujo de personas en la ciudad (tanto vehiculares como de transporte público).</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
25	104 (2): Construcción de 300 kilómetros de ciclorutas y 3.000 bici estacionamientos públicos.	Sí	Sí	No	<p>Las instituciones con atribuciones deberán coordinar y gestionar la asignación de recursos para la construcción de 3.000 biciestacionamientos públicos en el marco del Plan Maestro de Ciclovías del Gran Santiago.</p> <p>Las metas del artículo fueron cumplidas, por lo que deben ser actualizadas tomando en cuenta el marco del nuevo Plan Maestro de Ciclovías que está desarrollando el GORE (2035).</p> <p>Además, el foco del artículo no debe estar solamente en el aumento de la cantidad de biciestacionamientos, sino que en la construcción de estos en lugares estratégicos de alta afluencia de público como edificios gubernamentales o centros comerciales, o en zonas que favorezcan el cambio modal de la población, como en todas las estaciones de metro, trenes o buses.</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
26	<p>105: Estándar de construcción adecuado en la infraestructura de ciclorutas y biciestacionamientos.</p> <p>Referencias:</p> <p>Vivienda y Urbanismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprobada mediante acuerdo N° 215-14 - Incluido en el Plan Maestro de Transporte 2025 - Manual de vialidad ciclo-inclusiva. - Manual de construcción de ciclovías. - Manual de biciestacionamientos en el espacio público. 	Sí	Sí	No	<p>Es necesario tener en cuenta el nuevo Plan Maestro de Ciclovías 2035 en desarrollo anunciado a principios del 2024.</p> <p>A su vez, en lugar de los documentos listados con sugerencias para los estándares de ciclovías, se debe tomar en cuenta el nuevo Decreto 102 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones publicado el 2021 y modificado por última vez en 2024 que reglamenta los estándares de las ciclovías.</p> <p>Además, es necesario hacer esfuerzos para que estos estándares en cuestión sean revisados, actualizados y aumentados constantemente, y que sean cumplidos en la construcción de nuevas ciclorutas y estacionamientos de bicicletas, pero sobre todo para que se eleven los estándares de las ciclovías ya construidas a estos nuevos estándares a través de proyectos de mejora de la infraestructura.</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
27	106: En un plazo de 12 meses, mejorar la integración modal y la experiencia de transbordos en el sistema, con nueva infraestructura especializada, así como asegurar el acceso a los sistemas de transporte público.	Sí	Sí	No	El plazo ya se cumplió y se realizaron mejoras acordes a lo estipulado. Es necesario actualizar el enfoque de este artículo más allá de un plazo para garantizar que todos los proyectos futuros de transporte público tengan entre sus condiciones la infraestructura especializada para asegurar el acceso, la experiencia y la integración modal, como en los casos de la nueva línea 7 del metro y de las líneas ya aprobadas 8 y 9, además de todas las que se vayan desarrollando a futuro.
28	107: Construcción de 60 kilómetros de pistas solo bus, localizadas en la zona de cobertura de Transantiago.	Sí	Sí	No	La meta fue cumplida satisfactoriamente. El artículo se debería actualizar tanto estableciendo nuevas metas de pistas de solo bus, como con metas nuevas enfocadas a la implementación de carriles exclusivos de buses. Esta medida es considerada clave por los actores clave implicados, por lo que se recomienda mantenerse ya que el tema de construcción de nuevas pistas de solo bus y su fiscalización están constantemente presentes en la agenda del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
29	<p>108:</p> <p>Promoción de las acciones necesarias para la implementación de la Zona Verde para el Transporte en Santiago (ZVTS).</p> <p>Emisiones de gases efecto invernadero (GEI), sistema de medición, reporte y verificación (MRV), facilitación de acceso a oportunidades de fondos disponibles en el marco del financiamiento del clima.</p>	Sí	Sí	No	<p>Las acciones vinculadas al “NAMA – Santiago Zona Verde” son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Promoción de vehículos cero emisión 2. Buses de transporte público de bajas emisiones 3. Taxis verdes 4. Red para movilidad eléctrica (público - privado) 5. Autos públicos eléctricos. Car Sharing 6. Ampliación red de abastecimiento 7. Incentivos para recambio <p>Los temas implicados en este artículo deben ser separados para garantizar un mayor enfoque en cada uno con el fin de cumplir con las acciones vinculadas a la ZVTS, y darles un enfoque más a largo plazo que la vinculación a un proyecto en particular.</p> <p>En primer lugar, contar con sistemas de medición, reporte y verificación de emisiones del sector de transportes no solamente en la comuna de Santiago, sino que en todas las rutas y puntos de mayor afluencia vehicular de la ciudad.</p> <p>Los artículos siguientes deben estar enfocados en el desarrollo de medidas y metas para las acciones más relevantes relacionadas al finalizado proyecto de ZVTS.</p>
30	<p>109:</p> <p>Gestionar el apoyo y cooperación técnica especializada en temas de tránsito y transporte, en el marco de la planificación e implementación del proyecto ZVTS.</p>	Sí	Sí	No	<p>En caso de que los temas que estuvieron presentes en el proyecto de Zona Verde para el Transporte de Santiago tengan proyección en el tiempo, mantener un artículo global enfocado a estas acciones que eran parte del ZVTS para mantener un énfasis en la promoción de las temáticas más generales del finalizado proyecto, además de los artículos más dedicados a metas en puntos específicos, con el fin de alejarse de un proyecto en específico que ya no está vigente y desarrollar una medida de promoción de los temas que fueron parte de dicho proyecto para que tengan una mayor proyección.</p>

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
31	Buses cero emisiones en el transporte público.	No	No	Sí	Debido al éxito del recambio de flota de buses en Chile que lo establece como ejemplo a nivel mundial, se deben establecer metas concretas para el aumento de buses cero emisiones en el transporte público y el recambio de los buses más antiguos de la flota, con el fin de reducir las emisiones de contaminantes provocadas por el sistema de transporte.
32	Taxis verdes	No	No	Sí	Establecer medidas de incentivo y potenciamiento de programas como Mi Taxi Eléctrico para garantizar la aceleración en el recambio de flotas de taxis por vehículos cero emisiones, un proyecto que está en sus inicios y tiene potencial para impactar una de las flotas más importantes de vehículos a nivel regional.
33	Red de carga de vehículos eléctricos.	No	No	Sí	Aumentar los incentivos para esfuerzos público/privados para el aumento de puntos de carga para vehículos eléctricos en puntos clave de afluencia de público como edificios gubernamentales, centros comerciales, etcétera, además de en estaciones de servicio, con el fin de aumentar la cobertura de este servicio y la viabilidad del uso de estas formas de transporte.
34	Incentivos para recambio a vehículos eléctricos	No	No	Sí	Establecer programas de incentivo para el recambio de vehículos con combustibles fósiles a vehículos eléctricos para personas naturales, con el fin de reducir la flota de vehículos contaminantes y aumentar el parque vehicular de autos cero emisiones en la población particular.

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
35	Aumentar la interconectividad con zonas periféricas	No	No	Sí	<p>Debido a que las zonas periféricas de la ciudad actualmente dependen en gran medida de los vehículos particulares para su movilidad, se debe aumentar el enfoque en la conectividad de estas áreas de la región para incentivar la integración modal y que la población utilice más el transporte público en desmedro de sus vehículos particulares, a través de mejores líneas de transporte con mayor frecuencia para transformar el sistema público en alternativa viable y cómoda para los usuarios de la zona periférica.</p> <p>Además, comenzar a potenciar un enfoque para el recambio de los buses interurbanos por flotas eléctricas para reducir las emisiones de estos sistemas de transporte, ya que parte de sus trayectos se encuentran al interior del Gran Santiago hacia estaciones terminales, en muchos casos en la zona central de la ciudad.</p>
36	Generar proyecto centralizado de promoción al uso de las bicicletas en la zona urbana	No	No	Sí	Establecer un programa global y centralizado con el objetivo de fomentar el uso de las bicicletas de forma rutinaria por parte de la población, a través de incentivo al mercado de las bicicletas, revisión de estándares de construcción de ciclovías y estacionamientos, estudios de conectividad de estas rutas, entre otras medidas.
37	Sistema de bicicletas públicas (bicisharing)	No	No	Sí	Desarrollar en el Gran Santiago un sistema de bicicletas públicas similares a modelos privados o de pequeña escala que han existido, con bicicletas disponibles en puntos clave de la ciudad como zonas residenciales de alta densidad y zonas de alta afluencia de público y estaciones de Metro o buses, para incentivar a la población a utilizar este servicio en vez de vehículos particulares.

Nº	Medida	Existente	Modificado	Nuevo	Descripción
38	Estacionamientos metro, punto eléctrico.	No	No	Sí	Promover la construcción de estacionamientos públicos enfocados a la conectividad con el Metro de Santiago para incentivar que la población que necesita utilizar su vehículo particular por la baja conectividad de sus residencias no lo utilice en todo su trayecto sino que se pueda integrar al transporte público, con precios reducidos para vehículos eléctricos con puntos de carga disponibles a modo de incentivo para el recambio hacia la electromovilidad particular.

6.2 Tablas de Priorización

Una vez realizado un listado extenso de medidas potenciales para cada uno de los capítulos descritos en los puntos anteriores, se realizó un proceso de preselección en el que se descartaron las medidas consideradas por el equipo consultor menos viables o menos importantes de tener en cuenta para una actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, ya sea por el bajo impacto, difícil aplicación o estimación de impacto, por ser temas avanzados actualmente que no necesitan mayor impulso u otros motivos.

Posteriormente, con las medidas restantes, se realizó un proceso de cálculo de rangos estimados de emisiones evitadas anualmente por cada una de ellas, expresadas en toneladas de MP10 evitadas por año (o MP equivalente en caso de otras emisiones), y el costo de inversión y operación, en cuanto a netamente financiamiento público sin tener en cuenta capitales privados presentes en casos de subsidios o copagos, que significaría para cada una de estas toneladas evitadas anualmente, expresadas en US\$ por tonelada de MP evitada.

Además, se realizó un análisis cualitativo de dificultad de implementación de las medidas a juzgar por la cantidad de actores, leyes, reglamentos y otros factores que podrían ser relevantes para su aplicación.

De esta forma, estas tres variables medidas se les asignó un puntaje de 1 a 5, con una ponderación de 50% para el costo-efectividad de la medida, 30% para el impacto potencial de la medida y un 20% para la dificultad de implementación, lo que arroja un puntaje final para apoyar de forma cuantitativa el proceso de selección de medidas finales que serán analizadas y propuestas para la actualización del PPDA de la RM¹.

Los puntajes de las diferentes variables fueron asignados de acuerdo a rangos distribuidos de la siguiente manera:

Costo-Efectividad:

- **Muy Alto:** bajo 10.000 US\$/t de emisiones evitadas > se evalúan en 5 puntos
- **Alto:** entre 10.000 US\$/t y 100.000 US\$/t de emisiones de MP equivalente evitadas > se evalúan en 3 puntos
- **Medio:** entre 100.000 US\$/t y 500.000 US\$/t de emisiones de MP equivalente evitadas > se evalúan en 2 puntos
- **Bajo:** más de 500.000 US\$/t de emisiones de MP equivalente evitadas > se evalúan en 1 puntos

Impacto potencial de la medida:

- **Muy Alto:** sobre 5 t /año de emisiones evitadas > se evalúan en 5 puntos
- **Alto:** entre 1 t/año e 5 t/año de emisiones de MP equivalente evitadas > se evalúan en 3 puntos

¹ Estas ponderaciones fueron validadas con la contraparte técnica del estudio, en reunión sostenida el 05/11/2024

- **Medio:** entre 0,1 t/año e 1 t/año de emisiones de MP equivalente evitadas > se evalúan en 2 puntos
- **Bajo:** bajo 0,1 t/año de emisiones de MP equivalente evitadas > se evalúan en 1 puntos

Dificultad de la medida:

- **Alto:** requiere mucha coordinación de actores y creación de leyes para su implementación > se evalúa en 1 puntos
- **Medio:** requiere de mucha coordinación de actores, pero no de nuevas leyes para poder ser implementado (requiere solo decreto supremo) > se evalúa en 3 puntos
- **Bajo:** requiere de pocos organismos para su implementación y no requiere ni ley ni decreto (solo podría requerir reglamento de la institución respectiva o resolución sectorial) > se evalúa en 5 puntos

En los siguientes capítulos se presentan de forma separada tablas resumen de estas medidas con la explicación general de los cálculos, los valores referenciales calculados, puntajes y el resultado de la priorización. Sin embargo, tanto la tabla extendida con la explicación de cada uno de los cálculos y la memoria de cálculo serán presentados en el Anexo N°2 y Anexo N°3 (respectivamente) alojados en el repositorio digital mencionado previamente.

6.2.1 Capítulo IV: Combustibles

En este caso se considera un aumento de la fiscalización desarrollada en la actualidad por SEC, donde se desarrollan muestreo periódicos en los servicentros de la Región Metropolitana. Se supone que un aumento de la fiscalización permite evitar la adulteración de los combustibles distribuidos.

La adulteración de los combustibles, puede generar un aumento de las emisiones de MP, SO₂ y principalmente Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), por lo que se supone un porcentaje de adulteración a ser evitado mediante la fiscalización, para la estimación se utilizan los valores de consumos de estos combustibles en la Región Metropolitana, de acuerdo al balance nacional de energía para el año 2023 desarrollado por el Ministerio de Energía.

Se estima un porcentaje de incumplimiento para cada combustible y una emisión adicional por efecto de su adulteración, estimadas con las toneladas de emisión de MP equivalente y adicionales. Debido a los altos consumos de combustibles vehiculares y del GLP residencial, se obtiene que la adulteración de un porcentaje muy bajo genera un aumento muy relevante de las emisiones de contaminantes atmosféricos.

Se considera que esta medida tiene una dificultad baja de implementación, debido a que SEC posee experiencia en la fiscalización de la calidad del combustible, en la toma de muestra de los combustibles, cuenta con laboratorios de análisis y estadísticas de resultados de larga data. El aumento de la fiscalización solo requiere de un mayor financiamiento, que se justifica en su impacto en la mejora de la calidad del aire de la Región.

Tabla 13 - Tabla de Priorización Capítulo IV

Medida	US\$/t evitada	Puntaje	T evitada / año	Puntaje	Dificultad de aplicación	Puntaje	Ponderación total	Medida a priorizar
Aumento de fiscalización Calidad de petróleo diesel gasolinas y kerosene	6.051,9	5	6,211	5	Bajo	5	5	Sí
Aumento de fiscalización Calidad de petróleo N°5 y N°6	242.076	2	0,155	2	Bajo	5	2,6	Sí
Aumento de fiscalización Calidad del GLP	27.142	3	4,16	3	Bajo	5	3,4	Sí

6.2.2 Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial

Esta medida se refiere a evitar el escape de emisiones de COVs debido al mal uso por parte del personal de las estaciones de servicio y a los choferes de camiones. De esta forma, en esta medida, se considera la implementación de capacitaciones a los choferes de camiones de transporte de combustible y a los bomberos de los servicentros, para el correcto uso de los sistemas de recirculación de vapores, que están implementados en la actualidad, pero se utilizan inadecuadamente.

El uso inadecuado genera que los vapores de COVs presentes en los estanques de los vehículos sean emitidos sin control, por lo cual se estiman estas emisiones con los factores de emisión de EPA para esta actividad sin control de emisiones. En el caso de los camiones es una condición similar donde las emisiones de esta actividad se estiman a partir de los factores de emisión sin control.

La magnitud de emisiones para la estimación se estima usando los valores de consumos de estos combustibles en la Región Metropolitana, de acuerdo al balance nacional de energía para el año 2023 desarrollado por el Ministerio de Energía. Debido a los altos consumos de combustibles vehiculares, se obtiene que las emisiones sin control son muy relevantes.

La capacitación debe ser implementada por los titulares de los servicentros y fiscalizada por SEC. Se considera que esta medida tiene una dificultad baja de implementación, debido a que SEC posee experiencia en la fiscalización de la operación de los servicentros de la Región Metropolitana. El aumento de la fiscalización solo requiere de un mayor financiamiento, que se justifica en su impacto en la mejora de la calidad del aire de la Región.

Tabla 14 - Tabla de priorización Capítulo V

Medida	US\$/t evitada	Puntaje	T evitada / año	Puntaje	Dificultad de aplicación	Puntaje	Ponderación total	Medida a priorizar
Capacitación y fiscalización choferes para correcta operación del sistema de recuperación	349	5	102,6	5	Bajo	5	5	Sí
Capacitación y fiscalización Bomberos para correcta operación del sistema de recuperación	903,2	5	115,4	5	Bajo	5	5	Sí

6.2.3 Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes

En este caso, se analizaron diversas medidas, algunas ya existentes con metodologías de compensación de emisiones, y otras nuevas propuestas por el equipo consultor.

Estas medidas se enfocan principalmente en reducción de MP de resuspensión, y dentro de las nuevas medidas analizadas, se considera:

- Prevención de incendios forestales: donde a partir de levantamiento de bibliografía internacional, se estimó el efecto del uso de cortafuegos, y su efecto en la reducción de incendios, que de acuerdo a la bibliografía levantada, logra reducir la extensión de incendios forestales en un 30% con la aplicación de cortafuegos estratégicos.
- Por otro lado, la intervención de bermas, platabandas y bandejas, también generan efectos en la reducción de emisiones. Esto se ha llevado a cabo con mediciones en estudios del GORE de la RM, y se logran reducciones de hasta 0,032 kg de MP 10/m² intervenido
- Desde el año 2017 es posible compensar emisiones mediante la creación y mantención de áreas verdes. Esta ha probado ser una medida exitosa, y ya se han aprobado más de 180 proyectos de áreas verdes en la RM en el marco del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) en 2017. Estas medidas incluyen:
 - Planes de arborización urbana
 - Restauración de áreas degradadas
 - Mantenimiento sostenible
- Pavimentación de calles: la pavimentación de calles como medida de compensación de emisiones en la Región Metropolitana de Santiago (RM) es una estrategia que tiene como principal objetivo la reducción de material particulado (MP10 y MP2,5), asociado a emisiones fugitivas provenientes de calles y caminos no pavimentados, especialmente en sectores periurbanos y rurales. Se aplica desde el año 2010 y a la fecha se estima que se han llevado a cabo 70 proyectos de pavimentación de calles en la RM.
- Lavado de calles: programa iniciado en 1998, que llegó a beneficiar a 29 comunas de la RM, y que considera la limpieza sistemática de vías urbanas. Este programa se llevó a cabo en forma interrumpida hasta el año 2022.

A continuación, se presenta la tabla de ponderación de medidas de este capítulo.

Tabla 15 - Tabla de priorización Capítulo IX

Medida	US\$/t evitada	Puntaje	T evitada / año	Puntaje	Dificultad de aplicación	Puntaje	Ponderación total	Medida a priorizar
Pavimentación de calles sin pavimentar (priorizando zonas de alto flujo de vehículos pesados)	48.600	3	106,25	5	Medio	3	3,6	Sí
Creación y mantenimiento de Áreas Verdes	38.700	3	46,5	5	Bajo	5	4	Sí
Prevención de incendios forestales	9.333	5	9.750	5	Medio	3	4,6	Sí
Lavado de Calles	762.840	1	23,6	5	Alto	1	2,2	No
Intervención de Bermas, Platabandas y Bandejones	4.840.460	1	22,6	5	Alto	1	2,2	No

6.2.4 Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal

En el caso de las medidas de incentivo al cambio modal, las preseleccionadas en el proceso detallado con antelación fueron establecer una nueva meta de ampliación de ciclovías, nuevas metas de buses eléctricos en la zona urbana, potenciar el programa Mi Taxi Eléctrico o similares para el reemplazo de la flota de taxis de la región por vehículos eléctricos a través de sistema de copago, la ampliación de la red de carga de vehículos eléctricos, e incentivos para el recambio a vehículos eléctricos.

Para las ciclovías, se calculó el potencial estimando una ampliación de ciclovías acorde a indicadores de países líderes como Dinamarca, y se considera una disminución del flujo de vehículos como resultado de esta ampliación de la red, para luego contrastarse con el costo aproximado de cada kilómetro de ciclovía.

En el caso de los buses eléctricos, se calculan las emisiones evitadas si se acelera la meta de incorporación de buses eléctricos, logrando el 100% al 2035 en vez del 2040 como está estipulado la estrategia nacional de electromovilidad de Chile, que fue presentada por el Ministerio de Energía de Chile y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en el marco de los compromisos climáticos del país.

Para potenciar el programa de taxis verdes, se consideran las emisiones evitadas si se reemplaza el parque completo de taxis a través del sistema de copago actualmente aplicado en el programa Mi Taxi Eléctrico del GORE RM y la Agencia de Sostenibilidad Energética.

Para la red de carga, se considera un aumento del 50% de los puntos de carga de la RM y el costo de instalación, y se estima un aumento del parque de vehículos eléctricos y la disminución de emisiones de los vehículos bencineros y diésel reemplazados por estos.

Por último, para el incentivo de recambio a vehículos eléctricos se consideran las emisiones evitadas si aumenta en un 50% la venta de estos reemplazando vehículos tradicionales, y para los costos se consideran incentivos utilizados en Estados Unidos para este tipo de programas en sistemas de copago.

Tabla 16 - Tabla de priorización Capítulo X

Medida	US\$/t evitada	Puntaje	T evitada / año	Puntaje	Dificultad de aplicación	Puntaje	Ponderación total	Medida a priorizar
Nueva Meta de ampliación de ciclovías	466.775	2	10,7	5	Medio	3	3,1	Sí
Nuevas metas de buses 0 emisiones (aceleracion de 15 a 10 años)	0	5	12	5	Bajo	5	5	Sí
Potenciar programa de Taxis Verdes	12.939.805,54	1	5	5	Bajo	5	3	No
Red de carga vehículos eléctricos	5.729.863,48	1	0,04	1	Bajo	5	1,8	No
Incentivos para recambio de VE	30.327.669	1	0,03	1	Bajo	5	0,4	No

7 Estimación de costos

7.1 Metodología

Una vez seleccionadas las medidas a priorizar, se realizó un análisis de la estimación de los costos incrementales de inversión, operación y mantención de las diferentes medidas para un horizonte de 15 años teniendo en cuenta las variables de inversión más importantes, con el objetivo de tener una visión más clara de la dificultad de aplicación de las medidas propuestas respecto a los costos que conllevan, resultados que se presentarán en los capítulos siguientes.

En las tablas a continuación se presentan los valores correspondientes a cada año, a partir del años base hasta el año número quince, con un conjunto de filas representando las variables consideradas, otro conjunto de filas con los costos asociados a estas, y una última columna representando el costo total de la medida para cada uno de los quince años de la proyección.

7.2 Capítulo IV: Combustibles

7.2.1 Calidad de petróleo diesel gasolinas y kerosene

La medida de aumento en la fiscalización de la calidad del petróleo diesel, gasolinas y kerosene distribuido en la Región Metropolitana por servicentros se basa en la necesidad de evitar que el combustible sea adulterado de diferentes formas, lo que puede generar un aumento en las emisiones de material particulado, VOC y SO₂ por mal funcionamiento de los sistemas de combustión donde es utilizado.

En la actualidad se desarrollan tomas de muestras y análisis de composición en los servicentros distribuidores de estos combustibles, sin embargo es recomendable aumentar la fiscalización actual debido a las grandes magnitudes de combustibles consumidos en la Región Metropolitana.

Se considera la mejora en la fiscalización y la toma de muestra y análisis en los puntos de distribución final de estos combustibles, para asegurar el cumplimiento de la calidad del combustible utilizado en la Región Metropolitana.

Tabla 17 - Proyección de costos Capítulo IV - Combustibles

Proyección de Costos de la Medida	0	1	4	5	6	7
Fiscalizadores necesarios para la medida	2	2	2	2	2	2
incremento remuneración (%)		2%		2%		2%
salario por trabajador(USD/mes bruto)	27.068	27.609	28.161	28.724	28.724	29.299
Costo fiscalización (USD/año)	54.135	55.218	56.322	57.449	57.449	58.598
Analisis externos (USD/año)	10.526	10.526	10.526	10.526	10.526	10.526
Total costo medida (USD/año)	64.662	65.744	66.849	67.975	67.975	69.124

7.2.2 Calidad de petróleo N°5 y N°6

La medida de aumento en la fiscalización de la calidad del petróleo N°5 y N°6 de consumo industrial distribuido en la Región Metropolitana se basa en la necesidad de evitar que el combustible sea adulterado de diferentes formas, lo que puede generar un aumento en las emisiones de material particulado y SO₂ por mal funcionamiento de los sistemas de combustión donde es utilizado.

En la actualidad se desarrollan tomas de muestras y análisis de composición en los grandes distribuidores de este combustible, sin embargo no se realizan en los puntos de distribución a los consumidores finales.

Se considera la mejora en la fiscalización y la toma de muestra y análisis en los puntos de distribución final de estos combustibles industriales, para asegurar el cumplimiento de la calidad del combustible utilizado en la Región Metropolitana.

Tabla 18 - Proyección de costos Capítulo IV - Petróleo 5 y 6

Proyección de Costos de la Medida

	0	1	2	3	14	15
Fiscalizadores necesarios para la medida	1	1	1	1	1	1
incremento remuneración (%) salario por trabajador(USD/mes bruto)		2%		2%		2%
	27.068	27.609	27.609	28.161	31.092	31.714
Costo fiscalización (USD/año)	27.068	27.609	27.609	28.161	31.092	31.714
Analisis externos (USD/año)	10.526	10.526	10.526	10.526	10.526	10.526
Total costo medida (USD/año)	37.594	38.135	38.135	38.688	41.619	42.240

7.2.3 Calidad del GLP

La medida de mejora o aumento en la fiscalización de la calidad del GLP residencial y comercial distribuido en la Región Metropolitana se basa en la necesidad de evitar que el combustible sea adulterado de diferentes formas, lo que puede generar un aumento en las emisiones de COVs y de material particulado por mal funcionamiento de los sistemas de combustión donde es utilizado.

En la actualidad se desarrollan tomas de muestras y análisis de composición en los grandes distribuidores de este combustible, sin embargo no se realizan en los puntos de distribución a los consumidores finales.

Se considera la mejora en la fiscalización y la toma de muestra y análisis en los puntos de distribución final del GLP, para asegurar el cumplimiento de la calidad del combustible utilizado en la Región Metropolitana.

Tabla 19 - Proyección de costos Capítulo IV - GLP

Proyección de Costos de la Medida

	0	1	2	3	14	15
Fiscalizadores necesarios para la medida	2	2	2	2	2	2
incremento remuneración (%)		2%		2%		2%
salario por trabajador(USD/mes bruto)	27.068	27.609	27.609	28.161	31.092	31.714
Costo fiscalización (USD/año)	54.135	55.218	55.218	56.322	62.184	63.428
Analisis externos (USD/año)	10.526	10.526	10.526	10.526	10.526	10.526
Total costo medida (USD/año)	64.662	65.744	65.744	66.849	72.711	73.954

7.3 Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial

7.3.1 Capacitación y fiscalización choferes de camiones distribuidores para correcta operación del sistema de recuperación

La medida de capacitación se considera necesaria debido a los antecedentes proporcionados por SEC, que indican que los choferes de camiones de distribución de gasolinas revisan al final de la descarga realizada en cada servicentro, si el estanque está vacío, para lo cual abre la escotilla permitiendo el escape de los vapores de COVs recirculados desde los estanques subterráneos del servicentro.

Esta medida considera la implementación obligatoria para los administradores del servicio de distribución de combustibles a todos sus choferes y peonetas, respecto del objetivo y operación de los sistemas de recirculación de vapores de COVs, desde los estanques subterráneos de los servicentros a los camiones de distribución de combustible.

La medida considera también la implementación por parte de SEC de la fiscalización del cumplimiento de la capacitación a los choferes y peonetas, así como su cumplimiento real en cada servicentro suministrado en la Región Metropolitana.

Tabla 20 - Proyección de costos Capítulo V - capacitación choferes²

Año	0	1	2	3	.....	13	14	15
Fiscalizadores necesarios para la medida	2	2	2	2	.....	2	2	2
incremento remuneración (%)		2%		2%	.....	2%		2%
salario por trabajador(USD/mes bruto)	12.632	12.884	12.884	13.142		14.510	14.510	14.800
Costo fiscalización (USD/año)	25.263	25.768	25.768	26.284	....	29.019	29.019	29.600
Capacitación (USD/año)	10.526		10.526		....		10.526	
Total costo medida (USD/año)	35.789	25.768	36.295	26.284	....	29.019	39.546	29.600

² La medida considera 2 fiscalizadores y una capacitación a 200 choferes cada dos años

7.3.2 Capacitación y fiscalización Bomberos para correcta operación del sistema de recuperación

La medida de capacitación se considera necesaria debido a los antecedentes proporcionados por SEC, que indican que los bomberos que cargan combustible en los vehículos que son clientes de los servicentros, no conocen el objetivo y operación de los sistemas de recirculación de vapores implementados en la Región Metropolitana.

La práctica de destapar el estanque y no colocar la pistola de forma inmediata genera la fuga de los vapores acumulados en el estanque del vehículo, así como la práctica del relleno del estanque genera que la pistola no sea posicionada sellando la salida del estanque, lo que permite también el escape de los vapores desplazados durante la carga de combustible.

Los vehículos livianos más modernos cuentan con un sistema de recuperación de los vapores generados durante el trayecto en caliente de ellos, este sistema se satura con combustible líquido si existe un re-llenado del estanque sobre su capacidad nominal, lo que también genera un aumento de las emisiones de vapores de VOC.

Esta medida considera la implementación obligatoria para los administradores de los servicentros de distribución de combustibles a todos bomberos, respecto del objetivo y operación de los sistemas de recirculación de vapores de VOC, desde los estanques de los vehículos a los estanques subterráneos de los servicentros de distribución de combustible.

La medida considera también la implementación por parte de SEC de la fiscalización del cumplimiento de la capacitación a los bomberos, así como su cumplimiento real en cada servicentro en la Región Metropolitana.

Tabla 21 - Proyección de costos Capítulo V - capacitación bomberos

Año >	0	1	2	3	.....	13	14	15
Fiscalizadores necesarios para la medida	2	2	2	2	.....	2	2	2
incremento remuneración (%)		2%		2%	.....	2%		2%
salario por trabajador(USD/mes bruto)	12.632	12.884	12.884	13.142		14.510	14.510	14.800
Costo fiscalización (USD/año)	25.263	25.768	25.768	26.284	....	29.019	29.019	29.600
Capacitación (USD/año)	78.947		78.947		....	78.947		
Total costo medida (USD/año)	104.211	25.768	104.716	26.284	....	29.019	107.967	29.600

7.4 Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes

7.4.1 Pavimentación de calles sin pavimentar (priorizando zonas de alto flujo de vehículos pesados)

Antecedentes:

Se tiene un catastro de 80 km de calles sin pavimentar según informe de MTT 2024.

Se han presentado Programas de Compensación de Emisiones con pavimentación de calles con factores de reducción de MP10 entre 4 m/t a 9 m/t.³

Supuestos para los cálculos de pavimentación de calles sin pavimentar:

- El factor de reducción de MP10, aumenta cada año, desde 7 m/t MP10 hasta 21 m/t MP10⁴.
- Cada año se supone se pavimentarán 1.000 metros, comenzando con calles de mejor flujo, de manera que cada año, el factor de emisión va aumentando debido a que se comienza con las calles de mayor flujo.
- En 15 años se estima pavimentar 15 km de calles no pavimentadas. sin embargo, se considera comenzar con aquellas con mayor flujo.
- El costo unitario por metro de pavimentación es de 1.350 US\$, el valor es un promedio y puede variar según las características de la calle a intervenir.
- El costo anual es costo unitario (US\$ 1.350) x metros lineales a pavimentar (1.000 m)
- El costo anualizado considera tasa de interés de 5%, duración de la pavimentación por 15 años, sin valor de retorno

Tabla 22 - Proyección de costos Capítulo IX - Pavimentación

	Unidad / año	1	2	3	13	14	15
Metros lineales anuales a pavimentar	m/año	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Factor promedio de reducción MP10	m/t MP10	7	8	9	19	20	21
Costo por metro (USD/m l)	US\$/m lineal	1350,0	1350,0	1350,0	1350,0	1350,0	1350,0
Costo anual	US\$/año	1.350.000	1.350.000	#####	1.350.000	1.350.000	1.350.000
Costo anualizado	US\$/año	130.062	260.124	390.186	1.690.807	1.820.869	1.950.931

³ Se refiere a la reducción de toneladas de MP por metro pavimentado

7.4.2 Creación y mantención de Áreas Verdes

Antecedentes:

- Se tiene un potencial de 390.000 hectáreas de ecosistemas boscosos en la RM. Fuente: catastro de recursos vegetacionales de la Región Metropolitana.
- El factor de reducción de MP10, corresponde al aplicado en Guía metodológica de la RM
- Entre 2019 y 2023 se han aprobado compensaciones para un total de 268,5 ha.

Supuestos para los cálculos de creación y generación de áreas Verdes,

- Se considera 100 ha a intervenir por año, totalizando 1.500 ha en 15 años.
- Se considera también, que la selección de las calles optará por aquellas de mayor flujo de modo que cada año, este factor va disminuyendo.
- El costo unitario por hectárea es de 11.250 US\$, que considera valor de 1.125 US\$/ha/año y 10 años de implementación.
- El costo anual es costo unitario (US\$ 11.250) x hectáreas a intervenir (100 ha por año)

El costo anualizado considera tasa de interés de 5%, duración de la intervención por 10 años, sin valor de retorno

Tabla 23 - Proyección de costos Capítulo IX - Áreas Verdes

Proyección de reducción de Emisiones

	Unidad / año	1	2	3	....	13	14	15
Hectáreas a intervenir	ha/año	100	100	100	....	100	100	100
Factor promedio de reducción MP10	ha/t MP10	2,15	2,15	2,15	....	2,15	2,15	2,15
Costo por hectárea	US\$/ha	11.250	11.250	11.250	....	11.250	11.250	11.250
Costo anualizado	US\$/año	145.693	291.385	437.078	....	1.894.004	2.039.697	2.185.390

7.4.3 Prevención de incendios forestales

Antecedentes:

- Se tiene un potencial de 390.000 hectáreas de ecosistemas boscosos en la RM. Fuente: catastro de recursos vegetacionales de la Región Metropolitana.

Supuestos para los cálculos de prevención de incendios forestales:

- El factor de reducción de MP10, se asume en 0.75 t MP/Ha. Esto se obtiene de acuerdo a bibliografía, donde los incendios forestales emiten en promedio 2,5 t MP / Ha, y las medidas de limpieza y cortafuego logran reducir en un 30% las emisiones de MP
- Se considera el objetivo de atender 390.000 ha, en 15 años, lo cual significa abordar 26.000 ha por año.
- El costo unitario por hectárea es de 2.000 US\$, que incluye raleos, limpiezas y realización de cortafuegos, de acuerdo a información entregada por CONAF. Este costo, se debe incurrir cada 5 años, dado el crecimiento de la masa boscosa
- La medida es efectiva si se compromete una cantidad relevante de hectáreas, que se propone sea al menos de 5.000 ha.
- Para estimar la probabilidad de ocurrencia, se estima que los incendios forestales afectan anualmente al 2,87% de las superficies de bosques de la región. Este valor se obtiene, del promedio anual de superficies incendiadas en los últimos 5 años en la RM, de acuerdo a la Estadísticas de los Incendios Forestales, de la Biblioteca del Congreso Nacional

Tabla 24 - Proyección de costos Capítulo IX - Prevención de incendios.

Año	0	1	2	3	....	13	14	15
Hectáreas a Intervenir / año	26.000	26.000	26.000	....	26.000	26.000	26.000	
Hectareas que podrían quemarse de estos bosques intervenidos (probabilidad)	745	745	745	....	745	745	745	
Hectareas que podrían quemarse de estos bosques intervenidos (acumuladas)	745	1.491	2.236	....	9.688	10.434	11.179	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 1	52							
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 2	0	52	0		0	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 3	0	0	52		52	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 4	0	0	0		0	52	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 5	0	0	0		0	0	52	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 6	0	0	0		0	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 7	0	0	0		0	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 8	0	0	0		52	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 9	0	0	0		0	52	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 10	0	0	0		0	0	52	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 11	0	0	0		0	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 12	0	0	0		0	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 13	0	0	0		52	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 14	0	0	0		0	52	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año; año 15	0	0	0		0	0	52	
	0	0	0		0	0	0	
Costo de tratamiento (MMUSD/año)	52	52	52	....	156	156	156	

De esta forma, el costo de la medida, va desde los 52 MMUSD a los 156 MMUSD en régimen.

7.5 Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal

7.5.1 Aceleración de implementación de Buses Eléctricos Urbanos para el transporte público

En este caso, esta medida no posee aumento de costos, sino adelantamiento de las inversiones por parte del operador de sistema de transporte o de las empresas de energía, tanto de los buses como de la infraestructura de carga necesaria para estos buses. Es importante mencionar, que la tecnología de buses eléctricos requiere una inversión mayor (en la actualidad un bus eléctrico cuesta 700.000 – 900.000 USD versus uno a diésel que cuesta 300.000 – 400.000 USD), sin embargo sus costos de operación son considerablemente menores, pagándose esta inversión entre 5 y 8 años dependiendo del kilometraje de los buses.

Tabla 25 - Proyección de buses eléctricos caso base

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
ELECTRICO	2.834	3.197	3.568	3.949	4.338	4.737	5.144	5.561	5.987	6.422	6.866	7.318	7.780	8.251	8.732	9.221
EPA 98 O EURC	100	50														
EPA 98 O EURO III AV																
EPA 98 O EURO III AV F																
EPA 98 O EURC	1.021	821	621	421	221	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO IV																
EURO V	1.019	819	619	419	219	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO VI	2.621	2.817	3.004	3.132	3.251	3.360	3.101	2.793	2.475	2.149	1.813	1.469	1.115	753	381	0
Total	7.595	7.704	7.812	7.920	8.029	8.137	8.246	8.354	8.462	8.571	8.679	8.787	8.896	9.004	9.112	9.221
Porcentaje de t	37%	41%	46%	50%	54%	58%	62%	67%	71%	75%	79%	83%	87%	92%	96%	100%

Tabla 26 - Proyección de buses eléctricos caso con medida

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
ELECTRICO	2.979	3.489	4.013	4.550	5.101	5.664	6.241	6.831	7.433	8.050	8.679
EPA 98 O EURC	100	50									
EPA 98 O EURO III AV											
EPA 98 O EURO III AV F											
EPA 98 O EURC	921	621	321	21	0	0	0	0	0	0	0
EURO IV											
EURO V	919	619	319	19	0	0	0	0	0	0	0
EURO VI	2.677	2.924	3.159	3.330	2.928	2.473	2.005	1.523	1.029	521	0
Total	7.595	7.704	7.812	7.920	8.029	8.137	8.246	8.354	8.462	8.571	8.679
Porcentaje de t	39%	45%	51%	57%	64%	70%	76%	82%	88%	94%	100%

De esta forma, se puede observar un incremento de aproximadamente 150-200 buses eléctricos más al año.

Lo anterior genera un adelantamiento de inversiones, tanto en buses eléctricos como en infraestructura de carga, pero al mismo tiempo, un ahorro en costos operacionales⁵, al reemplazar mas buses diésel por buses eléctricos, que tienen menores costos de operación. Lo anterior se observa en las siguientes tablas:

Tabla 27 - Adelantamiento inversiones en buses y ahorro de costos operacionales caso base versus caso con medida

Caso Base			2025	2026	...	2036	2037	2038	2039	2040
Año										
Incremento de buses eléctricos caso base			353	362	....	453	462	471	480	489
Inversión en buses eléctricos caso base (MMUSD/año)			247	254	....	317	323	330	336	342
Ahorro anual reemplazando bus diesel caso base (MMUSD/año)			6	11	....	76	83	90	98	105
) \$2,520,43	MMUSD	VA Inversión caso base								
) \$374,98	MMUSD	VA ahorro costos operativos caso base								
\$2,145,46	MMUSD	(a) - (b) inversión - ahorro caso base								
Caso con Medida			2025	2026	...	2036	2037	2038	2039	2040
Año										
Incremento de buses eléctricos con medida			498	511	....	108	108	108	108	108
Inversión en buses eléctricos con medida (MMUSD/año)			348	358	....	76	76	76	76	76
Ahorro anual reemplazando bus diesel (MMUSD/año)			8	16	....	98	100	102	104	105
) \$2,895,55	MMUSD	VA inversión caso con medida								
) \$487,92	MMUSD	VA ahorro costos operativos caso con medida								
\$2,407,62	MMUSD	(a) - (b) inversión - ahorro caso con medida								
\$262,17	MMUSD	VA adelantamiento de inversiones y mayores ahorros operativos								

Por otro lado, también hay un adelantamiento de inversiones en Infraestructura de carga, como se observa en la siguiente tabla:

Año	2025	2026	...	2036	2037	2038	2039	2040
Inversión Electrocargadores caso base (MMUSD/año)	10,6	10,9	....	13,6	13,9	14,1	14,4	14,7
Inversión Electrocargadores caso con medida (MMUSD/año)	14,9	15,3	...	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Diferencia de Inversión por año (caso medida menos caso base)	4,3	4,5	....	-10,3	-10,6	-10,9	-11,2	-11,4
\$16,08	MMUSD	VA adelantamiento de inversiones y mayores ahorros operativos						

⁵ Para efectos de valuar el ahorro de costos operacionales, se consideró un rendimiento de un bus diésel de 0,4 l/km, y de un bus eléctrico de 1,8 kWh/km (aproximadamente con los precios actuales de diésel y cliente libre, el ahorro de un bus eléctrico es aproximadamente un tercio del gasto de un bus a diésel

De esta forma, el adelantamiento de inversiones se traduce en un incremento de inversión actualizada y de mayores ahorros, que da un costo neto de aproximadamente 278 MMUS\$ tanto en buses como en Infraestructura de carga⁶.

⁶ No se evaluó el beneficio adicional que tendría vender los buses diésel actuales que se sacarían antes de terminar la vida útil, ya que eso involucraría sacar buses de otros lugares.

7.5.2 Aumento de Ciclovías

Para evaluar el costo de esta medida, se considera información de estudios internacionales, donde correlacionan el aumento de infraestructura de ciclovías, con el aumento del uso de bicicletas. De esta forma, de acuerdo a un estudio de Davis, California, En un análisis de varios modelos en ciudades estadounidenses (como Portland y Minneapolis), se estimó que por cada 1% de incremento en la infraestructura para bicicletas, el uso de automóviles disminuye entre un 0.2% y un 0.5% en esas ciudades.

De esta forma, si se aplica al caso chileno, los incrementos de 5,5 km/año de ciclovías, podrían generar disminuciones de 5.000 viajes / día en Santiago. El costo de 5,5 km de ciclovía, se estima entre 220.000 y 330.000 USD⁷, lo que anualizado a 30 años de inversión, da entre 14.000 y 21.000 USD/año.

Tabla 28 - Proyección de costos Capítulo X – Ciclovías

Año	0	1	2	3	....	13	14	15
Incremento anual de ciclovías (%)		2%	2%	2%	....	2%	2%	2%
Stock de ciclovías en Santiago (km) (*)	516,0	526,3	536,8	547,6	....	667,5	680,9	694,5
ciclovías adicionales / año (km/año)		10,3	10,5	10,7	....	13,1	13,4	13,6
Inversión anualizada en ciclovías (USD/año)(****)	33.124	66.911	101.373		....	486.273	529.123	572.830

⁷ Estudio Universidad Central (2003)

8 Estimación de emisiones

8.1 Metodología

De la misma manera en que se realizó la estimación de costos detallada en el capítulo anterior, se estimaron las emisiones evitables potenciales con la aplicación de las medidas propuestas, con el objetivo de tener una visión más clara del potencial impacto positivo en la disminución de emisiones para un horizonte de 15 años, como se muestra en las tablas presentadas en los capítulos siguientes.

En las tablas a continuación se presentan los valores correspondientes a cada año, a partir del año base hasta el año quince, con un conjunto de filas representando las variables consideradas, otro conjunto de filas con las emisiones evitadas asociadas a éstas, y una última columna representando el total de emisiones reducidas (expresadas en toneladas de MP o MP combustión equivalente por año) de la medida para cada uno de los quince años de la proyección. Es importante mencionar, que las distintas medidas poseen distintos tipos de emisiones; por ejemplo las relativas a incendios, principalmente reducen emisiones de MP 2,5 combustión, pero las medidas de pavimentación de MP 10 re suspensión. También en algunos casos hay reducción de emisiones de NOx, y reducción de emisiones de COVs. De esta forma, para hacerlo comparable, las emisiones calculadas, se han convertido a MP10 de combustión, utilizando diversos factores de conversión validados por el MMA.

8.2 Capítulo IV: Combustibles

8.2.1 Calidad de petróleo diésel gasolinas y kerosene

Para efectos de estimar las emisiones generadas por el incumplimiento en la calidad del combustible se considera como base el consumo registrado en la Región Metropolitana para el año 2023, a partir del cual se proyecta el consumo de estos combustibles a los 15 años.

Se estima un porcentaje de incumplimiento en la calidad del combustible que podría aumentar las emisiones de SO2 y MP equivalente en la Región Metropolitana por el uso de combustibles adulterados.

Tabla 29 - Proyección de emisiones Capítulo IV – combustibles

	0	1	2	3	..	13	14	15
cantidad de EDS	500	500	500	500	...	500	500	500
% EDS sin marca	9,8%	9,8%	9,8%	9,8%	...	9,8%	9,8%	9,8%
cantidad de EDS sin marca	49	49	49	49	...	49	49	49
Incremento de venta de combustible anual (%)	1%	1%	1%	1%	...	1%	1%	1%
Venta combustible /año promedio EDS	5.500.000	5.555.000	5.610.550	5.666.656	...	6.259.513	6.322.108	6.385.329
Consumo de combustible que no cumplen (l/año)	26.950.000	27.219.500	27.491.695	27.766.612	...	30.671.614	30.978.330	31.288.113
t MP eq /año reducidas de EDS sin marca por fiscalización	4,3	4,3	4,4	4,4	...	4,9	4,9	5,0

8.2.2 Calidad de petróleo N°5 y N°6

Para efectos de estimar las emisiones generadas por el incumplimiento en la calidad de estos combustibles se considera como base el consumo registrado en la Región Metropolitana para el año 2023, a partir del cual se proyecta el consumo de estos combustibles a los 15 años.

Se estima un porcentaje de incumplimiento en la calidad del combustible que podría aumentar las emisiones de SO2 y MP equivalente en la Región Metropolitana por el uso de combustibles adulterados.

Tabla 30 - Proyección de emisiones Capítulo IV - Petróleo 5 y 6

Año	0	1	2	3	14	15
Incremento de venta de combustible anual (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Venta combustible industrial al año	1.480.000	1.494.800	1.509.748	1.524.845	1.701.222	1.718.234
Consumo de combustible que no cumplen (l/año)	740.000	747.400	754.874	762.423	850.611	859.117
t MP eq /año reducidas de EDS sin marca por fiscalización	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

8.2.3 Calidad del GLP

Para efectos de estimar las emisiones generadas por el incumplimiento en la calidad del GLP se considera como base el consumo registrado en la Región Metropolitana para el año 2023, a partir del cual se proyecta el consumo de estos combustibles a los 15 años.

Se estima un porcentaje de incumplimiento en la calidad del combustible que podría aumentar las emisiones de SO2 y MP equivalente en la Región Metropolitana por el uso de combustibles adulterados.

Tabla 31 - Proyección de emisiones Capítulo IV – GLP

Año	0	1	2	3	14	15
Incremento de venta de combustible anual (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Venta combustible industrial al año (kg/año)	472.158.000	476.879.580	481.648.376	486.464.860	542.733.446	548.160.780
consumo de combustible que no cumplen (kg/año)	47.215.800	47.687.958	48.164.838	48.646.486	54.273.345	54.816.078
t MP eq /año reducidas de EDS sin marca por fiscalización	5,9	5,9	6,0	6,1	6,8	6,8

8.3 Capítulo V: Control de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Asociado a la cadena de distribución de Combustibles de Uso Vehicular, Industrial y Comercial

8.3.1 Capacitación y fiscalización choferes para correcta operación del sistema de recuperación

Para efectos de estimar las emisiones generadas por el incumplimiento en el inadecuado uso de los sistemas de recirculación de vapores actualmente implementados en los camiones de distribución de combustibles, se considera el consumo registrado en la Región Metropolitana para el año 2023, a partir del cual se proyecta el consumo de estos combustibles a los 15 años.

Las emisiones se estiman a partir de los factores de emisión del AP-42 de EPA⁸ sugeridos para la actividad de carga de combustibles a vehículos en servicentros sin control o implementación de sistemas de recuperación de vapores.

El uso correcto de los sistemas de recirculación de vapores en los servicentros de la Región Metropolitana se estima con una eficiencia de 90 %, de acuerdo a los factores de emisión del AP42 de EPA.

Para convertir de t COVs a t MP 10 equivalente, se considera un factor de 0,05 t MP 10 = 1 t COVs, de acuerdo a estimaciones del equipo consultor.

Tabla 32 - Proyección de emisiones Capítulo V - Capacitación choferes

Año	0	1	2	3	....	13	14	15
Incremento de venta de combustible anual (%)	1%	1%	1%	1%	....	1%	1%	1%
Venta combustible al año	1.942.398	1.961.822	1.981.440	2.001.255	....	2.210.630	2.232.736	2.255.064
t COVs/año emitidas sin control	2.308	2.331	2.354	2.377	....	2.626	2.652	2.679
t COVs/año reducidas de por fiscalización	1.846	1.865	1.883	1.902	....	2363,6	2387,2	2411,1
t MP 10 eq/año reducidas de por fiscalización	92,3	93,2	94,2	95,1	....	118,2	119,4	120,6

⁸ AP-42 Section 5.2: Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids

8.3.2 Capacitación y fiscalización Bomberos para correcta operación del sistema de recuperación

Para efectos de estimar las emisiones generadas por el incumplimiento en el inadecuado uso de los sistemas de recirculación de vapores actualmente implementados en los servicentros de distribución de combustibles, se considera el consumo registrado en la Región Metropolitana para el año 2023, a partir del cual se proyecta el consumo de estos combustibles a los 15 años.

Las emisiones se estiman a partir de los factores de emisión del AP-42 de EPA⁹ sugeridos para la actividad de carga de combustibles desde los camiones a los estanques de los servicentros sin control o implementación de sistemas de recuperación de vapores.

El uso correcto de los sistemas de recirculación de vapores en los camiones de suministro de combustibles de la Región Metropolitana se estima con una eficiencia de 90 %, de acuerdo a los factores de emisión del AP42 de EPA.

Para convertir de t COVs a t MP 10 equivalente, se considera un factor de 0,05 t MP 10 = 1 t COVs, de acuerdo a estimaciones del equipo consultor.

Tabla 33 - Proyección de emisiones Capítulo V - Capacitación bomberos

	0	1	2	3	....	13	14	15
Incremento de venta de combustible anual (%)	1%	1%	1%	1%	....	1%	1%	1%
Venta combustible al año	1.942.398	1.961.822	1.981.440	2.001.255	....	2.210.630	2.232.736	2.255.064
t COVs/año emitidas sin control	2.564	2.590	2.616	2.642	....	2.918	2.947	2.977
t COVs/año reducidas de por fiscalización	2.051	2.331	2.354	2.377	....	2.626	2.652	2.679
t MP 10 eq/año reducidas de por fiscalización	103	117	118	119	....	131	133	134

⁹ AP-42 Section 5.2: Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids

8.4 Capítulo IX: Control del Levantamiento de Polvo y Generación de Áreas Verdes

8.4.1 Pavimentación de calles sin pavimentar (priorizando zonas de alto flujo de vehículos pesados)

Antecedentes:

- Se tiene un catastro de 80 km de calles sin pavimentar según informe de MTT 2024.
- Se han presentado PCE con pavimentación de calles con factores de reducción de MP10 entre 4 m/t a 9 m/t.

Supuestos para los cálculos de pavimentación de calles sin pavimentar:

- El factor de reducción de MP10, aumenta cada año, desde 7 m/t MP10 hasta 21 m/t MP10.
- Cada año se supone se pavimentarán 1000 metros, comenzando con calles de mejor flujo, de manera que cada año, el factor de emisión va aumentando debido a que se comienza con las calles de mayor flujo.
- En 15 años se estima pavimentar 15 km de calles no pavimentadas. sin embargo, se considera comenzar con aquellas con mayor flujo.

Tabla 34 - Proyección de emisiones Capítulo IX – Pavimentación

	Unidad / año	1	2	3	...	13	14	15
Metros lineales anuales a pavimentar	m/año	1.000	1.000	1.000	...	1.000	1.000	1.000
Factor promedio de reducción MP10	m/t MP10	7	8	9	....	19	20	21
Reducción anual	t MP10/año	142,9	125,0	111,1	....	52,6	50,0	47,6
Reducción anual acumulada	t MP10/año	142,9	267,9	379,0	....	1097,7	1147,7	1195,4

8.4.2 Creación y mantención de Áreas Verdes

Antecedentes:

- Se tiene un potencial de 390.000 hectáreas de ecosistemas boscosos en la RM. Fuente: catastro de recursos vegetacionales de la Región Metropolitana.
- El factor de reducción de MP10, corresponde al aplicado en Guía metodológica de la RM
- Entre 2019 y 2023 se han aprobado compensaciones para un total de 268,5 ha.

Supuestos para los cálculos de creación y generación de áreas Verdes,

- Se considera 100 ha a intervenir por año, totalizando 1.500 ha en 15 años.

Tabla 35 - Proyección de emisiones Capítulo IX - Áreas Verdes

	Unidad / año	1	2	3	....	13	14	15
Hectáreas a intervenir	ha/año	100	100	100	....	100	100	100
Factor promedio de reducción MP10	ha/t MP10	2,15	2,15	2,15	....	2,15	2,15	2,15
Reducción anual	t MP10/año	46,5	46,5	46,5	....	46,5	46,5	46,5
Reducción acumulada	t MP10	46,5	93,0	139,5	....	604,7	651,2	697,7

8.4.3 Prevención de incendios forestales

Antecedentes:

- Se tiene un potencial de 390.000 hectáreas de ecosistemas boscosos en la RM. Fuente: catastro de recursos vegetacionales de la Región Metropolitana.

Supuestos para los cálculos de prevención de incendios forestales:

- El factor de reducción de MP10, se asume en 0.75 t MP/Ha. Esto se obtiene de acuerdo a bibliografía, donde los incendios forestales emiten en promedio 2,5 t MP / Ha, y las medidas de limpieza y cortafuego logran reducir en un 30% las emisiones de MP
- Se considera el objetivo de atender 390.000 ha, en 15 años, lo cual significa abordar 26.000 ha por año.
- El costo unitario por hectárea es de 2.000 US\$, que incluye raleos, limpiezas y realización de cortafuegos, de acuerdo a información entregada por CONAF. Este costo, se debe incurrir cada 5 años, dado el crecimiento de la masa boscosa
- La medida es efectiva si se compromete una cantidad relevante de hectáreas, que se propone sea al menos de 5.000 ha.
- Para estimar la probabilidad de ocurrencia, se estima que los incendios forestales afectan anualmente al 2,87% de la superficies de bosques de la región. Este valor se obtiene, del promedio anual de superficies incendiados en los últimos 5 años en la RM, de acuerdo a la Estadísticas de los Incendios Forestales, de la Biblioteca del Congreso Nacional
- La medida es efectiva si se compromete una cantidad relevante de hectáreas, que se propone sea al menos de 5.000 ha.

Tabla 36 - Proyección de emisiones Capítulo IX - Prevención de incendios

Año	0	1	2	3	....	13	14	15
Hectáreas a Intervenir / año	26.000	26.000	26.000		26.000	26.000	26.000	
Hectareas que podrían quemarse de estos bosques intervenidos (probabilidad)	745	745	745		745	745	745	
Hectareas que podrían quemarse de estos bosques intervenidos (acumuladas)	745	1.491	2.236		9.688	10.434	11.179	
Disminución de emisiones por medidas de limpieza y cortafuegos (t/año MP 10)	559	1.118	1.677		7.266	7.825	8.384	

8.5 Capítulo X: Medidas de Incentivo al Cambio Modal

8.5.1 Aceleración de implementación de Buses Eléctricos Urbanos para el transporte público

En esta medida, como se mencionó anteriormente, se propone acelerar la incorporación de buses eléctricos, y retiro de buses a diésel, logrando la meta de 100% de buses eléctricos al 2035

Si se considera que en promedio los buses en la RM recorren 60.000 km/año, y se considera el calendario de reemplazo de las distintas tecnologías de buses de acuerdo a las proyecciones del capítulo de costos de las medidas, además de considerar las emisiones evitadas de acuerdo a la tecnología de bus a reemplazar:

Tabla 37 - Emisiones evitadas por cada tecnología

Emisiones MP (gr/km)	Fuente:
EPA 98 O EURO III	0,207
EPA 98 O EURO III AV	0,207
EPA 98 O EURO III AV F	0,207
EPA 98 O EURO III F	0,207 Guía estimación de emisiones para la región metropolitana 2020, SEREMI MMA.
EURO IV	0,0462
EURO V	0,0462
EURO VI	0,0023

Además de considerar las emisiones de NOx equivalente evitadas. Se obtiene la siguiente reducción de emisiones:

Tabla 38 - Disminución de emisiones de MP y NOx equivalente por el adelantamiento de meta de 100% de buses eléctricos

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Disminución de Emisiones de MP de la medida (MP y NOX equivalente)	2,07	4,16	6,26	8,38	6,35	4,03	4,40	5,10	5,81	6,54	7,29	5,90	4,48	3,02	1,53	0,00

De esta forma, se logra disminuir las emisiones hasta lograr casi 8 t/año el 2028, y de ahí disminuyendo.

8.5.2 Aumento de Ciclovías

En esta medida, como se explicó anteriormente, el incremento de infraestructura para ciclovías, genera un aumento de uso de bicicleta y disminución de uso de auto. Los 5.000 viajes en auto evitados por los 5,5 km adicionales de ciclovías, evitan 0.0306 t/año de MP equivalente, los que se van incrementando en el transcurso de la proyección hasta llegar aproximadamente 1 t/año al incrementarse en 190 km de ciclovías en la ciudad.

Tabla 39 - Proyección de emisiones Capítulo X – Ciclovías

Año	0	1	2	3	...	13	14	15
Incremento anual de ciclovías (%)		2%	2%	2%	...	2%	2%	2%
Stock de ciclovías en Santiago (km) (*)	516,0	526,3	536,8	547,6	...	667,5	680,9	694,5
ciclovías adicionales / año (km/año)		10,3	10,5	10,7	...	13,1	13,4	13,6
Disminución de viajes (menos viajes / km de ciclovía adicional)(**)	969	969	969	969	...	969	969	969
Disminución de viajes (menos viajes/año)		10.000	20.200	30.604	...	146.803	159.739	172.934
km de viajes evitados por ciclovías (km /año evitados)(***)		60.000	121.200	183.624	...	880.820	958.436	1.037.605
Emisiones evitadas (t/año)	0,353	0,714	1,082	...	5,188	5,645	6,111	

9 Comparativo de las Medidas

9.1 Metodología

Una vez calculadas tanto los costos de inversión o mantención de las medidas, es útil generar indicadores que permitan comparar su impacto y costo efectividad, de forma de tener una visión general de su efecto en el plan de descontaminación en sus respectivos capítulos.

Para efectos de estimar su impacto, se va a considerar la disminución de MP 10 combustión equivalente en el plazo de 15 años que se evalúa la medida. Por otro lado, costo efectividad se define como el gasto que se requiere para disminuir una tonelada de MP 10 combustión equivalente. Finalmente, también es importante tener a la vista el costo de inversión o gasto total en el transcurso de los 15 años de evaluación, que considera tanto la inversión pública como privada.

Finalmente, previo a esto, es necesario desagrupar las medidas de acuerdo a si son medidas de inversión o son gastos recurrentes, o son una mezcla de ambas. Esto es necesario, ya que las medidas de inversión, tales como pavimentaciones, construcción de ciclovías o generación de cortafuegos, son inversiones que se realizan una vez, y que disminuyen las emisiones por varios años en los sectores intervenidos, a diferencia de medias como la fiscalización y capacitación, que son gastos que se realizan todos los años. De esta forma, a continuación se presenta una tabla resumen de los impactos, costo efectividad y gasto / inversión de las medidas analizadas:

Tabla 40: comparativo medidas seleccionadas capítulos IV, V, IX y X

Resumen							
Nro	Medida	Tipo de Medida	Capítulo	Tipo Contaminante reducido	Potencial de la medida	Costo / efectividad de la medida	
					Emisiones evitadas en 15 años (t/15 años)		
1	Aceleración Buses eléctricos	Inversión	X	C	75	278,2	3.692.779
2	Ciclovías	Inversión	X	C y R	47	4,4	93.732
3	Fiscalización gasolina	Gasto Anual	IV	C	74	1,1	15.020
4	Fiscalización diesel	Gasto Anual	IV	C	2	0,6	328.104
5	Fiscalización GLP	Gasto Anual	IV	C	102	1,1	10.898
6	Pavimentación	Inversión	IX	R	2.824	15,6	5.526
7	Áreas Verdes	Inversión	IX	R	1.395	17,5	12.530
8	Prevención Incendios	Inversión	IX	C	67.073	1.560,00	23.258
9	Capacitación Bomberos	Gasto Anual	V	C	1.978	1,1	541
10	Capacitación Choferes	Gasto Anual	V	C	1.633	0,5	320

Como se observa en la tabla anterior, si comparamos el potencial de las medidas, la prevención de incendios forestales, es la que presenta un mayor potencial, dado que la limpieza de bosques y creación de cortafuegos podría ser implementado en más de 390.000 Ha.

Otra medida de alto potencial corresponde a la pavimentación de calles, donde existe un potencial de cerca de 80 km sin pavimentar, de los cuales se evalúan 15 km de mayor flujo. Sin embargo, esta medida solamente reduce MP10 resuspensión que tiene menos valorización respecto del MP10 combustión.

Por otro lado, medidas como la fiscalización de diésel nro. 5 y 6 poseen un bajo impacto dado principalmente por el bajo volumen de venta en consideración a los otros combustibles líquidos.

De mismo modo, en términos de gastos o costos de inversión a lo largo de los 15 años, las medidas más económicas corresponden a las relativas a fiscalización y capacitación de combustibles, las que si bien son anuales, en general poseen un sustancial menor costo en relación a las medidas de inversión. De esta forma, sus costos van desde los 500.000 USD a los 1,1 MMUSD a lo largo de los 15 años.

Por otro lado, las medidas más onerosas corresponden a medidas de inversión, siendo la más alta, la aceleración de incorporación de buses eléctricos, lo que se debe principalmente al costo financiero de acelerar las inversiones. La segunda más alta es la prevención de incendios forestales, dado que se considera en términos ideales llegar a 390.000 hectáreas de áreas verdes a proteger.

Finalmente, en relación al costo efectividad de las medidas, aquellas de bajo costo de implementación, tales como las relativas a fiscalización y capacitación, son las que tienen mejor desempeño junto a la pavimentación y áreas verdes. Estas van desde aproximadamente 300 USD/t MP 10 combustión eq evitado hasta los 15.000 USD/t MP 10 combustión eq. Cabe destacar que la medida de prevención de incendios forestales es del orden del doble en costo efectividad versus la mantención de áreas verdes, esto se debe a que se consideró una disminución del 30% versus la situación histórica, lo cual castigó la reducción de emisiones considerada, aspecto que puede ser sensibilizado.

Medidas que poseen muy bajo costo efectividad son las relativas a los buses eléctricos, dado los altos costos de acelerar las inversiones, y también las medidas de diésel nro. 5 y 6, dado su bajo volumen en la región.

10 Conclusiones

10.1 Análisis de los resultados obtenidos y recomendaciones para la implementación de las medidas

Las medidas consideradas para la distribución de combustibles, se han desarrollado en base a la estimación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, lo que no tiene una equivalencia técnica respecto a las sugeridas para mitigar emisiones de MP, por lo cual no pueden ser comparadas directamente, sin embargo se considera muy relevante su implementación debido a la gran magnitud de los consumos de combustible registrados anualmente en la Región Metropolitana y a las altas emisiones estimadas sin control en la actualidad. A pesar de esto, se el equipo consultor hizo un esfuerzo de generar equivalencias, de forma de lograr comparativos con las otras medidas.

La materialización de estas medidas tiene en general un bajo costo de implementación, y fácil implementación dado que SEC tiene una amplia experiencia en el mercado, pero una baja capacidad de fiscalización en la actualidad.

Respecto de las medidas de reducción de emisiones por levantamiento de polvo, las 2 medidas mejor evaluadas fueron creación y mantención de áreas verdes y pavimentación de calles. Lavado de calles e intervención de bermas y bandejas, fueron descartadas en una etapa anterior del estudio, dado su baja costo efectividad

Cabe señalar que en el caso del control de incendios forestales, si bien es una medida de alto costo, dado que la probabilidad de ocurrencia es cercana a un 3%, si tiene un gran potencial, dada la superficie de bosques en la RM

Así, se visualiza como una medida muy efectiva el **control de incendios forestales**, por lo cual se recomienda desarrollar su implementación, la cual debe considerar medidas de control tales como vigilancia humana y remota, vigilancia en altura, casetas de vigilancia y también medidas operativas como corta fuego, corte de techos de árboles, raleo, eliminación de malezas. Se recomienda que esta medida pueda ser incorporada en opciones de compensación de emisiones, para proyectos que requieran compensar sobre 50 t/año de MP, porque esta medida es efectiva solamente si incorpora una mayor extensión a vigilar. El objetivo es llegar en el tiempo a tener vigilancia sobre las 390.000 hectáreas de áreas verdes. Se puede considerar coordinación con aquellos que tienen a cargo el control del parque. Ya sea reservas privadas o públicas como CONAF.

Otra media a considerar corresponde a la **creación y mantención de áreas verdes**, donde se tienen dos áreas para abordar. Una es mediante proyectos públicos, más enfocado a áreas urbanas, para lo cual GORE ha desarrollado esta tarea, la cual se recomienda continúe, pero incorporando reportes anuales con sistemas de georreferenciación. La segunda área es mediante las compensaciones de emisión, actividad que ha funcionado en el tiempo y que solamente requiere mejorar la información disponible en cuanto al desarrollo de la medida en el tiempo.

En tercer lugar, se considera la **pavimentación de calles**, se visualiza factible incentivar la pavimentación de calles de mayor flujo, mediante la compensación de emisiones. La complejidad

que ha tenido la media es que, para un proponente particular, se enfrenta a la dificultad de en primer lugar encontrar la calle de mayor flujo y en segundo lugar desarrollar los estudios asociados a obtener la aprobación con el organismo pertinente (Serviu generalmente), lo cual les significa tomar un mayor tiempo para lograr la ejecución del proyecto. Se recomienda desarrollar un estudio para buscar las calles de mayor flujo, y luego otro para tener la definición del proyecto con su aprobación SERVIU, para que interesados en compensar emisiones con esta alternativa, ya tengan esta tarea avanzada y se logre desarrollar en el plazo que se exigen en los PCE.

Finalmente, **lavado de calles e intervención de bandejones**, presenta un menor costo efectividad respecto de las medidas anteriores, sin embargo, se recomienda realizar un estudio que recomiende mejores prácticas para el lavado de calles y también un análisis de calles que amerite aplicar esta medida en conjunto con intervención de veredas y bandejones.

En el caso de las medidas de **cambio modal**, en muchos caso es difícil en términos cuantitativos, estimar el efecto en la disminución de emisiones, dado lo nuevo de las tecnologías (por ejemplo electromovilidad), y de la falta de instrumentos de medición (por ejemplo encuestas para estimar el efecto de migración de auto a bus por la implementación de vías exclusivas).

Sin embargo, algunas medidas que fueron priorizadas y evaluadas en mayor profundidad, muestran efectos significativos en las emisiones.

En el caso del **incremento de la infraestructura de ciclovías**, ha demostrado ser una alternativa real para la disminución del uso del auto y el tráfico en distancias cortas, donde los rangos van desde 1% a un 5% dependiendo del estudio. Si bien es una medida de infraestructura, el costo es menor que el de construir calles, aunque requiere de la coordinación de organismos públicos (vialidad) con los municipios.

Por otro lado, las medidas evaluadas que buscan subsidiar o invertir en vehículos eléctricos, si bien tienen un efecto importante, son siempre medidas de muy alto costo, superando en muchos caso los 10 MMUSD/ t MP evitada

Una medida interesante, que aún se encuentra en etapa de evaluación en el marco de esta consultoría, corresponde a **acelerar la electrificación de las flotas de buses del Gran Santiago**. Esto, dado a que constituyen fuentes importantes de emisiones (cada bus emite más de 3 kg de MP equivalente al año dado su uso). Por otra parte, dado que las tecnologías eléctricas han ido bajando de costo, constituyen también un buen negocio para el ente privado que los opere, dado sus bajos costos de operación. En este sentido, se recomienda profundizar y analizar los aspectos que puedan ser trabas para acelerar la electrificación de flotas, tales como la falta de infraestructura de carga o la vida útil de los buses a diesel existentes.

11 Glosario

- **Combustión:** Proceso químico en el que un material reacciona con oxígeno, liberando energía en forma de calor y luz, acompañado de gases como dióxido de carbono y vapor de agua.
- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV):** Gases emitidos por ciertas sustancias químicas presentes en productos como combustibles, que contribuyen a la formación de ozono troposférico y pueden afectar la salud respiratoria.
- **Material Particulado (MP):** Conjunto de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, de diversos tamaños y composiciones, que pueden provenir de fuentes naturales o humanas y afectar la calidad del aire y la salud.
- **NOx:** Grupo de gases formados por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), generados principalmente en procesos de combustión, que contribuyen a la contaminación del aire, la lluvia ácida y problemas de salud respiratoria.
- **Resuspensión:** Proceso por el cual partículas de polvo depositadas en el suelo o superficies son levantadas al aire por acción del viento, tráfico vehicular o actividades humanas, contribuyendo a la contaminación del aire.

12 Bibliografía

A continuación se presenta el listado resumido de normativas, estudios y bases de datos utilizados para el análisis de antecedentes presente en este informe, que se encuentra completo y en detalle en el Repositorio Digital presentado previamente y disponible en el siguiente enlace:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1folxFk-IPbafMZb1kaLCVFHT4GaAb9s5u8LX4UydkX4/edit?usp=sharing>

Listado de normativas, estudios y bases de datos:

- *Reportes de fiscalizaciones de combustibles, 2024*
- *Oficio 4001 GORE, 2024*
- *Catastro Recursos Vegetacionales RM, 2019*
- *PCE Áreas Verdes, 2024*
- *Política Regional Áreas Verdes, 2014*
- *Déficit de pavimentación RM, 2024*
- *Estabilización de bermas y bandejas en comunas del Gran Santiago, 2024*
- *Informe de Estudio ECOS, 2023*
- *Matriz de Resultados ECOS, 2024*
- *Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025, 2013*
- *Catastro de Ciclovías, 2024*
- *Realidad de las ciclovías en Chile, 2023*
- *Anuncio nuevo Plan Maestro de Ciclovías, 2024*
- *Inauguración estacionamientos de bicicletas, 2022*
- *Línea Cero: inauguración de bicicleteros, 2022*
- *Datos de disponibilidad y ocupación Línea Cero 2023 (Metro), 2003*
- *Datos de disponibilidad y ocupación Línea Cero 2024 (Metro), 2004*
- *Plan Maestro de Ciclo Rutas del Bicentenario, 2007*
- *Ficha IDI Proceso Presupuestario Mejoramiento Ciclovía Alameda, 2024*
- *Ficha IDI Proceso Presupuestario Construcción Ciclovía la Chimba, 2024*
- *RESOLUCIÓN EXENTA N° 1140, 2024*
- *Reglamento de Ciclovías, 2021-2024*
- *Entrevista In-Data con MTT, 2024*
- *Minuta Pistas solo Bus, 2024*
- *Mapa Pistas solo bus en la RM, 2024*
- *Ánálisis de composición tecnológica vehículos de la RM, 2024*
- *Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías, 2020*
- *Plan Maestro de Transporte de Santiago 2025, 2013*
- *Manual de Vialidad Ciclo Inclusiva, 2015*
- *Biciestacionamientos en el Espacio Público, 2013*
- *Reglamento Ciclovías (Consulta Ciudadana), 2022*
- *Intermodal (Metro), 2024*
- *Estaciones de Intercambio Modal, 2024*
- *Nuevas Pistas de Solo Bus, 2024*
- *Pistas de solo bus, 2024*
- *Pista solo bus más extensa, 2020*
- *Nueva flota de buses eléctricos, 2024*
- *Primeros taxis eléctricos, 2024*
- *Lanzamiento Mi Taxi Eléctrico, 2024*
- *Zona Verde para el Transporte de Santiago, 2024*
- *Expansión de Puntos de Carga para Vehículos Eléctricos, 2024*
- *Datos de Transantiago RED, 2024*