



# INFORME FINAL

“AUDITORÍA Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA POR MP2,5, PARA LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE  
LAS CASAS Y DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN  
POR MP10 PARA LAS MISMAS COMUNAS”

LICITACIÓN PÚBLICA ID: 608897-31-LE20

Informe elaborado para:  
SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE  
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA  
GOBIERNO DE CHILE  
Temuco, diciembre de 2020

AUDITORÍA Y EVALUACIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MP2,5 PARA LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS Y DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN POR MP10 PARA LAS MISMAS COMUNAS.

Comunas de Temuco y Padre Las Casas, Provincia de Cautín, Región de La Araucanía.

© **SICAM Ingeniería**

Estudios Técnicos en Medio Ambiente

Casa matriz: Prieto Sur 965, Temuco. Chile.

Teléfono (045) 2 668119

Página web: [www.sicam.cl](http://www.sicam.cl)

Diciembre, 2020.

### Equipo de Trabajo:

#### **Jasmine Bastidas M.**

Ingeniero Ambiental  
Ingeniero de Proyecto  
Análisis normativo y de calidad del aire

#### **Cristian Varela B.**

Ingeniero Ambiental  
Mg. En Ciencias de la Ingeniería  
Ingeniero de Proyecto.  
Especialista en Modelación de Contaminantes

#### **Nicolás Schiappacasse P.**

Licenciado en Química  
Dr. en Ciencias Mención Química  
Colaboración  
Análisis de medidas y líneas de acción

#### **Sergio Dávila R.**

Ingeniero Ambiental  
MBA  
Director de Proyecto  
Análisis de medidas y líneas de acción.

### Versión del informe

**Informe Final – Versión 2 - corregida**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	ANTECEDENTES.....	11
1.1	ALCANCES DEL INFORME.....	12
2	OBJETIVOS Y ACTIVIDADES SEGÚN BASES DE LA LICITACIÓN .....	13
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2.3	ACTIVIDADES SEGÚN OBJETIVO.....	14
2.4	RESULTADOS ESPERADOS .....	16
3	ÁREA DE ESTUDIO .....	17
4	DESARROLLO METODOLÓGICO GENERAL .....	18
5	OBJETIVO A). EVALUACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE, APLICACIÓN DE MEDIDAS Y EFECTO EN REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	18
5.1	ACTIVIDAD 1). REVISIÓN DE ANTECEDENTES .....	19
5.2	ACTIVIDAD 2). REUNIONES CON ACTORES PÚBLICOS.....	20
5.3	ACTIVIDAD 3). VERIFICACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	36
5.3.1	Verificación del Estado de Avance.....	36
5.3.2	Estimación de Reducción de Emisiones Sector Emisiones Residenciales.....	45
5.3.3	Estimación de Reducción de Emisiones Sector Transporte.....	54
5.3.4	Estimación de Reducción de Emisiones Sector Fuentes Puntuales.....	56
5.4	ACTIVIDAD 4). VERIFICACIÓN DE MEDIDAS PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	56
5.4.1	Verificación del Estado de Avance.....	57
5.4.2	Efecto de la Reducción de Emisiones asociadas a medidas de Educación y Difusión .....	62
5.4.3	Efecto de la Reducción de Emisiones asociadas a medidas GEC .....	64
5.5	ACTIVIDAD 5). EVALUACIÓN DE RECURSOS ASIGNADOS AL PDA .....	69
5.5.1	Recursos asignados a medidas estructurales del PDA MP2,5.....	71
5.6	ACTIVIDAD 6). EVALUACIÓN DE MEDIDAS PRESCINDIBLES.....	74
6	OBJETIVO B). ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES .....	86
6.1	ACTIVIDAD 1). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE .....	86
6.1.1	Estaciones de Monitoreo .....	86
6.1.2	Normas primarias de calidad del aire.....	88
6.1.3	Resumen de la información de monitoreo de calidad del aire.....	89

6.1.3.1	Material particulado respirable MP10.....	89
6.1.3.2	Material particulado fino respirable MP2,5.....	92
6.1.4	Análisis de variables meteorológicas.....	96
6.1.4.1	Series de tiempo anual .....	96
6.1.4.1	Rosas de Los Vientos Estacionales .....	98
6.1.4.2	Perfiles Temporales de Variable Meteorológicas Seleccionadas. ....	100
6.1.4.3	Estacionalidad y Tendencia de Variables Meteorológicas Seleccionadas.....	103
6.1.5	Correlación entre calidad del aire y meteorología .....	107
6.2	ACTIVIDAD 2). ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO.....	110
6.2.1	Cumplimiento normativo periodo 2012-2019 .....	110
6.2.1.1	Evaluación Norma Diaria.....	110
6.2.1.2	Evaluación Norma Anual.....	112
6.2.1.3	Episodios de Contaminación .....	115
6.2.2	Análisis Indicadores del PDA .....	119
6.3	ACTIVIDAD 3). ANÁLISIS DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES.....	131
6.4	ACTIVIDAD 4). ESTIMACIÓN DEL APORTE DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES .....	134
6.5	ACTIVIDAD 5). DETERMINACIÓN DE NUEVAS METAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES... ..	135
6.5.1.1	Modelación Escenario Pasivo PDA - 2025 .....	136
6.5.1.2	Modelación Escenario Ideal PDA - 2025 .....	139
6.5.1.3	Modelación Escenarios Adicionales.....	142
7	OBJETIVO C). PROPUESTA DE LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	146
7.1	ACTIVIDAD 1). DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE ACTUALIZACIÓN DEL PDA.....	146
7.2	ACTIVIDAD 2). DETERMINACIÓN LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS .....	147
7.3	ACTIVIDAD 3). ANÁLISIS PRELIMINAR DE REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	154
7.4	ACTIVIDAD 4). PRIORIZAR LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS .....	155
7.5	ACTIVIDAD 6). IDENTIFICAR PUNTOS CRÍTICOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PDA.....	159
7.5.1	Evaluación de Factores de Riesgo del PDA.....	162
7.6	ACTIVIDAD 5). RECOMENDAR ESTRATEGIAS DE LARGO PLAZO.....	168
8	CONCLUSIONES.....	170
9	ANEXOS DIGITALES.....	175
9.1	ANEXO 1. BASE DE DATOS ESTADO IMPLEMENTACIÓN MEDIDAS PDA.....	175



---

9.2	ANEXO 2. ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN MEDIDAS PDA.....	175
9.3	ANEXO 3. ANÁLISIS DE RECURSOS.....	175
9.4	ANEXO 3. ANÁLISIS DE RECURSOS.....	175
9.5	ANEXO 4.1. MONITOREO RESULTADOS_MP2,5.....	175
9.6	ANEXO 4.2. MONITOREO RESULTADOS_MP10.....	175
9.7	ANEXO 5. FICHAS SERVICIOS.....	175
9.8	ANEXO 6. REDUCCIÓN EMISIONES GEC.....	175



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Área de Estudio.....	17
Figura 2. Diagrama de flujo metodológico .....	18
Figura 3. Distribución de medidas según sector regulado.....	37
Figura 4. Distribución de medidas según plazo de cumplimiento. ....	38
Figura 5. Evolución de concentración diaria de MP2,5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], para línea base y reducción medidas. .....	46
Figura 6. Comparación Inventarios Fuentes Puntuales (2000-2017) Temuco y PLC .....	56
Figura 7. Reducción de emisiones asociadas a medidas GEC .....	69
Figura 8. Distribución de recursos ejecutados según capítulo PDA.....	71
Figura 9. Distribución de recursos ejecutados según capítulo PDA, por año de ejecución .....	71
Figura 10. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo.....	87
Figura 11. Series de tiempo horaria de variables meteorológicas años 2017-2019 .....	97
Figura 12. Rosas de los vientos estacionales. Estación PLC. Años 2012-2019.....	99
Figura 13. Perfil temporal dirección del viento. Estación PLC. Años 2012-2019.....	101
Figura 14. Perfil temporal velocidad del viento. Estación PLC. Años 2012-2019.....	102
Figura 15. Perfil temporal temperatura. Estación PLC. Años 2012-2019.....	103
Figura 16. Series de tiempo anual precipitación acumulada estacional (mm). Estación PLC. Años 2012-2019 .....	104
Figura 17. Series de tiempo anual precipitación acumulada desestacionalizada (mm). Estación PLC. Años 2012-2019 .....	105
Figura 18. Series de tiempo anual temperatura estacional ( $^{\circ}\text{C}$ ). Estación PLC. Años 2012-2019.....	106
Figura 19. Series de tiempo anual temperatura desestacionalizada ( $^{\circ}\text{C}$ ). Estación PLC. Años 2012- 2019 .....	106
Figura 20. Gráfica evolución anual de variables Estación Las Encinas.....	107
Figura 21. Gráfica distribuciones horarias, diarias y mensuales del MP2,5 - Estación Las Encinas....	108
Figura 22. Correlación de variables meteorológicas y calidad del aire .....	109
Figura 23. P98 de concentraciones de MP10 de 24 horas.....	111
Figura 24. P98 de concentraciones de MP2,5 de 24 horas.....	112
Figura 25. Promedio anual de concentraciones de MP10 .....	113
Figura 26. Promedio trianual de concentraciones de MP10 .....	113
Figura 27. Promedio anual de concentraciones de MP2,5 .....	114
Figura 28. Promedio trianual de concentraciones de MP10 .....	115
Figura 29. Días de episodio de contaminación por MP10 periodo 2012-2019 (PEOR CONDICIÓN).....	115
Figura 30. Días de episodio de contaminación por MP10 periodo 2012-2019 según Estación .....	116
Figura 31. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 PEOR CONDICIÓN .....	116
Figura 32. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 según Estación .....	117
Figura 33. Días de episodio de contaminación por MP2,5 periodo 2012-2019 PEOR CONDICIÓN.....	117
Figura 34. Días de episodio de contaminación por MP2,5 periodo 2012-2019 según Estación .....	118
Figura 35. N° de Horas en Episodio de Emergencia por MP2,5 periodo 2012-2019.....	118
Figura 36. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 según Estación .....	119
Figura 37. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 - Peor Condición .....	120
Figura 38. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 según Estación .....	121
Figura 39. Horas en episodio de contaminación para MP2,5 – Peor Condición .....	121
Figura 40. Horas en episodio de contaminación para MP2,5 según estación.....	122
Figura 41. N° Episodios de Emergencia y Pre emergencia MP10 según estación .....	123
Figura 42. N° Episodios de Emergencia y Pre emergencia MP2,5 según estación .....	124



Figura 43. P98 de las concentraciones diarias para MP10 – Peor condición .....	125
Figura 44. P98 de las concentraciones diarias para MP10 – Según estación.....	126
Figura 45. P98 de las concentraciones diarias para MP2,5 – Peor episodio .....	127
Figura 46. P98 de las concentraciones diarias para MP2,5 – Según estación.....	127
Figura 47. Máximas concentraciones horarias para MP10 y MP2,5 entre las 18:00-24:00 promedio anual periodo 2012-2019 .....	129
Figura 48. Máximas concentraciones horarias entre 18:00 y 24:00 horas para MP2,5.....	130
Figura 49. Comparación de inventario de emisiones de combustión residencial de leña.....	132
Figura 50. Distribución de emisiones MP2,5 año base 2017 .....	133
Figura 51. Modelación MP2,5 – Escenario Pasivo PDA 2025 .....	139
Figura 52. Modelación MP2,5 – Escenario Ideal PDA 2025 .....	141
Figura 53. Modelación MP2,5 – Escenario Ideal PDA 2027 .....	145
Figura 54. Aporte en la reducción de emisiones según fuente de emisión .....	148
Figura 55. Aporte en la reducción de emisiones según fuente de emisión .....	154
Figura 56. Instituciones públicas que participan de la implementación del PDA .....	155
Figura 57. Valoración de factores de riesgo según sectores regulados. ....	168



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programación y contenidos de la entrega de informes.....	12
Tabla 2. Ficha resumen PDA Temuco y PLC.....	19
Tabla 3. Revisión de Planificación y reporte de ejecución de medidas según Servicio.....	20
Tabla 4. Revisión de otros documentos e informes.....	20
Tabla 5. Ficha resumen reuniones con servicios públicos.....	21
Tabla 6. Ficha resumen reunión – SEREMI de Salud.....	22
Tabla 7. Ficha resumen reunión – SEREMI de Energía.....	23
Tabla 8. Ficha resumen reunión – Municipalidad de Temuco.....	24
Tabla 9. Ficha resumen reunión – SEREMI de Vivienda.....	24
Tabla 10. Ficha resumen reunión – INDAP.....	25
Tabla 11. Ficha resumen reunión – CONAF.....	26
Tabla 12. Ficha resumen reunión – Municipalidad de Padre Las Casas.....	27
Tabla 13. Ficha resumen reunión – SEREMI de Agricultura.....	27
Tabla 14. Ficha resumen reunión – SERCOTEC.....	28
Tabla 15. Ficha resumen reunión – SMA.....	28
Tabla 16. Ficha resumen reunión – GORE.....	30
Tabla 17. Ficha resumen reunión – SEREMITT.....	31
Tabla 18. Ficha resumen reunión – CORFO.....	31
Tabla 19. Ficha resumen reunión –SEREMI de Educación.....	32
Tabla 20. Ficha resumen reunión – SERNAC.....	33
Tabla 21. Ficha resumen reunión – SEREMI Medio Ambiente.....	33
Tabla 22. Descripción de los sectores identificados en la clasificación de medidas.....	36
Tabla 23. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Leña Seca.....	39
Tabla 24. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Calefactores.....	40
Tabla 25. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Eficiencia térmica de la vivienda y proyectos inmobiliarios.....	41
Tabla 26. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Quemadas agrícolas.....	42
Tabla 27. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Calderas.....	43
Tabla 28. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Transporte.....	44
Tabla 29. Medidas consideradas para evaluar el impacto en el sector residencial del escenario PDA.....	47
Tabla 30. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo – Esc. PDA. ....	49
Tabla 31. Consumo total de leña y pellet por tipo de artefacto (m <sup>3</sup> st) – Escenario PDA.....	49
Tabla 32. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – Escenario PDA.....	50
Tabla 33. Condiciones que configuran el escenario base de combustión residencial de leña en Temuco y Padre Las Casas, periodo 2014-2019.....	51
Tabla 34. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo – Línea Base.....	51
Tabla 35. Consumo total de leña y pellet por tipo de artefacto (m <sup>3</sup> estéreos) - Línea Base.....	52
Tabla 36. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – Línea Base.....	53
Tabla 37. Reducción de emisiones MP2,5 (Ton/año) según medida – Esc. PDA.....	54
Tabla 39. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – PDA.....	55
Tabla 40. Reducción de emisiones por renovación de buses.....	56
Tabla 41. Medidas e instrumentos de gestión ambiental complementarios.....	57
Tabla 42. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Educación.....	57
Tabla 43. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Compensación Emisiones.....	59
Tabla 44. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Medidas GEC.....	59

Tabla 45. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Medidas Fiscalización .....	61
Tabla 46. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Medidas Complementarias .....	61
Tabla 47. Variables que inciden en el factor de emisión asociado a calefacción residencial de leña .	62
Tabla 48. Episodios de contaminación declarados por la Intendencia año 2016-2019 .....	64
Tabla 49. Medidas según tipo de episodio hasta el año 2019 .....	65
Tabla 50. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Fuentes Puntuales	66
Tabla 51. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Artefactos a leña...	66
Tabla 52. Reducción de emisiones asociada a medidas GEC – Temuco .....	68
Tabla 53. Reducción de emisiones asociada a medidas GEC – Padre Las Casas.....	69
Tabla 54. Reducción de emisiones asociada a medidas GEC .....	69
Tabla 55. Recursos ejecutados en la implementación del PDA, según capítulos (\$). .....	70
Tabla 56. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida “Programa de recambio de calefactores” .....	72
Tabla 57. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida “Mejoramiento térmico de viviendas” .....	73
Tabla 58. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida “Uso y Mejoramiento de la Calidad de la Leña” .....	74
Tabla 59. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Leña .....	75
Tabla 60. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Calefactores	76
Tabla 61. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento Térmico .....	78
Tabla 62. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Proyectos Inmobiliarios .....	79
Tabla 63. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Quemadas agrícolas .....	79
Tabla 64. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Calderas y otras fuentes .....	80
Tabla 65. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Transporte .....	81
Tabla 66. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Complementarias: PCE .....	82
Tabla 67. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Complementarias: GEC .....	83
Tabla 68. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Educación .....	84
Tabla 69. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Fiscalización.....	84
Tabla 70. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Medidas complementarias.....	85
Tabla 71. Estaciones de monitoreo de calidad del aire y meteorológicas.....	86
Tabla 72. Normas de calidad del aire para material particulado .....	88
Tabla 73. Análisis del monitoreo de MP10 - Estación Las Encinas periodo 2012-2019 .....	90
Tabla 74. Análisis del monitoreo de MP10 – Estación M. Ferroviario (2012-2016) y Ñielol (2017-2019) .....	91
Tabla 75. Análisis del monitoreo de MP10 – Estación Padre Las Casas periodo 2012-2019 .....	92
Tabla 76. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Las Encinas periodo 2012-2019 .....	93
Tabla 77. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Museo Ferroviario (2012 – 2016) y Ñielol (2017-2019) .....	94
Tabla 78. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Padre Las Casas periodo 2012-2019 .....	95
Tabla 79. Resultados Indicador 1. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5 .....	120
Tabla 80. Resultados Indicador 2. N° Episodios Emergencia y Preemergencia.....	122
Tabla 81. Resultados Indicador 3. Disminución de las máximas concentraciones diarias (P98) .....	125
Tabla 82. Resultados Indicador 1. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5 .....	128
Tabla 83. Inventario de emisiones año base 2013 Temuco y Padre Las Casas .....	132
Tabla 84. Inventario de emisiones año base 2017 Temuco y Padre Las Casas .....	132
Tabla 85. Proyección del Inventario de emisiones año 2025 – Escenario pasivo .....	133
Tabla 86. Proyección del Inventario de emisiones año 2025 – Escenario ideal.....	134
Tabla 87. Impacto del PDA en la reducción de emisiones de MP2,5, según categoría de fuentes. ...	134



Tabla 88. Reducción de emisiones escenario con y sin PDA – Medidas estructurales CRL .....	135
Tabla 89. Principales de variables de evaluación escenario Pasivo PDA 2025 .....	137
Tabla 90. Escenario Pasivo PDA 2025 .....	137
Tabla 91. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Pasivo PDA 2025 .....	138
Tabla 92. Principales de variables de evaluación escenario Ideal PDA 2025 .....	139
Tabla 93. Escenario Ideal PDA 2025 .....	140
Tabla 94. Concentraciones modeladas Escenario Ideal PDA 2025 .....	140
Tabla 95. Principales de variables de evaluación escenario Ideal PDA 2027 .....	142
Tabla 96. Escenario Ideal PDA 2027 .....	143
Tabla 97. Principales de variables de evaluación escenario pasivo PDA 2030 .....	143
Tabla 98. Escenario pasivo PDA 2030 .....	144
Tabla 99. Concentraciones modeladas Escenarios Adicionales.....	144
Tabla 100. Resumen de escenarios proyectados .....	147
Tabla 101. Reducción de emisiones escenario con y sin PDA – Inventario general .....	147
Tabla 102. Líneas de acción – Mejoramiento de artefactos: Programa de Recambio de Calefactores .....	149
Tabla 103. Líneas de acción – Mejoramiento de artefactos: Aspectos generales .....	149
Tabla 104. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Subsidios .....	151
Tabla 105. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Aspectos generales .....	151
Tabla 106. Líneas de acción – Mejoramiento de la calidad de la leña .....	152
Tabla 107. Líneas de acción – Educación y Participación Ciudadana: Aspectos generales .....	153
Tabla 108. Líneas de acción – Medidas complementarias y estudios .....	153
Tabla 109. Análisis preliminar de reducción de emisiones .....	154
Tabla 110. Análisis preliminar del potencial de reducción de emisiones de MP2.5, según medidas. ....	155
Tabla 111. Líneas de acción y medidas prioritarias para el nuevo PDA. ....	157
Tabla 112. Clasificación de Riesgo según origen.....	159
Tabla 113. Clasificación de Riesgo según tipología.....	159
Tabla 114. Clasificación de la probabilidad del riesgo .....	160
Tabla 115. Clasificación del impacto.....	161
Tabla 116. Clasificación de la severidad del riesgo .....	162
Tabla 117. Matriz de riesgo – Sector Mejoramiento Térmico de la Vivienda .....	163
Tabla 118. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento Artefactos .....	164
Tabla 119. Matriz de riesgo – Sector Mejoramiento de la Leña .....	165



## 1 ANTECEDENTES

La contaminación atmosférica es, actualmente, el principal desafío para la autoridad ambiental en Chile. Hoy se mide la contaminación en más de 25 ciudades, y a partir de los datos obtenidos en la última década, se ha podido constatar que la calidad del aire en las principales ciudades de la zona centro y sur del país se encuentra por sobre los niveles regulados, especialmente en lo que respecta a MP2,5, afectando a más de 10 millones de personas que se encuentra expuestas [1].

Sobre esta base, y con el objetivo de reducir la concentración de contaminantes en las zonas saturadas, y así cumplir con la normativa de calidad del aire, la autoridad ambiental ha implementado y se encuentran en estado vigente, 15 Planes de Descontaminación Atmosférica en 13 regiones del país <sup>1</sup>.

En lo que respecta a las comunas de Temuco y Padre Las Casas, el monitoreo de la calidad del aire realizado entre los años 2001 y 2003 entregó resultados que indicaban la superación de la norma diaria de calidad primaria para MP10, como concentración de 24 horas, lo que derivó en la declaración de zona saturada a ambas comunas, mediante D.S. N°35/2005 del MINSEGPRES y posterior Plan de Descontaminación Atmosférica para MP10 (D.S. N°78/2009, del MINSEGPRES). Luego de la entrada en vigencia del D.S. N° 12/2012, que establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino, MP2,5, para el año 2015 el monitoreo de la calidad del aire indicaba que también se sobrepasaban los niveles máximos permitidos para este contaminante, declarándose ambas comunas como saturadas por Material Particulado Fino Respirable MP2,5, como concentración diaria. Con estos antecedentes se elaboró el Plan de Descontaminación Atmosférica por MP2,5 para las comunas de Temuco y Padre Las casas y actualización del Plan de Descontaminación por MP10, para las mismas comunas, el cual se promulgó mediante el D.S. N°8/2015 del MMA. Este plan, en adelante PDA, se encuentra actualmente vigente y propone metas de reducción de emisiones al año 2025, en donde se espera superar el estado de saturación por MP2,5 y MP10.

Este Plan, en su Artículo 79, establece que, con el propósito de complementar en lo que sea necesario, los instrumentos y medidas, a fin de cumplir las metas de reducción de emisiones planteadas, se establece para la revisión y actualización del Plan un plazo de 5 años desde la publicación del mismo en el Diario Oficial. Luego, en su Artículo 84, establece que, al cuarto año de entrada en vigencia del Plan, la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía encargará una auditoría al mismo, con el objetivo de evaluar la efectividad de las medidas contenidas en el PDA respecto del mejoramiento de la calidad del aire de la

<sup>1</sup> Referencia de Planes vigentes en [www.planesynormas.mma.gob.cl](http://www.planesynormas.mma.gob.cl)

zona saturada. Es en el marco de estos artículos que se requiere la ejecución del presente estudio.

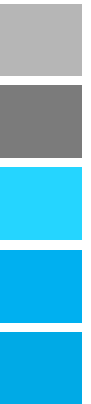
## 1.1 ALCANCES DEL INFORME

El presente documento corresponde al Informe Final de Estudio, el cual considera el desarrollo de todas las actividades asociadas a los 3 objetivos planteados, tal como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Programación y contenidos de la entrega de informes

Producto o Informe	Contenidos	Plazo de entrega
Informe Final	Se debe incluir un resumen ejecutivo. Deberá dar cuenta del desarrollo de la totalidad de las actividades señaladas en el numeral 3.1 de las Bases Técnicas, incluyendo la descripción y resultados finales de: Todas las actividades del objetivo específico a). Todas las actividades del objetivo específico b). Todas las actividades del objetivo específico c).	Hasta 5 meses desde el inicio del contrato.

Fuente: Bases administrativas del estudio



## 2 OBJETIVOS Y ACTIVIDADES SEGÚN BASES DE LA LICITACIÓN

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de las medidas, estudios e instrumentos establecidos en el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) en forma global y específica, desde el año 2015 a la fecha, con el propósito de verificar el cumplimiento de las actividades comprometidas, así como su consistencia con las metas de reducción de emisiones comprometidas al año 2025. En este contexto evaluar el impacto de la aplicación del PDA en la evolución de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas, y Plantear recomendaciones respecto de líneas de acción futuras.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Evaluar el estado de avance y aplicación de las medidas establecidas en el PDA y su efecto en la reducción de la contaminación atmosférica.
- b) Análisis de la evolución de la calidad del aire en la zona saturada, desde el inicio de la aplicación del PDA, así como la evolución de las emisiones y la participación de las diferentes fuentes en la calidad del aire, considerando resultados obtenidos en los últimos inventarios y el efecto del potencial de reducción de emisiones de las medidas.
- c) Proponer líneas de acción en el mediano plazo (3 a 5 años) y largo plazo (5 y más años) para la gestión de la calidad del aire en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, sobre la base de la evaluación de la aplicación de las medidas y la reducción de emisiones estimada.

## 2.3 ACTIVIDADES SEGÚN OBJETIVO

### 1. Actividades relacionadas al objetivo específico a): Evaluar el estado de avance y aplicación de las medidas establecidas en el PDA y su efecto en la reducción de la contaminación atmosférica.

Act.1) Revisar todos los antecedentes del PDA para su posterior evaluación. Entre ellos, los supuestos establecidos para su diseño (estudio de medidas, AGIES), así como las medidas y los reportes generados a la fecha respecto a su cumplimiento.

Act.2) Reuniones con Ministerios y Servicios Públicos para evaluar el avance de las medidas, en cuanto a alcance y plazos, en especial con la Superintendencia del Medio Ambiente quien ha realizado un seguimiento a todas las medidas del PDA. En caso de que no sea posible la ejecución de reuniones presenciales será factible la opción de video conferencia o comunicación virtual.

Act.3) Verificar el desarrollo y cumplimiento de las medidas estructurales asociadas a calefacción residencial, fuentes fijas, quemas agrícolas y transporte, así como su efecto en la reducción de emisiones.

Act.4) Verificar el desarrollo y cumplimiento de las medidas de participación ciudadana y educación ambiental, instrumentos de gestión ambiental complementarios, plan operacional para la gestión de episodios críticos de contaminación, así como estimar su efecto en la reducción de emisiones.

Act.5) Dimensionar y evaluar los recursos asignados al PDA tanto a nivel de MMA como de los Servicios competentes, asociados a las medidas comprometidas en el PDA, así como en acciones complementarias no establecidas como compromisos, pero que aportan a la reducción de emisiones.

Act.6) Evaluar si existen medidas del PDA que no tiene mayor impacto en la reducción de emisiones, es decir, medidas prescindibles.

### 2. Actividades relacionadas al objetivo específico b): Análisis de la evolución de la calidad del aire y de las emisiones.

Act.1) Análisis de la evolución de la calidad del aire, identificando el impacto de los factores climáticos, meteorológicos, emisiones, expansión/disminución del parque de viviendas, consumos de leña y otras fuentes, que han definido la progresión de la calidad del aire.

Act.2) Análisis de cumplimiento normativo de MP10 y MP2,5 desde la aplicación del PDA, y determinación de brechas con las metas de calidad del aire establecidas.

Act.3) Análisis de los 2 últimos inventarios de emisiones (año base 2014 y año base 2017) y determinación de brechas con las metas de reducción de emisiones establecidas.

Act.4) Estimación del aporte de las medidas estructurales en la reducción de emisiones determinada.

Act.5) Determinación de una nueva meta de reducción de emisiones definiendo el año 2018 o 2019 como año base, con un escenario meta al 2025, otro al 2027 y otro al 2030.

### **3. Actividades relacionadas al objetivo específico c): Propuesta de líneas de acción para la gestión de la calidad del aire.**

Act. 1) Sobre la base de la evaluación técnica realizada, determinar si los resultados obtenidos son consistentes con las necesidades de actualización del PDA. Esto en el contexto de las metas y plazos establecidos en el PDA.

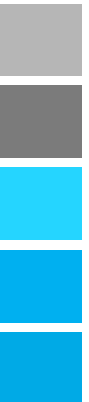
Act. 2) Sobre la base de la evaluación técnica realizada, indicar líneas de acción y medidas, ya sea no consideradas en el PDA actual o adaptación de medidas ya en ejecución, así como su respectivo plazo de implementación que puedan tener un importante potencial de reducción de la contaminación atmosférica.

Act. 3) Con el fin de justificar las líneas de acción y medidas propuestas, realizar un análisis preliminar de su potencial de reducción de emisiones de MP10 y MP2,5.

Act. 4) A partir del punto anterior, establecer prioridades dentro de las líneas de acción y medidas (nuevas o adaptación de existentes) de reducción de la contaminación sugeridas.

Act. 5) Recomendar estrategias de largo plazo que permitan garantizar el estado de la calidad del aire comprometido al 2025 (o en base al nuevo año establecido como año meta).

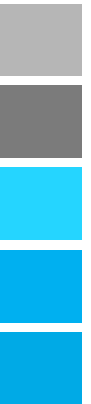
Act. 6) Identificar los elementos críticos a considerar para el diseño de la actualización del PDA.



## 2.4 RESULTADOS ESPERADOS

Producto de la presente consultoría, se espera contar con la siguiente información:

- a) Disponer de un documento con información sobre el estado de avance de todas y cada una de las medidas establecidas en el PDA y estimación del efecto en la reducción de la contaminación atmosférica en su conjunto y de ser factible su aporte en la reducción de forma individual.
- b) Disponer de una evaluación de la evolución de la calidad del aire y emisiones, que permita determinar nuevos plazos y metas de reducción de emisiones, como base para la reformulación del PDA.
- c) Disponer de recomendaciones y lineamientos respecto de las estrategias de mediano y largo plazo que permitan garantizar el estado de la calidad del aire comprometida al 2025, o la propuesta de un nuevo año que se defina como meta, que serán utilizadas de base para la actualización del PDA.
- d) Elementos críticos a considerar para el diseño de la actualización del PDA, así como determinación de medidas prescindibles que contiene el instrumento.
- e) Presentación de los resultados en un taller que deberá ser organizado en forma conjunta. En caso de que no sea posible la ejecución del taller de manera presencial, se podrá utilizar la opción de video conferencia. El número de asistentes se estima en 25 personas.



### 3 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la zona declarada como saturada por el Plan de Descontaminación Atmosférica, que considera las áreas geográficas de las comunas de Temuco y Padre Las Casas, tal como se observa en la Figura 1.

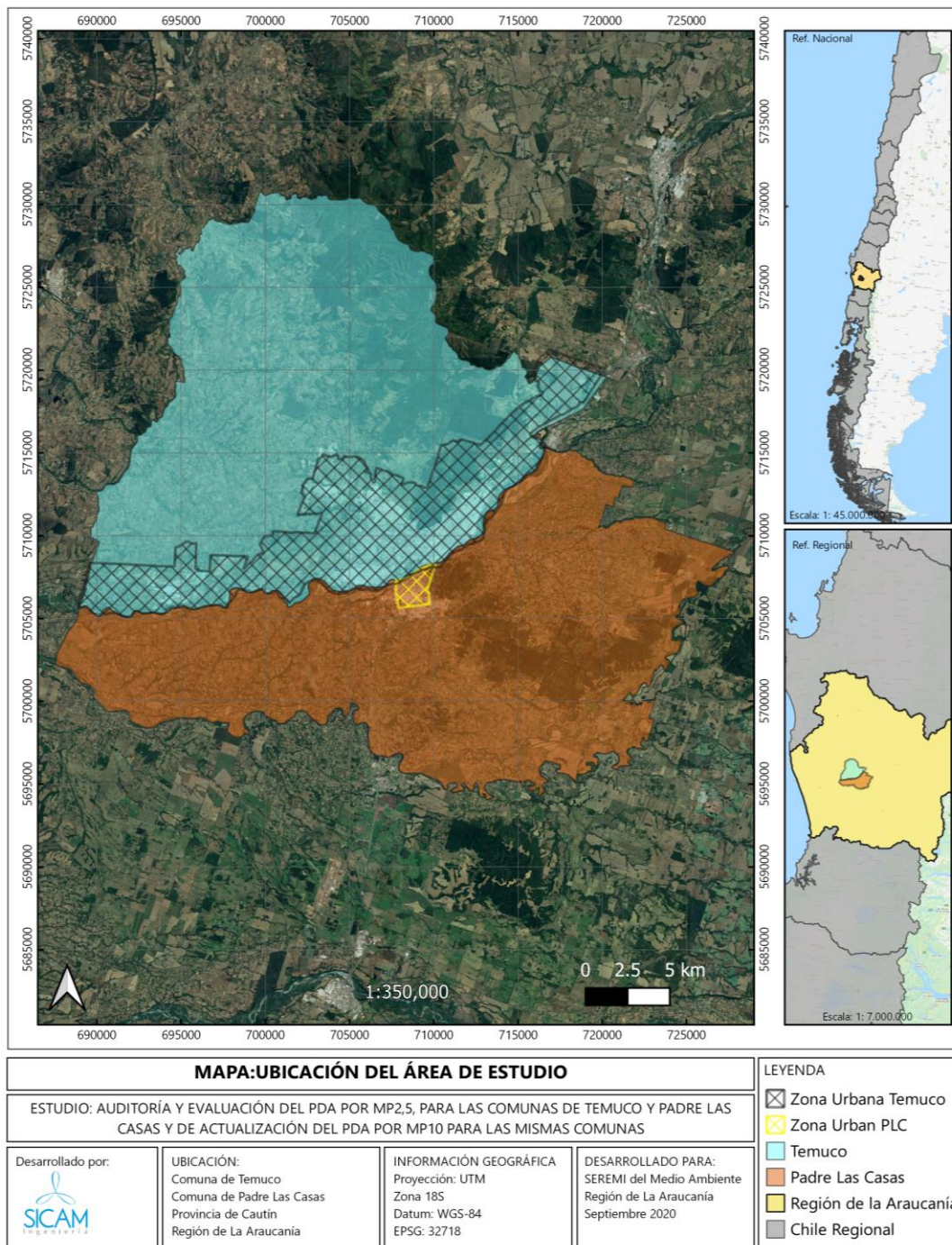


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio

Fuente: Elaboración propia

## 4 DESARROLLO METODOLÓGICO GENERAL

En el presente capítulo se expone el desarrollo metodológico sobre el cual se desarrollará el estudio, que incluye los objetivos y actividades establecidas en las bases técnicas, según el esquema presentado en la Figura 2.

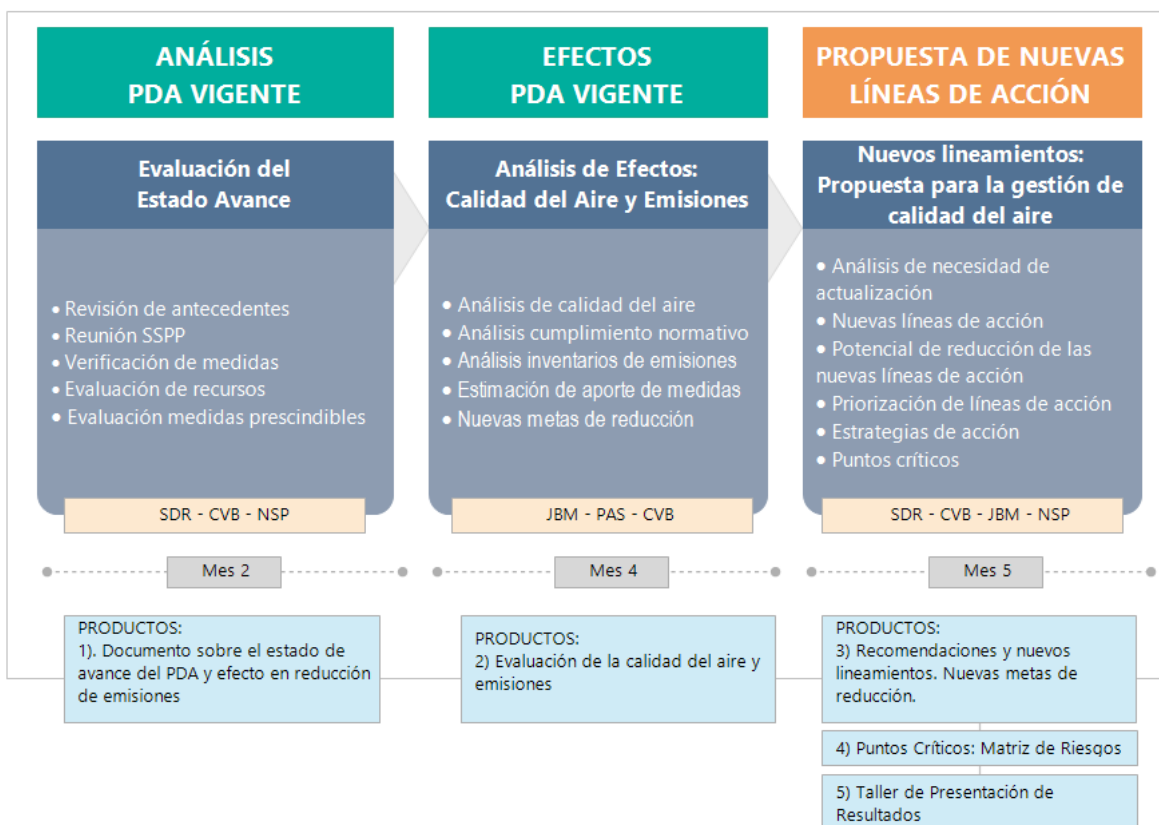


Figura 2. Diagrama de flujo metodológico  
Fuente: Elaboración propia

## 5 OBJETIVO A). EVALUACIÓN DEL ESTADO DE AVANCE, APLICACIÓN DE MEDIDAS Y EFECTO EN REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

El Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas, en adelante PDA, desde su publicación cuenta con un plazo de 10 años para lograr dar cumplimiento a las normas de MP10 y MP2,5, tal como se observa en la Tabla 2, que presenta una ficha resumen del Plan. El presente objetivo busca determinar y evaluar el estado de avance en la aplicación de las medidas contenidas en el PDA y su efecto en la reducción de la contaminación del aire en ambas comunas.

La evaluación que se desarrolla en el presente estudio considera el periodo comprendido entre los años 2016 y 2019, considerando que la entrada en vigencia del PDA fue a fines del año 2015 y que el presente estudio se desarrolla durante el año 2020.

Tabla 2. Ficha resumen PDA Temuco y PLC

FICHA RESUMEN	
Plan	: PDA para las comunas de Temuco y Padre Las Casas
Norma	: D.S. N° 8/2015
Contaminante	: MP2,5 y actualización MP10
Estado	: Vigente
Fecha Publicación	: 17/11/2015
Plazo reducción	: 10 años
Año meta	: 2025
MP2,5 Diaria (BASE)	: 147 P98 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MP2,5) proyectado al año meta 2025
MP2,5 Diaria (META)	: 50 P98 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MP2,5)
Reducción (%)	: 67%
Costos (MM USD)	: 207
Beneficios (MM USD)	: 1.261
Razón Beneficio/Costo	: 6

Fuente: Elaboración propia a partir del PDA

## 5.1 ACTIVIDAD 1). REVISIÓN DE ANTECEDENTES

El PDA, cuenta con información de base para su construcción, a partir de la cual se obtienen los ejes estructurales, las medidas y metas de reducción. Considerando los antecedentes entregados por la contraparte técnica, se revisó toda la información disponible que se empleó para el diseño de las medidas contenidas en el PDA, así como su evaluación mediante el AGIES.

Respecto al estado de avance de las medidas contenidas en el PDA y según lo señalado en el artículo 78 del Plan, todas las instituciones que tengan asociadas medidas deben presentar a la SEREMI del Medio Ambiente, un programa de trabajo para dar cumplimiento a los compromisos del PDA en marzo de cada año, y un reporte de lo ejecutado en el mes de diciembre de cada año. Esta información fue revisada por el equipo consultor para construir una base de datos que da cuenta del estado de implementación de cada medida.

Por otra parte, el artículo 76 del PDA otorga el rol de la fiscalización permanente del cumplimiento de las medidas contenidas en el mismo, a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), siendo este organismo el encargado de la verificación del estado de avance de las medidas e instrumentos del Plan, remitiendo anualmente un informe de avance a la SEREMI del Medio Ambiente. A la fecha de entrega del presente informe se cuenta con el reporte anual de la SMA para los años 2017 y 2018. Esta información se revisó y sistematizó como parte de la base de datos desarrollada por el consultor.

A continuación, se presenta el resumen de la información de base para determinar el estado de avance de las medidas del Plan, así como la información que se empleó para el diseño y evaluación de medidas.

Tabla 3. Revisión de Planificación y reporte de ejecución de medidas según Servicio

INSTITUCIÓN	2016		2017		2018		2019	
	PLAN	REPORTE	PLAN	REPORTE	PLAN	REPORTE	PLAN	REPORTE
CONAF	OK	OK	OK	OK	S/P	OK	S/P	OK
CORFO	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
GORE	OK	S/R	S/P	S/R	S/P	OK	OK	OK
INDAP	OK	OK	OK	OK	OK	OK	S/P	S/R
MINVU	OK	OK	OK	OK	S/P	OK	OK	S/R
Municipio de Temuco	S/P	S/R	S/P	S/R	S/P	S/R	OK	OK
Municipio de Padre Las Casas	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
SERCOTEC	S/P	OK	S/P	OK	OK	OK	OK	S/R
SEREMI de Agricultura	S/P	OK	S/P	OK	S/P	S/R	S/P	S/R
SEREMI de Economía	OK	S/R	OK	OK	OK	S/R	S/P	OK
SEREMI de Educación	S/P	S/R	S/P	S/R	S/P	S/R	OK	OK
SEREMI de Energía	OK	OK	OK	OK	OK	S/R	S/P	S/R
SEREMI de Gobierno	OK	S/R	S/P	S/R	OK	S/R	S/P	S/R
SEREMI de Salud	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
SEREMI de Transportes	OK	OK	OK	S/R	OK	OK	OK	OK
SEREMI del Medio Ambiente	S/P	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
SERNAC	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
SMA	OK	S/R	S/P	OK	OK	OK	OK	OK

S/P: No presenta planificación

S/R: No presenta reporte

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Revisión de otros documentos e informes

Información	Institución
Informe de Aplicación de Medidas. Año 2016	SEREMI del Medio Ambiente
Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan. Año 2017	SMA
Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan. Año 2018	SMA
AGIES PDA Temuco y Padre Las Casas. Año 2014	Depto. Economía Ambiental, MMA
Análisis de Medidas para Incorporar al PDA de Temuco y PLC. Año 2013	GreenLab UC DICTUC S.A.
Determinación de MP secundario en las concentraciones de MP2,5 y MP10, aporte de precursores en las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Año 2019	Centro Mario Molina

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 ACTIVIDAD 2). REUNIONES CON ACTORES PÚBLICOS

Cada una de las reuniones fue gestionada directamente por el Director de Proyecto, con los profesionales de cada institución, responsables de la implementación de medidas PDA, quienes, además, sumaron a otros profesionales de su institución, con competencia, según estimaron pertinente. Por parte del equipo consultor participaron los profesionales Ing. Sergio Dávila, Ing. Jasmine Bastidas y Nicolás Schiappacasse en algunas reuniones.

La dinámica de la reunión fue presentar los alcances del proyecto, discutir respecto de las medidas con competencia de la institución, revisar los reportes de cumplimiento en implementación, finalmente, solicitar, mediante una FICHA de SOLICITUD, el envío de información relevante que no estuviera disponible en Base de datos de la SMA o SEREMI del Medio Ambiente. El resumen del desarrollo de las reuniones se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Ficha resumen reuniones con servicios públicos

FECHA / HORA	INSTITUCIÓN	(SECTOR REGULADO PRINCIPAL)
03-08-2020 (10:00 – 11:00)	SEREMI DE SALUD	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
03-08-2020 (15:00 – 15:30)	SEREMI DE ENERGÍA	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
03-08-2020 (16:00 – 16:30)	MUNICIPALIDAD DE TEMUCO	PROGRAMA DE DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN
04-08-2020 (10:00 – 11:00)	SEREMI DE VIVIENDA	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
04-08-2020 (11:00 – 11:30)	INDAP	CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS
04-08-2020 (16:00 – 16:30)	CONAF	CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS
06-08-2020 (09:00 – 09:30)	MUNICIPALIDAD DE PLC	PROGRAMA DE DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN
06-08-2020 (15:00 – 15:45)	MINISTERIO DE AGRICULTURA	CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS
06-08-2020 (16:00 – 16:30)	SERCOTEC	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
07-08-2020 (12:30 – 14:00)	SMA	CONTROL DE LAS EMISIONES AL AIRE DE CALDERAS Y OTRAS FUENTES EMISORAS
07-08-2020 (11:00 – 12:00)	GORE	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
10-08-2020 (10:00 – 10:30)	SEREMI DE TRANSPORTE	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES DEL TRANSPORTE
10-08-2020 (15:00 – 15:30)	CORFO	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA
10-08-2020 (16:00 – 16:30)	SEREMI DE EDUCACIÓN	PROGRAMA DE DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN
11-08-2020 (12:00 – 12:30)	SERNAC	PROGRAMA DE DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN
14-08-2020 (10:00 – 11:00)	SEREMI DE MEDIO AMBIENTE	REGULACIÓN PARA EL CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A CALEFACCIÓN DOMICILIARIA

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta las principales observaciones y conclusiones recogidas en cada reunión con los servicios públicos, considerando las medidas de competencia del servicio, su nivel de cumplimiento y algunas observaciones respecto al rol del servicio en el PDA, según corresponda.

Tabla 6. Ficha resumen reunión – SEREMI de Salud

Servicio		: SEREMI de Salud
Fecha de reunión	: Lunes 03 de agosto de 2020, vía Teams	
Asistentes Servicio	: Stephanie Henríquez, Félix Contreras	
Asistentes de consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 9	Exigencia de uso de leña seca
Calefactores	Art. 16	Se prohíbe en la zona saturada utilizar chimeneas de hogar abierto.
	Art. 16	Se prohíbe en la zona saturada quemar en los calefactores, carbón mineral, maderas impregnadas, residuos o cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera.
	Art. 17	Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple.
GEC	Art. 69	Exigencias y prohibiciones en Alerta, Preemergencia y Emergencia (a) (b) (c) (d)
	Art. 69 (d)	Exentos de GEC proyectos inmobiliarios con calefacción distrital
	Art. 69 (d)	Intensificación de la fiscalización en GEC
Educación	Art. 73	Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.
<b><u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u></b>		
<p>La SEREMI de Salud tiene atribuciones relacionadas al uso de leña y calefactores a nivel residencial. En este sentido, es encargado de fiscalizar el uso de leña seca, además del uso de calefactores permitidos. Además de fiscalización de medidas asociadas a la gestión de episodios críticos. En este sentido, la reunión consideró la verificación del cumplimiento de las medidas vigentes al año 2019.</p> <p>Las medidas a cargo de la SEREMI de Salud son ejecutadas mediante actividades de fiscalización en la vivienda, que se desarrollan únicamente en periodo GEC, basándose en la aplicación de una Ficha de Inspección Sanitaria. Esta ficha considera aspectos tales como: Humos visibles (asociado al Art. 69(a)); Funcionamiento de más de un calefactor a leña (Art. 69 (b)); funcionamiento de calderas a leña con potencia térmica menor a 75 kWt (Art. 69 (c) (d)); uso de chimeneas de hogar abierto (Art. 16); quema de carbón u otro combustible prohibido (Art. 16); Uso de calefactores a leña (Art. 69 (c) Emergencia). Se verifica además la humedad de la leña mediante la medición en la vivienda según protocolo establecido por la Autoridad Sanitaria.</p> <p>Cabe mencionar que todas las medidas se verifican en esta instancia de fiscalización, mediante la aplicación de la ficha. Lo cual se verifica mediante el reporte del número de fiscalizaciones y sumarios sanitarios por año. En este sentido, la SEREMI de Salud cuenta solo con esta información sin procesar, no pudiendo determinarse el incumplimiento de cada medida de manera diferenciada, ya que las actas de fiscalización no se encuentran sistematizadas. Se solicitó esta información respecto a los resultados asociados a la exigencia de uso de leña seca (Art. 9) para poder emplear estos resultados como referencia respecto a la calidad de la leña que se utiliza en la zona saturada, sin embargo, no fue posible acceder a los resultados.</p> <p>En relación a actividades de Educación Ambiental en torno a la calidad del aire, la SEREMI reporta el desarrollo de charlas y talleres dictados a la comunidad, en juntas de vecinos, organizaciones sociales, y corporaciones, abordando principalmente temas relacionados a efectos de la salud producto de la exposición a la contaminación del aire.</p> <p>En general, la SEREMI de Salud implementa las medidas a su cargo en los periodos correspondientes, según lo establecido en el PDA, sin embargo, indican que la unidad de Aire cuenta con 3 profesionales para dar cumplimiento a las medidas del PDA de competencia, lo que es insuficiente, por lo que idealmente sería importante contar con 3 funcionarios adicionales de forma permanente.</p>		

Tabla 7. Ficha resumen reunión – SEREMI de Energía

Servicio		: SEREMI de Energía
Fecha de reunión		: lunes 03 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes del servicio		: Álvaro Valverde, Carolina Gómez - Ministerio de Energía
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 7	Diseño de indicadores de energía calórica de la leña
	Art. 14	Desarrollo de una Política Nacional y Regional sobre Calefacción y Uso de la Leña.
Educación		Campaña comunicacional asociada a la promoción del buen uso de la biomasa, buen uso de los calefactores y promoción de los programas de recambio.
	Art. 75	
<p><u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u></p> <p>La SEREMI de Energía tiene a su cargo la ejecución de medidas asociadas al sector de mejoramiento de leña, mediante el diseño de indicadores de energía calórica de la leña y el desarrollo de una Política Nacional y Regional sobre calefacción y uso de leña. Además, tiene una medida en el sector de Educación, asociada al desarrollo de una campaña comunicacional asociada a la promoción del buen uso de la biomasa, buen uso de calefactores y Programas de Recambio. En este sentido, el Servicio ejecuta las medidas que tiene a su cargo, desarrollando un estudio para la determinación de indicadores de energía calórica de la leña, ejecutado por la Universidad Católica de Temuco el año 2017, y desarrollo de infografía asociada.</p> <p>Respecto a lo indicado en el Artículo 14, la Política Nacional y Regional fue desarrollada en el año 2015, descrita en un documento: <a href="http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2016/03/politica_leña_2016_web.pdf">http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2016/03/politica_leña_2016_web.pdf</a>. que recoge los resultados de las mesas de calefacción y leña que fueron desarrolladas en las regiones desde O'Higgins hasta Aysén, durante el año 2014, junto al Ministerio del Medio Ambiente y los Gobiernos Regionales respectivos. Estas mesas abordaron aspectos de seguridad y el acceso equitativo a la calefacción, internalizando los impactos sociales, económicos y ambientales de la leña.</p> <p>Asimismo, se analizaron la factibilidad social, técnica, económica y ambiental de promover otras tecnologías de calefacción, con énfasis en ciudades con problemas de contaminación. Con este mandato, durante los meses de junio de 2014 y mayo de 2015 se realizaron un total de 43 mesas desde la región del Libertador General Bernardo O'Higgins al sur, con una cantidad total de más de 1.000 asistentes al total de ellas (con un promedio de 25 asistentes por mesa) de instituciones provenientes de diversas áreas públicas y privadas. De esta manera, lo informado por el servicio, en sus reportes de cumplimiento anuales, respecto al artículo 14 es el resultado del proceso desarrollado durante el año 2014 y 2015.</p> <p>Respecto a la campaña comunicacional, desde el año 2014 a 2017 se ejecutaron campañas comunicacionales orientadas al buen uso de la leña, desarrolladas a nivel central con alcance desde las regiones de O'Higgins hasta Aysén. Durante el año 2018 no se registra ejecución asociada a esta medida, y luego el año 2019 se informa el desarrollo de la campaña ejecutada a través del sitio <a href="http://www.calordelbueno.cl">www.calordelbueno.cl</a>, que para el presente año cambió al sitio: <a href="https://www.cambiatuenergia.cl">https://www.cambiatuenergia.cl</a>.</p> <p>Respecto a las atribuciones del Ministerio de Energía en el PDA se establece que el servicio ha cumplido con las medidas comprometidas. Pero, además, realizan otras actividades complementarias que, si bien no están comprometidas en el PDA, contribuyen a los objetivos del Plan, tales como: Programa Más Leña Seca que entre los años 2017-2019 ha entregado recursos a los comerciantes de leña, aportando leña seca al mercado. Además, se indican algunas colaboraciones en el plano de calefacción distrital (seminario en conjunto con la UFRO) y otras temáticas relacionadas a temas de calefacción eficiente.</p> <p>Sin embargo, reconocen que el Ministerio de Energía debería contar con una participación más relevante en lo relacionado con el mejoramiento de la calidad de la leña, lo que podría darse en el futuro cuando la leña sea declarada como combustible. Se espera que durante el segundo semestre de 2020 se ingrese un proyecto de ley que regule los biocombustibles sólidos derivados de la madera entregando atribuciones al Ministerio de Energía a través de la SEC.</p>		

Tabla 8. Ficha resumen reunión – Municipalidad de Temuco

Servicio		: Municipalidad de Temuco
Fecha de reunión	: lunes 03 de agosto de 2020, vía Teams	
Asistentes Servicio	: Eduardo Araneda - Municipalidad de Temuco	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 6	Registro de comerciantes de leña y permiso especial
Educación	Art. 72	Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La Municipalidad de Temuco tiene a su cargo el artículo 6, respecto a la implementación de un registro de comerciantes de leña y permiso especial, el cual fue implementado al año 2018, según el reporte de cumplimiento que entrega la SMA. Este registro actualmente cuenta con un total de 105 comerciantes de leña inscritos en la Comuna de Temuco, los cuales se distribuyen en Productores, Transportistas y Comerciantes. Del total del registro solo 11 declaran ventas de leña sobre los 1.000 m<sup>3</sup>/año. Por otra parte, en el marco de la Ordenanza Municipal sobre comercialización de leña faculta al Municipio mediante la Unidad de Inspección, la fiscalización del comercio de leña, respecto a la formalidad del comercio, la calidad de la leña (se prohíbe comercializar leña con más del 25% de humedad), venta en camiones u otros vehículos de tracción y picaduras en espacios públicos. En este sentido, el Municipio tiene un acuerdo no formal con la SMA, quien se encarga de la fiscalización del artículo 4 que prohíbe la comercialización de leña húmeda en la zona saturada, que consiste en que el Municipio, en el marco de la ordenanza, fiscaliza comerciantes de menor tamaño, los aspectos relativos a la calidad de la leña, mientras que la SMA en el marco del artículo 4 del PDA, fiscaliza a los comerciantes con mayores volúmenes de venta. De esta manera, el municipio de Temuco reporta a la SMA las actividades de fiscalización al comercio que se realizan.</p> <p>Respecto a la ejecución del Plan de Acción para abordar la temática de difusión y educación ambiental en calidad del Aire, la Municipalidad reporta actividades asociadas a la operación de un carro demostrativo de uso eficiente de calefactores, que realiza actividades en diversos lugares públicos de la comuna de Temuco, reportando actividades desde el año 2016. Se reportan, además, actividades como Campaña Nuevo Aire y organización de la FIDA.</p> <p>Un aspecto importante a considerar es que las fiscalizaciones al comercio de leña. apuntan principalmente al comercio formal, tomando como base el registro de comerciantes para las actividades de fiscalización.</p>		

Tabla 9. Ficha resumen reunión – SEREMI de Vivienda

Servicio		: SEREMI de Vivienda
Fecha de reunión	: martes 04 de agosto de 2020, vía Teams	
Asistentes Servicio	: Mauricio Cerdas Ortiz (Contraparte SEREMI de Vivienda) - Raúl Méndez (Contraparte SERVIU)	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, Nicolás Schiappacasse - SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Eficiencia Térmica de la Vivienda	Art. 29	Programa de subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes
	Art. 30	Programa de subsidio adicional para ampliaciones no regularizadas
	Art. 31	Norma de aislación térmica para mejoramiento térmico de viviendas existentes
	Art. 32	Norma de aislación térmica para viviendas nuevas
	Art. 33	Segunda etapa norma de aislación térmica para viviendas nuevas y existentes
	Art. 34	Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda
Proyectos Inmobiliarios	Art. 36	Aplicación de los resultados del estudio para la construcción de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía
	Art. 38	Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La SEREMI de Vivienda tiene responsabilidad en la ejecución de las medidas asociadas al Sector Mejoramiento de la Eficiencia Térmica de la Vivienda (6 artículos) y Proyectos Inmobiliarios (2 artículos). En el primer sector se considera el Programa de Subsidios de Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes, y subsidio adicional para regularización de ampliaciones. Esta medida tiene como meta aislar al menos 40.000 viviendas en un plazo de 10 años, a través del</p>		

Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF). Esta medida ha sido implementada de manera oportuna por el Servicio, llevando al año 2019 un total acumulado de 16.744 subsidios de acondicionamiento térmico, correspondiente a un 42% de la meta.

El Servicio también tiene a su cargo la verificación del cumplimiento de los estándares térmicos establecido en el PDA, ya sea para viviendas que reciben el mejoramiento térmico mediante subsidio (Art. 31), viviendas nuevas (Art. 32) y la segunda etapa de la norma para viviendas nuevas y existentes (Art. 33). Para el cumplimiento de estas medidas, SERVIU revisa los proyectos subsidiados y solicita el cumplimiento del D.S. N°8, al momento de evaluar los proyectos y fiscaliza la ejecución de éstos por medio un Supervisor asignado por obra. El mismo mecanismo se emplea para los estándares térmicos asociados a viviendas nuevas. Sin embargo, se observa que esta medida, si bien se establece este procedimiento, posee una insuficiente fiscalización que permita efectivamente asegurar que los estándares térmicos señalados en el PDA se estén cumplimiento a cabalidad. Esto sucede, según señala el mismo servicio porque al año se revisan sobre 3.000 proyectos sólo para el ítem PDA., (en total en la seremi de vivienda se supera los 15.000 proyectos revisados en los diferentes decretos) y no existe tal capacidad humana y menos la posibilidad de supervisar adecuadamente la ejecución de las obras.

Respecto al artículo 34 el servicio no reporta cumplimiento de esta medida.

En relación a los artículos asociados a Proyectos Inmobiliarios, se reporta que para el Artículo 36, que considera la aplicación de los resultados de un estudio del Ministerio del Medio Ambiente respecto a la construcción de viviendas de baja o nula demanda energética, a la construcción de viviendas sociales, no se reporta avance en esta materia, toda vez que el estudio estuvo recién disponible durante el mes de agosto de 2019. Finalmente, respecto al Artículo 38, el Ministerio del Medio Ambiente desarrolló el estudio denominado "Diseño y Evaluación del Sistema de Calefacción Distrital para conjunto Habitacional Nuevo en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas", el cual fue desarrollado con el apoyo de MINVU para un conjunto habitacional SERVIU. Los resultados de este quedaron en manos de MINVU/SERVIU Araucanía para evaluar su futura implementación y búsqueda de recursos. El rol de MINVU es de proporcionar información y servir de contraparte técnica para el estudio.

En general el Servicio da cumplimiento a lo establecido en el PDA dentro de sus competencias, sin embargo, la ejecución de las actividades no puede ser desarrolladas de manera óptima por falta de personal que atienda la alta demanda que significa tener la ejecución de estas medidas a cargo. Sobre todo, lo que tiene relación con la fiscalización de los estándares térmicos que establece el PDA.

El Servicio hace referencia a un incumplimiento asociado al estándar N°5 del artículo 33 del PDA con plazo de cumplimiento desde enero 2018, de "Control de ganancias solares y aislación de sobrecimiento", para el cumplimiento de dicho estándar se anexó, primero mediante un oficio N°1.772 de fecha 16 de noviembre 2017, una restricción de superficies vidriadas por orientación relacionada al estándar (Valor U) del complejo de ventana, cuyo oficio se formalizó mediante la resolución N°9.968 con fecha de 29 de noviembre 2018. Se indica por parte del servicio que este ítem es complejo, porque debe hacerse cargo de la inercia del mercado inmobiliario y de cambio de paradigma de incluir en el diseño los conceptos de eficiencia energética, por lo que creemos que el desfase en la aplicación responde a un hecho normal, y que incluso es posible reestudiar este concepto solicitado, y considerar si en definitiva se exigirá el cuadro inserto en la resolución o se podría considerar como solicitud un determinado desempeño energitético de la vivienda (al margen de las superficies vidriadas por orientación) en base a otra herramienta como lo es la calificación energética. (Se adjunta Oficio y Resolución citados).

Tabla 10. Ficha resumen reunión – INDAP

Servicio		: INDAP
Fecha de reunión		: martes 04 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes Servicio		: Katherine Schuster Rocha, Andrea Delgado Sanhueza - INDAP
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 10	Programa de apoyo a la producción de leña seca
Quemas	Art. 40	Plan de difusión prohibición de quemas
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
INDAP en convenio con CONAF tiene a su cargo la ejecución del Artículo 10 del PDA, que indica el desarrollo de un Programa de apoyo a la producción de leña seca. A través de esta medida se financia proyectos de apoyo a productores para secado, almacenamiento y producción de leña. Por parte de INDAP, se ha financiado un total de 141 proyectos entre los años 2016		

y 2019, con un monto total acumulado de \$260.269.931, asociados a la construcción de secadores, compra de maquinaria para procesamiento, entre otros ítems. Se solicitó al servicio indicar cuál es el volumen de leña seca que se introduce al mercado mediante la aplicación de esta medida, sin embargo, no se cuenta con esta información. Respecto a la percepción del Servicio respecto al cumplimiento de esta medida, se manifiesta a través de su implementación se ha ido mejorando las condiciones de producción de leña seca en usuarios de INDAP con asesoría de CONAF e INDAP, por lo que sería importante poder contar con disponibilidad presupuestaria para dar continuidad al trabajo con usuarios en temas de producción y comercialización de leña, mejorando los estándares de calidad del producto y su trazabilidad.

Respecto a la medida del Artículo 40, asociada al Plan de Difusión de Prohibición de quemas, INDAP, a través de sus equipos de extensión (PRODESAL Y PDTI) solicita directamente a CONAF al Departamento de Manejo del Fuego la realización de talleres relacionados con el tema de quemas y manejo del fuego, procedimientos para solicitar autorización, pertinencia del uso del fuego y sus restricciones, además de prevención de incendios. El Servicio no cuenta con verificadores de estas actividades ya que las maneja el departamento de manejo del fuego de CONAF.

Tabla 11. Ficha resumen reunión – CONAF

Servicio		: CONAF
Fecha de reunión		: martes 04 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes Servicio		: Sergio Morales, CONAF
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 10	Programa de apoyo a la producción de leña seca
	Art. 11	Operación de mesa de fiscalización forestal
Quemas	Art. 39	Prohibición de quemas agrícolas del 1° de abril al 30 de septiembre
	Art. 40	Plan de difusión prohibición de quemas
Complementarias	Art. 83	Programa de arborización urbana que considere la plantación y mantención de al menos 3.000 árboles anuales.
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>CONAF en convenio con INDAP ejecutan la medida indicada en el Artículo 10 del PDA, que señala el desarrollo de un Programa de apoyo a la producción de leña seca. A través de esta medida se financia proyectos de apoyo a productores para secado, almacenamiento y producción de leña. Por su parte, CONAF, participa en esta medida mediante la realización de talleres y actividades de asistencia técnica <i>in-situ</i> para los productores de leña, abordando temas como producción sostenible de la leña y buenas prácticas en la producción de leña.</p> <p>Respecto al Artículo 11, que indica la operación de la Mesa de Fiscalización Forestal, esta mesa se conformó, realizándose 2 reuniones anuales de coordinación. Además, se realizan actividades fiscalización en donde participan diversos servicios: CONAF, SII, Municipios, Carabineros.</p> <p>Luego, respecto al sector Quemadas Agrícolas (artículo 39 y 40), todos los años se emite resolución que restringe el uso del fuego como quema controlada en terrenos agrícolas al periodo comprendido entre el 01 de abril y 30 de septiembre de cada año. Se realizan fiscalizaciones contra denuncia y a través de patrullajes periódicos.</p> <p>Respecto a la medida del Artículo 40, asociada al Plan de Difusión de Prohibición de quemas, CONAF e INDAP realizan talleres relacionados con el tema de quemas y manejo del fuego, procedimientos para solicitar autorización, pertinencia del uso del fuego y sus restricciones, además de prevención de incendios, ejecutando al menos 2 talleres al año, destinados a agricultores y personal técnico de los municipios de Temuco y Padre Las Casas.</p> <p>Finalmente, respecto a lo estipulado en el artículo 83 que indica Programa de arborización urbana, CONAF tiene el compromiso de entregar al menos 3.000 árboles anuales, superando esta meta, con un total acumulado de 46.644 árboles, según los registros reportados por el mismo Servicio. El artículo 83 señalado en el PDA, indica la plantación y mantención de los árboles entregados, sin embargo, el Servicio señala que no es parte de su competencia la mantención de los árboles que se entregan a la comunidad, así como tampoco se tendría la capacidad para realizar dicha labor indicada en el Plan, por lo tanto, la medida se cumple solo en la entrega de la planta, sin realizarse un seguimiento posterior.</p>		

Tabla 12. Ficha resumen reunión – Municipalidad de Padre Las Casas

Servicio		: Municipalidad de Padre Las Casas
Fecha de reunión	: jueves 06 de agosto de 2020, vía Teams	
Asistentes Servicio	: Óscar Albornoz - Municipalidad de Padre Las Casas	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 4 (convenio SMA)	Exigencia de comercialización de leña seca
	Art. 5 (convenio SMA)	Exigencia de uso de xilohigrómetro en comercio de leña
	Art. 6	Registro de comerciantes de leña y permiso especial
Educación	Art. 72	Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La Municipalidad de Padre Las Casas, tiene a su cargo el Artículo 6, respecto a la implementación de un registro de comerciantes de leña y permiso especial, el cual fue implementado al año 2017 (aprobado por Decreto Alcaldicio N°1356 de fecha 10 de mayo de 2017). Este registro actualmente cuenta con un total de 14 comerciantes de leña inscritos en la Comuna de Padre Las Casas.</p> <p>Por otra parte, la Municipalidad de Padre Las Casas, estableció, mediante el Decreto Alcaldicio N° 1830/2016 un convenio de colaboración de fiscalización Ambiental, con la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) para el apoyo en la ejecución de las medidas contenidas en los artículos 4 y 5 del PDA, que considera la exigencia de comercialización de leña seca y uso de xilohigrómetro a los comerciantes. El Servicio reporta a la SMA la ejecución de las fiscalizaciones mediante el envío de actas. El servicio cuenta con las actas, pero el resultado de las fiscalizaciones no se encuentra sistematizado para obtener información respecto, como calidad de la leña o uso efectivo del xilohigrómetro como herramienta de medición de la humedad de la leña.</p> <p>Respecto a la ejecución del Plan de Acción para abordar la temática de difusión y educación ambiental en calidad del Aire (artículo 72), la Municipalidad de Padre Las Casas, reporta el desarrollo de diversas actividades tales como ejecución de seminarios en torno a la calidad del aire, jornadas de arborización en conjunto con CONAF, difusión de GEC en sitio web del municipio, actividades con el Comité Ambiental Comunal, participación en campaña Nuevo Aire, entre otras.</p>		

Tabla 13. Ficha resumen reunión – SEREMI de Agricultura

Servicio		: SEREMI de Agricultura
Fecha de reunión	: jueves 06 de agosto de 2020, vía Teams	
Asistentes Servicio	: Alejandro Hernández - SEREMI de Agricultura	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Quemas	Art. 40	Plan de difusión prohibición de quemas (SEREMI Agricultura en coordinación con CONAF, SAG e INDAP)
	Art. 41	Programa de buenas prácticas agrícolas
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>El rol de la SEREMI de Agricultura en los artículos que se menciona su participación corresponde al apoyo de las iniciativas (apoyo en la difusión o coordinación) que sus servicios realizan (CONAF e INDAP). De esta manera, el Servicio indica que no cuenta con asignación de recursos asociado a la ejecución de medidas PDA propiamente tal, toda vez que las actividades se canalizan a través de los servicios ya mencionados.</p> <p>Respecto al Artículo 41, el año 2016 la SEREMI de Agricultura convocó a un gabinete del Agro con fecha 9/05/2016, con participación de la Seremi del Medio Ambiente y representantes de CONAF, INDAP, SAG e INIA. Posteriormente a través de oficio N°7507 del 05.12.16, la Seremi de Agricultura adjunta un documento denominado "Análisis Regional del Sistema de Quemas Controladas agrícolas y Forestales 2011-2016", que servirá de base para la elaboración del programa de buenas Prácticas Agrícolas que fue desarrollado posteriormente y que se materializa a través de seminarios. Respecto al impacto que tienen las medidas asociadas a la prohibición de quemas entre en el periodo de abril a septiembre e cada año se indicó por parte del servicio que las quemas históricamente se realizan en dicho periodo solo representa un 0,08% de las realizadas en la región, por lo tanto, la medida no se considera que tenga un impacto en la reducción de emisiones que sea significativo (información contenida en el documento Sistema de Asistencia Quemas Controladas, 25 octubre de 2019 - Ministerio de</p>		

Agricultura, Región de la Araucanía). Así mismo, respecto al Programa de Buenas Prácticas Agrícolas desarrollado, se indica que el reemplazo del fuego como práctica agrícola es escasamente adoptado por parte de los agricultores principalmente por temas de costos, por lo que esta medida tampoco tendría un impacto significativo en lo que respecta a los objetivos de PDA.

Tabla 14. Ficha resumen reunión – SERCOTEC

Servicio		: SERCOTEC
Fecha de reunión	: jueves 06 de agosto de 2020, vía Teams	
Asistentes Servicio	: Waldo Palavecino Concha - SERCOTEC	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 12	Programas de fomento para la producción y comercialización de leña seca
	Art. 15	Fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>En relación al artículo 12, que establece el desarrollo de Programas de fomento para la producción y comercialización de leña seca, SERCOTEC señala que durante los años 2014 a 2017 desarrollaron bajo su alero el Programa Más Leña Seca, el cual, a partir del año 2018 pasó a ser un programa regular del Ministerio de Energía. Durante los años 2014 a 2017 contó con un total 40 beneficiarios, aportando un total de 55.900 metros cúbicos de leña seca al mercado. Además, se indica que el programa ha contribuido en la sustentabilidad del negocio de la leña, mediante la entrega de tecnología e infraestructura para el proceso de materia prima, aumentando la oferta de leña. La transferencia técnica respecto al manejo, producción y comercialización de la leña, así como conocimiento en técnicas de secado y construcción de galpones, han permitido la implementación de proyectos que abordan las principales variables del proceso: planificación del proceso, humedad relativa al interior de los acopios, ventilación, temperatura, cantidad de superficie expuesta de la leña, procesamiento y manipulación de la leña de manera mecanizada, mejorando las condiciones de producción y contribuyendo a generar las capacidades para el cumplimiento futuro de estándares de calidad de la leña.</p> <p>En el marco de lo señalado en el artículo 12, no se reporta por parte del Servicio otros proyectos o financiamientos para los años 2018 y 2019.</p> <p>En relación al artículo 15, el fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC, SERCOTEC no reporta proyectos financiados que se asocien al cumplimiento de esta medida. Para los años 2017 y 2018 el servicio reporta como parte de actividades PDA el financiamiento de reconversión de fabricantes de estufas a otras actividades económicas, en el marco de la entrada en vigencia de la norma asociada a calefactores de leña. Sin embargo, no se considera parte de lo establecido en la medida del artículo 15.</p> <p>Considerando la información anterior, SERCOTEC no tiene participación en la ejecución de medidas asociadas al PDA desde el año 2018.</p>		

Tabla 15. Ficha resumen reunión – SMA

Servicio		: SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE - SMA
Fecha de reunión	: viernes 07 de agosto de 2020	
Asistentes Servicio	: Luis Muñoz Fonseca - Jefe Regional SMA Araucanía (SMA)	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 4	Exigencia de comercialización de leña seca
	Art. 5	Exigencia de uso de xilohigrómetro en comercio de leña
	Art. 6	Registro de comerciantes de leña y permiso especial
	Art. 8	Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría)
Calefactores	Art. 24	Prohibición de calefactores a leña en establecimientos cuyo destino no sea habitacional
	Art. 25	Prohibición de calefactores a leña en organismos de la Administración del Estado.
Quemas	Art. 42	Prohibición de quemas de todo tipo en zona urbana
Fuentes Fijas	Art. 43	Límite de emisión y eficiencia para caldera nuevas con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt
	Art. 44	Registro de calderas de uso residencial (menor a 75 kWt)

	Art. 45	Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt
	Art. 46	Límites de emisión de SO <sub>2</sub> para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt
	Art. 47	Corrección de oxígeno de los valores medidos de emisión en chimenea
	Art. 48	Monitoreo continuo de emisiones para MP y SO <sub>2</sub> para calderas con potencia térmica nominal por sobre 20 MWt
	Art. 49	Monitoreo discreto de emisiones para MP y SO <sub>2</sub> para calderas con potencia térmica nominal entre 75 kWt y 20 MWt
	Art. 50	Límite de emisión de MP para procesos industriales nuevos y existentes
	Art. 51	Exigencias para grupos electrógeno con potencia mayor o igual a 20 kW
GEC	Art. 69 g)	Intensificación de fiscalización en GEC
Fiscalización	Art. 76	Fiscalización del PDA por parte de la SMA y generación de subprogramas de fiscalización
	Art. 77	Informe de fiscalización anual por parte de la SMA

Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:

La SMA tiene un rol relevante en la implementación del PDA, teniendo atribuciones de fiscalización en la mayoría de los sectores regulados, así como también en la correcta y oportuna implementación del Plan (Art. 76). De esta manera, tiene facultades fiscalizadoras al comercio de leña (artículos 4, 5, 6 y 8), a los organismos de la Administración del Estado y establecimientos no habitacionales para verificar la prohibición de uso de calefactores a leña, también a los establecimientos industriales para verificar límites de emisión y exigencias a fuentes fijas (artículos 43 al 51).

Respecto a las medidas asociadas al comercio de leña y sus exigencias, le SMA cuenta con un convenio de colaboración de fiscalización Ambiental, con la Municipalidad de Padre Las Casas para el apoyo en la ejecución de las medidas contenidas en los artículos 4 y 5 del PDA. Además, cuenta con un acuerdo no formal con la Municipalidad de Temuco, en donde el Municipio en el marco de la Ordenanza de comercialización de leña, fiscaliza al comercio minorista, dejando en manos de la SMA a los grandes comerciantes y Supermercados que manejan volúmenes de venta mayor. Las fiscalizaciones se llevan a cabo según lo programado y se reportan los resultados en términos de número de fiscalizaciones, sin contar con información respecto al resultado de las mismas, información que sería relevante para establecer un panorama de la calidad de la leña que se está comercializando en la zona saturada.

En relación a lo establecido en el artículo 8, exigencia de información de características de la leña comercializada (precio/caloría), si bien se cuenta con los indicadores desarrollados por Energía, este aspecto no forma parte de la pauta de fiscalización al comercio de leña, por lo tanto, no se está exigiendo a los comerciantes dicha información. Respecto al artículo 42, que indica prohibición de quemar al aire libre o vía pública, no se informaron fiscalizaciones. En periodo 2016 se asigna como responsable a la SEREMI de Salud y Municipios, luego, en el periodo 2017, la SEREMI de Salud informó que esta medida no corresponde a su competencia, por lo que esta SMA derivó al Ministerio del Medio Ambiente el Ordinario N°1644 de fecha 11 .07.2017, que trata sobre la regulación establecida en los planes urbanos, en ellos el de Temuco y Padre Las Casas, respecto de la quema de residuos, solicitando un pronunciamiento acerca de cuál es el servicio que le corresponde efectuar la fiscalización y sanción. En reunión con el Servicio se indica que no es de competencia de SMA y que según el PDA esta medida le correspondería a CONAF. Se constata entonces que no existe claridad respecto a qué Servicio le corresponde fiscalizar el cumplimiento de esta medida.

Respecto a la fiscalización de fuentes fijas, se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación, en la instancia se verifica el cumplimiento de los límites de emisión para calderas existentes, en relación al MP y SO<sub>2</sub>, según lo indicado en el Plan (art. 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51). En relación a lo establecido en el Artículo 44, que indica la conformación de un Registro de calderas de uso residencial (menor a 75 kWt), se observa que inicialmente esta medida era de responsabilidad de la SMA y no fue ejecutada para el año 2016. El servicio indicó que se revisara la competencia de la SMA en esta medida. Se modificó mediante DS N°26/2017, atribuyendo la responsabilidad a la SEREMI del Medio Ambiente. Por lo tanto, a partir de ese año, quien reporta el cumplimiento de la medida es dicha SEREMI.

Dentro de las atribuciones que se otorga a la SMA se encuentra la de fiscalizar el cumplimiento del PDA, según lo indicado en el artículo 76, en donde se establece que los servicios públicos deberán informar en la forma y plazos la SMA establezca el avance en la implementación de las medidas. Luego, la SMA remitirá anualmente un informe de avance de las medidas del plan a la SEREMI del Medio Ambiente, dando cuenta de la implementación de las medidas y actividades asociadas. En el periodo de evaluación 2016-2019, la SMA ha elaborado 2 reportes de avance en la implementación del PDA (año 2017 y 2018). El reporte del año 2016 fue elaborado por la SEREMI del Medio Ambiente y el reporte año 2019 fue solicitado a la SMA, sin embargo, se indicó que aún no se encuentra disponible.

Respecto a lo señalado en el artículo 77, que indica que la SMA remitirá anualmente un informe de fiscalización de las medidas del plan a su cargo, a la SEREMI del Medio Ambiente de La Araucanía, dando cuenta de la implementación de las medidas y actividades asociadas. Esta medida se ejecuta mediante la entrega de un oficio que reporta las acciones ejecutadas en el marco del PDA, informando el número de fiscalizaciones, según medida a su cargo. Además, como anexo a los informes de Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan se entrega esta información, sin embargo, la se expone de manera general los resultados en términos de hallazgos, no especificando en detalle los incumplimientos encontrados, lo que se podría emitir en un informe detallado.

Finalmente observar, que dentro de las medidas que corresponden a la SMA se encuentran todas vigentes a excepción de una parte de las indicaciones del artículo 46, que considera límites aplicables a partir del año 2019 (vigente) y límites más estrictos a partir del año 2023.

Tabla 16. Ficha resumen reunión – GORE

Servicio		: GOBIERNO REGIONAL
Fecha de reunión		: viernes 07 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes Servicio		: Mario Fuentes, Camila Poff - GORE
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 15	Fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC (SEREMI ECONOMÍA - CORFO -SERCOTEC)
Calefactores	Art. 21	Programa de recambio de cocinas (MMA) - (NO vigente al 2019)
	Art. 26	Programa de recambio de calefactores (MMA)
Inmobiliarios	Art. 38	Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo (MMA - MINVU)
Quemas	Art. 41	Programa de buenas prácticas agrícolas (SEREMI Agricultura)
Transporte	Art. 54	Programa de Renovación de Buses y proyectos de Mejoramiento del Transporte Público (SEREMI de Transportes - GORE)
Complementarios	Art. 82	Promoción de la investigación y desarrollo en las áreas de mejoramiento tecnológico (sistemas de calefacción, eficiencia energética en las viviendas, etc.) (MMA - GORE)
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>El PDA establece una serie de medidas a cargo de Servicios que no necesariamente cuenten con recursos destinados al cumplimiento de dichas medidas, por lo que se establece que se procurará obtener financiamiento sectorial o del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), estos últimos deben ser solicitados al GORE. En este sentido, luego de la reunión sostenida con profesionales del GORE, se indica que la implementación de las medidas es realizada por los servicios con la competencia técnica que se indican en los artículos contenidos en el PDA. En este sentido estos son los llamados a ejecutarlas y por ende a reportarlas. Como Gobierno Regional solo se reporta lo relacionado al Art. 26 y en lo que dice relación al número de artefactos recambiados y que han sido comprometidos a través de un Convenio de Transferencia de Recursos entre el Gore-Subsecretaría del Medio Ambiente al Programa de Recambio de Calefactores para Temuco y Padre Las Casas, en consideración que estos recursos han permitido avanzar en la meta propuesta en el Plan. Respecto a este último punto, el GORE a reportado un aporte de \$3.944 millones, destinados al Programa de Recambio de calefactores en el periodo comprendido entre los años 2016-2019, correspondiente el 44% del costo total del Programa en ese periodo, equivalente a 4.697 calefactores recambiados.</p> <p>En relación al Art. 38, el estudio fue financiado con recursos del MMA, por lo que el GORE no tuvo participación en el financiamiento. Asimismo, la medida asociada al artículo 41, fue desarrollada con recursos propios de la SEREMI de Agricultura.</p> <p>Respecto al artículo 54, que establece el Programa de Renovación de Buses y Proyectos de Mejoramiento del Transporte Público, se constata que desde el inicio del Programa se han llevado a efecto 5 llamados en los que se han renovado 527 buses de Temuco y Padre Las Casas. La inversión total del Programa a la fecha es de \$7.256 millones. Fondos financiados por el GORE, mediante transferencia desde el Ministerio de Transportes, a través de la denominada Ley Espejo del Transantiago. Este Programa se ejecuta de manera regional, pero el total de 527 buses corresponde solo a las comunas de la zona saturada. En este caso, la SEREMI de Transportes realiza la ejecución técnica del Programa y el GORE es quien realiza la ejecución presupuestaria.</p> <p>En relación al cumplimiento del artículo 82, esta medida ha sido ejecutada por la SEREMI del Medio Ambiente con financiamiento de fondos IFI-CORFO.</p>		

Tabla 17. Ficha resumen reunión – SEREMITT

Servicio		: SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones
Fecha de reunión		: lunes 10 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes Servicio		: Andrella Bascuñán Henríquez, Rodrigo Vallee Gordon - SEREMITT
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
Transp orte	Art. 54	Programa de Renovación de Buses y proyectos de Mejoramiento del Transporte Público (SEREMI de Transportes - GORE)
	Art. 55	Exigencias orientadas a reducir las emisiones MP y NOx provenientes del sistema de transporte público en un 40% y 35% respectivamente.
	Art. 56	Implementación de la primera fase del ASM ( <i>Acceleration Simulation Mode</i> ) de manera de hacer efectiva la aplicación de la Norma de emisión de NO, HC y CO
	Art. 57	Aumento de la cobertura de los controles de opacidad del 10% al 45% del parque operativo de buses urbanos
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La SEREMITT, tiene a su cargo las medidas asociadas al sector Transporte correspondiente a 4 medidas, de las cuales se encuentran 3 vigentes y una tiene plazo de cumplimiento hasta noviembre de 2022, sin embargo, también presenta grado un grado de avance importante.</p> <p>Respecto al art. 54, se indica que desde el inicio del Programa se han llevado a efecto 5 llamados en los que se han renovado 527 buses de Temuco y Padre Las Casas. La inversión total del Programa a la fecha es de \$7.256.560.000. Fondos financiados por el GORE, mediante transferencia del Ministerio de Transportes, a través de la denominada Ley Espejo del Transantiago. Es importante mencionar que este Programa se ejecuta de manera regional, no siendo un Programa que se deriva del PDA, sino que se gesta a partir de la necesidad de la mejora del sistema de transporte actualizando la flota de vehículos, como objetivo principal, pero el total de 527 buses corresponde solo a las comunas de la zona saturada.</p> <p>La medida contenida en el artículo 55 tiene plazo de ejecución hasta noviembre de 2022, sin embargo, la medida se encuentra ejecutada en cuanto a la implementación de actividades de ordenamiento gestión y mejoras tecnológicas en el transporte público de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Para determinar el cumplimiento de este artículo la SMA en su Informa Anual de Avance en la Implementación de las medidas establece 3 indicadores asociados a la verificación del cumplimiento de este artículo: a) Definir iniciativas orientadas a reducir emisiones de MP y NOx del transporte público; b) Implementar iniciativas orientadas a reducir emisiones de MP y NOx provenientes del sistema de transporte público y; c) Evaluar iniciativas implementadas respecto a reducción de emisiones. De los 3 indicadores mencionados, solo el c) queda pendiente de implementar.</p> <p>Los artículos 56 encuentra plenamente desarrollado, considerando que toda licitación de nueva planta o relicitación de existentes, considerarán los nuevos estándares de operación indicados en el artículo. Asimismo, la medida indicada en el artículo 57, se desarrollaron controles de opacidad, alcanzando sobre el 60% todos los años de implementación de la medida. Superando la meta propuesta que era de 45% del parque de buses urbanos, alcanzándose sobre el 60% del parque.</p>		

Tabla 18. Ficha resumen reunión – CORFO

Servicio		: CORFO
Fecha de reunión		: lunes 10 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes Servicio		: Nelson Oyarzun - CORFO
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
Transporte	Art. 12	Programas de fomento para la producción y comercialización de leña seca
	Art. 15	Fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC
	Art. 20	Programa de mejoramiento tecnológico para cocinas
	Art. 37	Programa de calefacción limpia y eficiente en el marco de la construcción sustentable
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>Corfo tiene asignación de funciones en 4 artículos, los cuales se encuentran todos vigentes, en el periodo de evaluación. Respecto al cumplimiento de la medida contenida en el artículo 12, CORFO entrega financiamiento a proyectos de fomento para la producción y comercialización de leña seca, mediante sus líneas de financiamiento. En este sentido no existe una</p>		

línea específica asociada a la temática o al PDA. Del mismo modo se han financiado proyectos asociados a lo que especifica el artículo 15, en relación al fomento de proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC. En estos concursos, los proyectos que se financian compiten con proyectos de otras áreas en las líneas de financiamiento de programas regulares de CORFO.

Respecto al cumplimiento del artículo 20, se ha financiado una serie de proyectos asociados al Programa de mejoramiento tecnológico de cocinas a leña, correspondientes al levantamiento de antecedentes y revisión bibliográfica de cocinas a leña (IFI), mediciones de cocinas a leña, además del Programa de Difusión Tecnológica "Mejoramiento de la eficiencia de las cocinas a leña de Temuco".

Finalmente, en relación al artículo 37, la medida es implementada por CORFO mediante el financiamiento de proyectos del ámbito de calefacción limpia en el marco de la construcción sustentable. Este financiamiento se realiza mediante los programas y líneas que posee CORFO.

En general, se observa que una de las mayores falencias respecto a la participación de CORFO dentro del PDA, es que no se dispone de programas de fomento que dispongan de capital de trabajo. En general los distintos programas de apoyo permiten el cofinanciamiento de pequeñas inversiones, difusión e incorporación de tecnologías e innovación principalmente y por otra parte, se indica desde CORFO, que, en general, se debiera relevar aún más la temática ambiental para que los emprendedores puedan visualizar las oportunidades de negocio que allí existen y por otra parte que el Gobierno destine más recursos a las instituciones en este caso de fomento productivo para poder hacer un mayor aporte en este ámbito.

Tabla 19. Ficha resumen reunión –SEREMI de Educación

Servicio		: SEREMI de Educación
Fecha de reunión		: lunes 10 de agosto de 2020, vía Teams
Asistentes Servicio		: Mónica Miranda - SEREMI de Educación
Asistentes de la consultora		: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería
Medidas PDA vigentes a 2019		
GEC	Art. 69 e)	Información oportuna de GEC a establecimientos educacionales
	Art. 69 f)	Suspensión de actividades física en establecimientos educacionales
Educación	Art. 71	Desarrollo de un programa de trabajo en educación Formal
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>La SEREMI de Educación tiene bajo su responsabilidad la ejecución de 3 medidas contenidas en 2 artículos del PDA, las cuales se encuentran vigentes en el periodo de evaluación.</p> <p>En lo que respecta, al artículo 69 que especifica en su letra e) la información oportuna de GEC a establecimientos educacionales, desde la SEREMI se indica que al comienzo del periodo GEC se envía un mail informativo a todos los establecimientos educacionales municipales, subvencionados y particulares, en donde se especifica el periodo desde el 01 de abril al 30 de septiembre como periodo GEC, se indica además que para los días en que se decreta episodio crítico (ALERTA, PREEMERGENCIA y EMERGENCIA) se faculta a la SEREMI de Educación a suspender las clases de educación física y actividades deportivas, tal como se especifica en el artículo 69 letra f). Para esta medida se tiene registro de cumplimiento para los años 2016, 2017 y 2019, indicándose que para el año 2018 no se realizó debido a la falta de personal a cargo de esta gestión.</p> <p>En relación al cumplimiento de la medida contenida en el artículo 71 que indica el desarrollo de un Programa de trabajo en educación formal, que aborde las temáticas de calidad del aire no se ha reportado cumplimiento de esta medida. Al respecto, la Seremi de Educación cuenta con un plan de orientaciones a los establecimientos educacionales para enfrentar el cumplimiento de los Objetivos de Aprendizaje de la asignatura de Educación Física y Salud con actividades de tipo teóricas en los días declarados episodios críticos en jardines infantiles, escuelas y Liceos de Temuco y Padre Las Casas, sin embargo, este plan de orientación no se ajusta a lo establecido en la medida contenida en el artículo 71 del PDA, que considera la generación de una estrategia de concientización sobre el Plan de Descontaminación Atmosférica, para las y los estudiantes de Temuco y Padre Las Casas; destacando a los Establecimientos Educacionales que releven la temática, implementando los contenidos en el aula sobre el reconocimiento, tratamiento y solución del problema, con asidero en las Bases Curriculares vigentes. Por otra parte, se indica la realización de un programa de Capacitación a profesores, directivos y centros de estudiantes en la temática de manejo y conservación de la calidad del aire, lo cual a en el periodo de evaluación no ha sido implementado.</p>		

Tabla 20. Ficha resumen reunión – SERNAC

Servicio		: SERNAC
Fecha de reunión	: martes 11 de agosto de 2020	
Asistentes Servicio	: Arturo Araya, Tatiana Liempi - SERNAC	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 13	Reporte mensual de leña seca
<u>Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:</u>		
<p>El SERNAC tiene competencia en una de las medidas contenidas en el PDA, correspondiente al artículo 13, que señala la elaboración de un reporte mensual de leña seca. Para el cumplimiento de esta medida, la SEREMI del Medio Ambiente realiza la visita a los comerciantes formales de leña, instancia en la cual se testea humedad y precio de leña y se elabora reporte de leñerías que cumplen con los requisitos de comercialización. Con estos resultados, se envía reporte a SERNAC para distribución y publicación. SERNAC por su parte, realiza 12 publicaciones del reporte mensual en el link regional del sitio web institucional <a href="http://www.sernac.cl">www.sernac.cl</a>, 12 publicaciones del reporte mensual en call center institucional 600 594 6000, 12 envíos del reporte mensual a través de un comunicado de prensa institucional a los medios de comunicación local, 12 entregas del reporte mensual a los usuarios en la plataforma de atención de público de la Dirección Regional. Distribuyendo por todos sus canales de difusión este reporte de leña seca. Para esto el servicio no cuenta con asignación directa de recursos.</p>		

Tabla 21. Ficha resumen reunión – SEREMI Medio Ambiente

Servicio		: SEREMI del Medio Ambiente Araucanía
Fecha de reunión	: viernes 14 de agosto de 2020	
Asistentes Servicio	: Rocío Toro Rodríguez - Paula Muñoz Sepúlveda - SEREMI del Medio Ambiente	
Asistentes de la consultora	: Sergio Dávila, Jasmine Bastidas, SICAM Ingeniería	
Medidas PDA vigentes a 2019		
Leña	Art. 13	Reporte mensual de leña seca
Calefactores	Art. 19	Elaboración de norma técnica para cocinas a leña
	Art. 20	Programa de mejoramiento tecnológico para cocinas
	Art. 21	Programa de recambio de cocinas (NO VIGENTE AL 2019)
	Art. 26	Programa de recambio de calefactores
	Art. 27	Oficina para el recambio de calefactores
	Art. 28	Sistema de registro de calefactores y cocinas a leña
Proy. Inmobiliarios	Art. 35	Estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.
	Art. 37	Programa de calefacción limpia y eficiente en el marco de la construcción sustentable
	Art. 38	Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo
Calderas	Art. 44	Registro de calderas de uso residencial (menor a 75 kWt)
	Art. 52	Estudios para diseñar un programa de control de emisiones industriales
	Art. 53	Ranking anual de desempeño industrial en la zona saturada
Compensación	Art. 58	Exigencia de compensación de emisiones de un 120% para proyectos en el SEIA que generen más de 0,5 ton/año de MP
	Art. 59	No incorporación de emisiones de la fase de construcción de proyectos SEIA, a la compensación de emisiones
	Art. 60	Exigencia de programa de compensación de emisiones para proyectos SEIA que deban compensar emisiones
	Art. 61	Características de un programa de compensación de emisiones
	Art. 62	Las compensaciones no sustituirán las exigencias impuestas en otras normativas vigentes ni se harán valer emisiones cedidas por actividades que igual deban cerrar
GEC	Art. 63	GEC para episodios de MP2,5 del 1º de abril al 30 de septiembre
	Art. 64	Seguimiento a la calidad de aire por MP10 y MP2,5, y meteorología. Información respecto a episodios críticos.
	Art. 65	Implementación sistema de pronóstico para MP10 y MP2,5
	Art. 66	Plan comunicacional de difusión a la ciudadanía, durante la GEC, informando calidad de aire, pronóstico para MP2,5 y medidas a implementar.
	Art. 67	Procedimiento para la declaración de un episodio crítico de MP2,5

	Art. 68	Las áreas urbanas de Temuco y Padre Las Casas se subdividirán en zonas territoriales de gestión de episodios, las cuales serán definidas cada año
Educación	Art. 70 a)	Desarrollo de una estrategia Comunicacional
	Art. 70 b)	Información expedita de calidad del aire y avances en el PDA
	Art. 70 c)	Cuenta pública anual relativa a los avances y logros del Plan.
	Art. 70 d)	Incorporación en el marco del SNCAE la temática de calidad del aire en los programas de trabajo.
	Art. 70 e)	Promoción, en el marco del FPA, el desarrollo de iniciativas de mejoramiento de calidad del aire en la zona saturada.
	Art. 72	Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.
	Art. 74	Jornadas de capacitación a líderes vecinales
Fiscalización	Art. 78	Programa y reporte anual de trabajo por parte de todas las Instituciones que tengan asociadas medidas en el PDA.
	Art. 79	Revisión y actualización del PDA en 5 años (NO VIGENTE AL AÑO 2019)
Medidas complementarias	Art. 80	Actualización del Inventario de Emisiones cada 3 años
	Art. 81	Determinación anual de los requerimientos asociados al cumplimiento de las medidas y actividades establecidas en el PDA, a fin de solicitar el financiamiento que asegure dicho cumplimiento.
	Art. 82	Promoción de la investigación y desarrollo en las áreas de mejoramiento tecnológico (sistemas de calefacción, eficiencia energética en las viviendas, etc.)
	Art. 84	Auditoría del PDA (no vigente al año 2019)
	Art. 85	Estudio para determinar la fracción de MP secundario en las concentraciones de MP <sub>2,5</sub> y MP <sub>10</sub> , y el aporte de los precursores en dicho material particulado secundario
	Art. 86	Derogación PDA MP10 (D.S. N°78, de 2009, de MINSEGPRES)

Observaciones respecto al cumplimiento de medidas por parte del servicio:

La SEREMI del Medio Ambiente posee un rol fundamental tanto en la implementación del PDA, así como en su rol de coordinadora respecto a los demás servicios con competencia. La SEREMI tiene a su cargo la ejecución de 38 medidas contenidas en 34 artículos, de los cuales 2 se encuentran no vigentes al año 2019 (Art. 21 Programa de Recambio de Cocinas a Leña y Art. 79 Revisión y actualización del PDA en 5 años).

De las medidas vigentes, en lo que respecta al sector de mejoramiento de leña, la SEREMI desarrolla el monitoreo de la calidad de la leña para la elaboración del reporte de leña seca que difunden en conjunto con SERNAC.

En lo que dice relación con el Mejoramiento de calefactores, la SEREMI trabaja en conjunto a otros servicios la temática del mejoramiento tecnológico de cocinas a leña, implementado estudios de base y levantamiento de información mediante financiamiento CORFO (art. 19). Encontrándose, además, a la fecha en etapa de Anteproyecto de la norma técnica de cocinas a leña elaborada por el INN (Art. 20).

Respecto al Programa de Recambio de Calefactores, en el periodo comprendido entre el 2015 y 2016 se cuenta con un recambio acumulando de 8.900 artefactos alcanzándose un 33,0% de la meta global, de los cuales 7.541 corresponden a tecnologías distintas a la leña, alcanzándose un 62,8% de la meta global. Esta medida plantea una meta del reemplazo de 27.000 calefactores en un plazo de 5 años, por lo que se establece que la medida se encuentra ejecutada, pero con retraso en su implementación.

En relación al sector de Proyectos Inmobiliarios el Ministerio licitó un estudio para diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda energética, teniendo como contraparte técnica a profesionales del MINVU y MinEnergía. Estudio finalizado en agosto de 2019 entregando resultados todas las zonas con PDA, según zona térmica (art. 35). Para la medida señalada en el artículo 37, los proyectos son financiados por CORFO y la SEREMI de Medio Ambiente está informada respecto a su ejecución, pero no tiene participación directa en su desarrollo. En lo referido al artículo 38, se cuenta con un estudio financiado por el MMA, con un costo de M\$14.200, denominado "Diseño y Evaluación del Sistema de Calefacción Distrital para conjunto Habitacional Nuevo en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas", el cual fue desarrollado con el apoyo de MINVU para un conjunto habitacional SERVIU.

Respecto al sector de Calderas, la SEREMI tiene a su cargo el Registro de Calderas de uso Residencial, lo cual fue asignado mediante DS N°26/2017, atribuyendo la responsabilidad a la SEREMI del Medio Ambiente y no a la SMA como estaba dispuesto originalmente en el PDA.

Respecto al artículo 52, está en proceso con las respectivas SEREMIS de Medio Ambiente y el Ministerio de Energía, definir las medidas del programa. Sumado a ello, es necesario indicar que el estudio: "Análisis de prefactibilidad técnica y económica para reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, a partir de medidas de eficiencia energética en el sector

industrial, institucional y público", realizado durante el año 2018, se utilizará como antecedente en base al cual se elaborará el mencionado programa. Finalmente, para dar cumplimiento al artículo 53, la SEREMI elabora anualmente un ranking anual de desempeño ambiental para las industrias de la zona saturada.

En relación a las medidas sobre compensación de emisiones, la SEREMI de Medio Ambiente tiene a su cargo, la exigencia del Programa de compensación para proyectos que superen los límites de emisión, así como las características de dicho Programa. En este sentido, la medida ha sido sumamente relevante en términos de su impacto en emisiones, no porque los proyectos compensen, sino porque los nuevos proyectos que ingresan al SEIA aplican medidas de reducción de emisiones de manera tal que evitan aportar emisiones a la zona saturada, producto de su aplicación. Tal es el caso de los proyectos del sector inmobiliario, que, de no existir esta medida, dejarían en manos de los usuarios las tecnologías de calefacción a instalar en la vivienda y según el nivel de penetración de la leña en el área de estudio, entendemos que la mayor parte se inclinaría por calefactores a leña. Sin embargo, para cumplir esta medida, y evitar realizar el plan de compensación de emisiones, los proyectos consideran tecnologías menos contaminantes y más eficientes como parte del diseño de la vivienda, registrados en el ingreso de 10 proyectos de este tipo entre los años 2016 y 2019, con un aporte de 3.163 viviendas que consideran el uso de calefactores a pellet, kerosene, gas y equipos eléctricos.

Respecto a las medidas asociadas a GEC, la SEREMI del Medio Ambiente tiene a su cargo, el seguimiento de la calidad del aire por MP10 y MP2,5 y condiciones meteorológicas, encargándose del procedimiento para declarar episodio crítico de contaminación por MP2,5, la ejecución del Plan comunicacional e informando las medidas de restricción que aplica a cada episodio. Respecto a la campaña comunicacional el año 2019 "Promoción del programa de calefacción sustentable en el marco del Plan de Descontaminación Atmosférica PDA de Temuco y Padre Las Casas, temporada 2019", con inversión de recursos GORE, tuvo como objetivo ejecutar una campaña para promover el programa de calefacción sustentable y el cumplimiento de las medidas del PDA orientadas a la reducción de las emisiones por combustión residencial de leña, a través de medios de difusión radiales, de televisión regional, RRSS, y acciones en terreno con apoyo de un carro educativo. En relación a su rol en fiscalización del PDA, la SEREMI solicita anualmente un informe de programación a todas las instituciones que tienen medidas a su cargo, a principio de año, y posteriormente se solicita un reporte del trabajo realizado, al finalizar el año.

En relación al cumplimiento de medidas complementarias, se ejecutan de manera oportuna. En este sentido se cuenta con un inventario de emisiones año base 2017, que actualiza el anterior inventario año base 2013. En base a lo establecido en el artículo 82, se han ejecutado importantes proyectos en el marco del mejoramiento de cocinas a leña, con el objeto de avanzar en la promoción de la investigación y desarrollo en el área de mejoramiento tecnológico, se ha apoyado los lineamientos técnicos el Programa de Desarrollo Tecnológico: "Mejoramiento de la eficiencia Energética de las cocinas a leña de Temuco" dirigido a fabricantes de cocinas (AFECMETAL), financiado por CORFO y ejecutado por la UFRO (Costo total de M\$40.000, con aporte de CORFO de M\$28.000.-). Además, en el proceso de elaboración de la Norma Chilena NCh3446 Cocinas domésticas de Leña - Requisitos y métodos de ensayo, se incorporó como parte del comité de Anteproyecto y como parte del Comité Técnico, a AFECMETAL (Asociación de Fabricantes de cocinas a leña) para acordar con ellos el contenido y alcances de la normativa, considerando los resultados obtenidos del Programa en desarrollo con la UFRO. En la temática de calefacción distrital, el MMA, tanto el nivel central como la Seremi Araucanía es parte de la mesa liderada por el Municipio de Temuco, que se encuentran trabajando en el proyecto que busca colaborar en el diseño y establecimiento de las bases, mecanismos y acciones que conduzcan al desarrollo orgánico de una infraestructura de energía distrital de impacto substancial en la ciudad de Temuco, con la consiguiente reducción de emisiones de material particulado, la cual debe considerar agua caliente sanitaria y calefacción (Iniciativa Global de Energía Distrital en Ciudades (*District Energy in Cities Initiative*)). Finalmente, como parte del cumplimiento de otra de las medidas complementarias (artículo 85), en junio de 2019 se licitó la ejecución del estudio "DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SECUNDARIO EN LAS CONCENTRACIONES DE MP2,5 Y MP10, APOORTE DE SUS PRECURSORES EN LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS" (ID: 608897 -27 --LP19), el cual tiene una duración de 12 meses, entregándose los resultados en abril de 2020, esto debido a que el estudio contempló una campaña de monitoreo de invierno y otra de verano. Concluyendo el análisis, la SEREMI del Medio Ambiente tiene participación en las medidas contenidas en 39 artículos, de los cuales solo 3 no se encuentran vigentes en el periodo de evaluación 2016-2019, artículos 21, 79 y 84. Acreditados en el cumplimiento de las medidas de su competencia, a excepción de la medida contenida en el artículo 26, correspondiente al Programa de Recambio de Calefactores que si bien se ejecuta cada año, se encuentra con retraso en su implementación respecto a la meta establecida en el PDA.

## 5.3 ACTIVIDAD 3). VERIFICACIÓN DE MEDIDAS ESTRUCTURALES

### 5.3.1 Verificación del Estado de Avance

#### Clasificación de las medidas estructurales

Del análisis del PDA se observa que las medidas se clasifican en torno a diferentes sectores regulados. De esta manera, la calefacción residencial se aborda mediante la regulación referida al mejoramiento de los artefactos, del mejoramiento de la calidad de la leña, del mejoramiento térmico de la vivienda y la regulación emisiones de viviendas y proyectos inmobiliarios. Otras fuentes se abordan mediante la regulación de emisiones al aire de calderas y otras fuentes, las quemas agrícolas y el control de emisiones del sector transporte. La descripción de cada regulación se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22. Descripción de los sectores identificados en la clasificación de medidas.

Regulación	Descripción
Uso y Mejoramiento de la Calidad de la Leña	<p><b>12 medidas: Art. 4 al Art. 15 del PDA</b></p> <p>Las medidas para este sector tienen relación con fortalecer al sector productivo en torno a promover la oferta de leña seca, además de prohibir la comercialización y consumo de leña húmeda.</p> <p>Por otra parte, establece reforzar la fiscalización por parte de los organismos competentes, considerando producción y comercialización.</p>
Mejoramiento de la eficiencia de los artefactos de combustión a leña	<p><b>13 medidas: Art. 16 al Art. 28 del PDA</b></p> <p>Las medidas para este sector se focalizan principalmente en la renovación del parque de calefactores a leña por nuevos artefactos, más eficientes y menos contaminantes. De igual manera, el PDA de Temuco y PLC incluye medidas para avanzar en el mejoramiento tecnológico de cocinas a leña.</p>
Mejoramiento de la Eficiencia Térmica de la Vivienda	<p><b>6 medidas: Art. 29 al Art. 34 del PDA</b></p> <p>Las medidas para este sector se focalizan principalmente en elevar las condiciones de eficiencia energética de las viviendas nuevas y existentes, mediante el aumento de las exigencias actuales de la ordenanza general de urbanismo y construcciones que aplica a la construcción de viviendas nuevas, y además, entregando subsidios de mejoramiento térmico para viviendas que hayan sido construidas con anterioridad a la entrada en vigencia de la reglamentación térmica de construcción.</p>
Emisiones de Viviendas y Proyectos Inmobiliarios	<p><b>4 medidas: Art. 35 al Art. 38 del PDA</b></p> <p>Las medidas para este sector se focalizan principalmente en el desarrollo de estudios para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda térmica en las zonas saturadas, y que en MINVU aplique estos resultados en la construcción de viviendas sociales. Además de promover programas de calefacción sustentable para el rubro de la construcción.</p>

Quemas agrícolas, forestales y domiciliarias	<b>4 medidas: Art. 39 al Art. 42 del PDA</b> Las medidas asociadas a este sector se focalizan en la restricción de fechas en las que se pueden ejecutar las quemas agrícolas en las zonas consideradas dentro del PDA. Por otra parte, busca promover alternativas al uso del fuego para el sector agrícola. Establece, además, la prohibición del uso del fuego para quemas al aire libre, de elementos como rastrojos, neumáticos o residuos en las zonas saturadas.
Emisiones al Aire de Calderas y Otras Fuentes Emisoras	<b>11 medidas: Art. 43 al Art. 53 del PDA</b> Las medidas asociadas a las fuentes puntuales están focalizadas en limitar las emisiones de gases y partículas, utilizando mediciones certificadas con una periodicidad variable de acuerdo al tipo de combustible en utilización y al tipo de equipo de combustión, estando las mejoras tecnológicas en función de los resultados obtenidos en los ensayos.
Control de Emisiones del Transporte	<b>4 medidas: Art. 54 al Art. 57 del PDA</b> Las medidas asociadas al sector transporte están vinculadas al reemplazo de buses, destacando plazos de intervención no superiores a 7 años. También se ha puesto énfasis en el ordenamiento y mejoras tecnológicas del transporte público.

Fuente: elaboración propia

Al observar las medidas según sector regulado, se encuentra que la mayoría de éstas se concentran en el mejoramiento de calidad de los artefactos con un 24%, seguido por el 22% de medidas asociadas al mejoramiento de la calidad de la leña, un 11% asociadas al mejoramiento térmico de viviendas y un 7% asociadas a proyectos inmobiliarios, con lo cual es posible establecer que el 65% de las medidas contenidas en el PDA, apunta a la reducción de los contaminantes provenientes de la combustión de leña a nivel residencial.

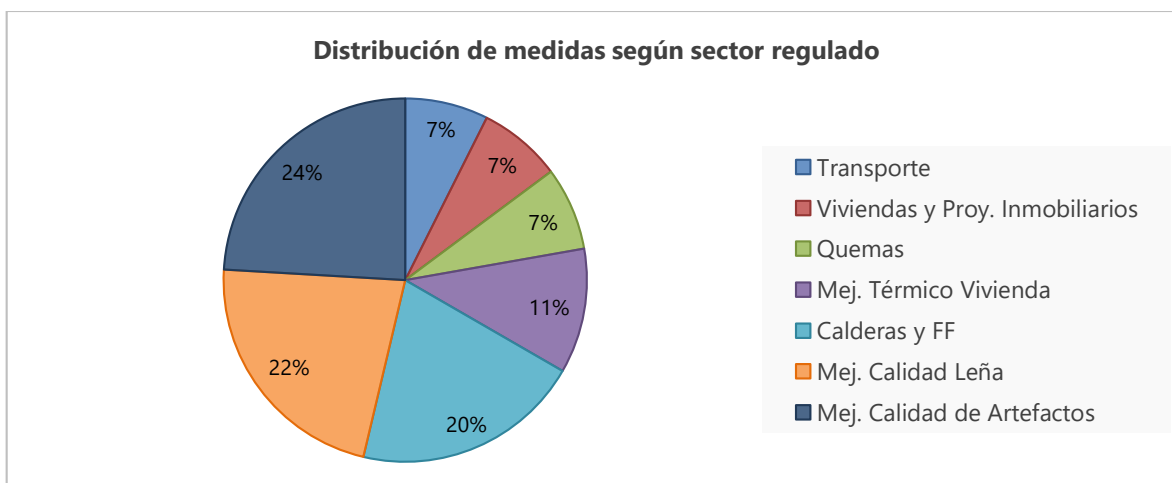


Figura 3. Distribución de medidas según sector regulado

Fuente: Elaboración propia

## Verificación de cumplimiento

Considerando el plazo de implementación del PDA, es posible observar que el 48% de las medidas contenidas en este Plan tienen entrada en vigencia inmediata, es decir desde noviembre de 2015. Al año 2019 se observa que el 94%<sup>2</sup> de las medidas ha entrado en ejecución, como porcentaje acumulado, quedando solo 6 medidas asignadas entre los años 2020 y 2023.

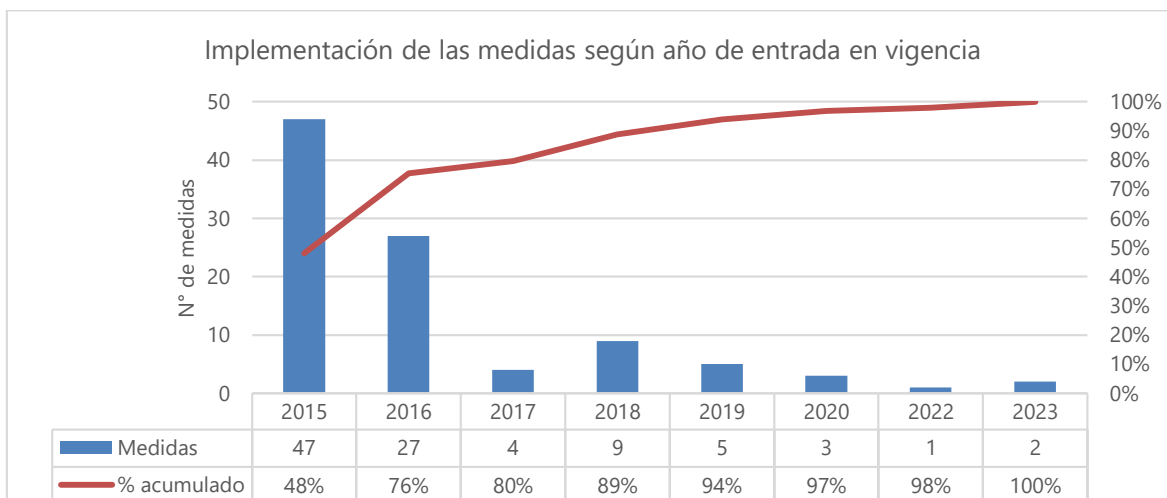


Figura 4. Distribución de medidas según plazo de cumplimiento.

Fuente: Elaboración propia

Las medidas posteriores al año 2019, corresponden a: Prohibición de toda estufa a leña que no cumpla norma de emisión -DS 39/2011 (11/2020); Prohibición de humos visibles (11/2020); Revisión y actualización del PDA en 5 años (11/2020); Exigencias orientadas a reducir las emisiones MP y NOx provenientes del sistema de transporte público en un 40% y 35% respectivamente (11/2022); Límites de emisión de SO<sub>2</sub> para calderas existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt. (01/2023) y Prohibición de cocinas que no cumplan norma técnica (01/2023).

Para las medidas vigentes al año 2019, la verificación del estado de cumplimiento se realizó en base a los indicadores propuestos por la SMA en sus Informes del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan De Descontaminación Atmosférica Por MP<sub>2,5</sub>, para las Comunas de Temuco y Padre Las Casas y de Actualización del PDA por MP<sub>10</sub> para las mismas Comunas, para los años 2016 a 2019. El detalle del nivel de cumplimiento por año se puede revisar en el Anexo 2. Estado de avance Medidas Estructurales del PDA y en la base de datos Anexo 1. Base de datos Reporte cumplimiento PDA.

<sup>2</sup> Con el propósito de cuantificar el avance del PDA, respecto de sus plazos de ejecución, para los artículos que consideran más de un plazo de entrada en vigencia, se consideró cada fecha como una medida diferente.

Tabla 23. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Leña Seca

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Exigencia de comercialización de leña seca	Art. 4.	SMA	Inmediato	Medida implementada	La medida es implementada por la SMA, en convenio con Municipalidad de PLC. Se cuenta con la información respecto a la cantidad de actividades de fiscalización, sin embargo, no se cuenta con registro del resultado de las fiscalizaciones, para determinar qué porcentaje del comercio cumple con la exigencia de comercialización de leña seca.
Exigencia de uso de xilohigrómetro en comercio de leña	Art. 5.	SMA	Inmediato	Medida implementada	La medida es parte de la pauta de fiscalización a comerciantes de leña, por lo tanto, se fiscaliza en conjunto con el artículo 4.
Registro de comerciantes de leña y permiso especial	Art. 6.	MUNICIPIOS-SMA	Inmediato	Medida implementada	El registro se encuentra implementado por parte de los 2 municipios.
Diseño de indicadores de energía calórica de la leña	Art. 7.	ENERGIA	12 meses (17.11.2016)	Medida implementada	La medida fue implementada mediante la ejecución de un estudio que determinó los indicadores de energía calórica y la elaboración de infografía.
Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría)	Art. 8.	SMA	6 meses (17.05.2016)	Medida no implementada	La medida no es parte de la pauta de fiscalización a comerciantes de leña, por lo tanto, no se exige por parte del municipio, ni de la SMA.
Exigencia de uso de leña seca	Art. 9.	SEREMI DE SALUD	Inmediato	Medida implementada	La exigencia de uso de leña seca es parte de la pauta de fiscalización de viviendas en periodo GEC de la SEREMI de Salud. Los resultados de las fiscalizaciones no se encuentran sistematizados, por lo tanto, no es posible establecer el indicador de cumplimiento.
Programa de apoyo a la producción de leña seca	Art. 10.	CONAF-INDAP	Inmediato	Medida implementada	La medida ha sido implementada para los años 2016, 2017 y 2018. Para el año 2019 el servicio no reporta la ejecución.
Operación de mesa de fiscalización forestal	Art. 11.	CONAF	Inmediato	Medida implementada	Se conformó la mesa de fiscalización forestal y se realizan al menos 2 reuniones anuales de coordinación. Además, se realizan actividades de fiscalización en donde participan diversos servicios: CONAF, SMA SII, Municipios, Carabineros.
Programas de fomento para la producción y comercialización de leña seca	Art. 12.	SEREMI ECONOMIA - CORFO - SERCOTEC	6 meses (17.05.2016)	Medida implementada	La medida es implementada. El servicio cuenta con financiamiento para programas asociados a producción y fomento de leña seca, mediante CORFO o SERCOTEC.
Reporte mensual de leña seca	Art. 13.	MMA - SERNAC	Inmediato	Medida implementada	Se realiza la visita a los comerciantes formales de leña. Se testea humedad y precio de leña y se elabora reporte de leñerías que cumplen con los requisitos de comercialización. Se envía reporte a SERNAC para distribución y publicación.
Desarrollo de una Política Nacional y Regional sobre Calefacción y Uso de la Leña.	Art. 14.	ENERGIA	Inmediato	Medida implementada	Las mesas regionales de calefacción fueron implementadas el año 2014. La política se desarrolló considerando las conclusiones de las mesas. Todos los años se reporta esta información como parte del cumplimiento de la medida.
Fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC	Art. 15.	SEREMI ECONOMIA - CORFO - SERCOTEC-GORE	Inmediato	Medida implementada parcialmente	Para el año 2018 no se reporta cumplimiento de la medida, ya que no se financiaron proyectos asociados a este artículo.

Tabla 24. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Calefactores

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Prohibición de chimeneas de hogar abierto y de quemar en estufas cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera.	Art. 16.1	SEREMI SALUD	Inmediato	Medida implementada	La pauta de fiscalización considera uso de leña húmeda, humos visibles, uso de calefactores prohibidos. Los resultados no están desagregados por medida o incumplimiento por lo tanto no es posible determinar el indicador de cumplimiento.
	Art. 16.2	SEREMI SALUD	Inmediato		
Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple	Art. 17	SEREMI DE SALUD	01-01-2018	Medida implementada	La pauta de fiscalización considera uso de leña húmeda, humos visibles, uso de calefactores prohibidos. Los resultados no están desagregados por medida, por lo tanto, no es posible determinar el indicador de cumplimiento.
Prohibición de toda estufa a leña que no cumpla norma de emisión -DS 39/2011	Art. 18	SEREMI DE SALUD	01-01-2020	Medida no vigente	No vigente al año 2019.
Elaboración de norma técnica para cocinas a leña	Art. 19	MMA	17-05-2018 (30 meses)	Medida implementada	A la fecha de evaluación del estudio, la medida se encuentra en ejecución, en la etapa de Anteproyecto de la norma.
Programa de mejoramiento tecnológico para cocinas	Art. 20	MMA-CORFO	17-05-2018 (30 meses)	Medida implementada	Estudio Antecedentes Cocinas, Medición Cocinas con fondos CORFO, implementación de Mesa Técnica.
Programa de recambio de cocinas	Art. 21	MMA	4 años (17.11.2019)	Medida no vigente al año 2019	No vigente al año 2019
Prohibición de cocinas que no cumplan norma técnica	Art. 22	SEREMI DE SALUD	01-01-2023	Medida no vigente al año 2019	No vigente al año 2019
Prohibición de humos visibles	Art. 23	SEREMI DE SALUD	17-11-2020 (5 años)	Medida no vigente al año 2019	No vigente al año 2019
Prohibición de calefactores a leña en establecimientos cuyo destino no sea habitacional	Art. 24	SMA	1° enero 2016	Medida implementada	La SMA reporta el cumplimiento de la medida mediante la declaración del número de fiscalizaciones a establecimientos con destino no habitacional (comercial y público). No se realiza el cálculo del indicador debido a que la programación de fiscalizaciones no se encuentra desagregada por medida.
Prohibición de calefactores a leña en organismos de la Administración del Estado.	Art. 25	SMA	17-11-2016 (12 meses)	Medida implementada	La SMA reporta el cumplimiento de la medida mediante la declaración del número de fiscalizaciones a establecimientos con destino no habitacional (comercial y público). No se realiza el cálculo del indicador debido a que la programación de fiscalizaciones no se encuentra desagregada por medida.
Recambio de calefactores a leña	Art. 26.1	SEREMI MA	Inmediato	Medida implementada con atraso en ejecución	Medida con retraso en la implementación. Se esperaba 27.000 en plazo de 5 años (año 2020). Al año 2019 acumula un total de 8.900 calefactores recambiados.
	Art. 26.2	SEREMI MA	Inmediato	Medida implementada con atraso en ejecución	Medida con retraso en la implementación. Se esperaba al menos 12.000 en plazo de 5 años (año 2020). Al año 2019 acumula un total de 7.541 calefactores distintos a leña.
	Art. 26.3	SEREMI MA	Inmediato	Medida implementada	El Ministerio del Medio Ambiente informa que existen requisitos específicos para los sistemas de calefacción y tipo de combustible incorporados en el programa de recambio
Oficina para el recambio de calefactores	Art. 27	MMA	17-05-2016 (6 meses)	Medida implementada	Oficina contratada y operativa para el desarrollo de actividades de apoyo a la implementación del PRC, tales como difusión, postulación, validación de antecedentes y seguimiento post-instalación.

Sistema de registro de calefactores y cocinas a leña.	Art. 28	MMA	17-11-2016 (12 meses)	Medida implementada	El Registro se encuentra operativo
---	---------	-----	--------------------------	---------------------	------------------------------------

Tabla 25. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Eficiencia térmica de la vivienda y proyectos inmobiliarios

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Programa de subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes	Art. 29	MINVU	Inmediato	Medida implementada	Hasta el año 2019 se han asignado 13.450 subsidios de Acondicionamiento Térmico PDA en la comuna de Temuco y 3.294 subsidios en la comuna de Padre Las Casas, alcanzando un acumulado de 16.744 en total, lo que corresponde a un 41,86% de la meta de 40.000 subsidios de este tipo en 10 años.
Programa de subsidio adicional para ampliaciones no regularizadas	Art. 30	MINVU	Inmediato	Medida implementada	Hasta el año 2019 se han asignado 9.033 subsidios adicionales para regularizar edificaciones en las comunas de Temuco y Padre Las Casas.
Norma de aislación térmica para mejoramiento térmico de viviendas existentes	Art. 31	MINVU	Inmediato	Medida implementada	SERVIU revisa los proyectos subsidiados y solicita el cumplimiento del D.S. N°8, al momento de evaluar los proyectos y fiscaliza la ejecución de éstos por medio un Supervisor asignado por obra. El servicio no reporta total de viviendas fiscalizadas que cumplen con los estándares sobre el total de viviendas por lo que no es posible calcular el indicador.
Norma de aislación térmica para viviendas nuevas	Art. 32	MINVU	12 meses (17.11.2016)	Medida implementada	SERVIU revisa los proyectos y solicita el cumplimiento del D.S. N°8, al momento de evaluar los proyectos y fiscaliza la ejecución de éstos por medio un Supervisor asignado por obra. El servicio no reporta total de viviendas fiscalizadas que cumplen con los estándares sobre el total de viviendas por lo que no es posible calcular el indicador.
Segunda etapa norma de aislación térmica para viviendas nuevas y existentes	Art. 33	MINVU	1° enero 2018	Medida implementada	SERVIU revisa los proyectos y solicita el cumplimiento del D.S. N°8, al momento de evaluar los proyectos y fiscaliza la ejecución de éstos por medio un Supervisor asignado por obra. El servicio no reporta total de viviendas fiscalizadas que cumplen con los estándares sobre el total de viviendas por lo que no es posible calcular el indicador.
Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda	Art. 34	MINVU	6 meses (17.05.2016)	No se reporta cumplimiento de la medida	Servicio no ha reportado cumplimiento de esta medida.
Estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.	Art. 35	MMA	18 meses (17.05.2017)	Medida implementada	Medida implementada. El MMA licitó el estudio, teniendo como contraparte técnica a profesionales del MINVU y MinEnergía. Estudio finalizado en agosto de 2019 entregando resultados todas las zonas con PDA, según zona térmica.
Aplicación de los resultados del estudio para la construcción de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.	Art. 36	MINVU	18 meses (17.05.2017)	<b>Medida no implementada</b>	Medida no implementada. El servicio no ha incorporado los resultados del estudio como parte de los requerimientos técnicos para la construcción de viviendas sociales.
Programa de calefacción limpia y eficiente en el marco	Art. 37	MMA-CORFO	12 meses (17.11.2016)	Medida implementada	Esta medida es implementada por CORFO mediante el financiamiento de proyectos del ámbito de calefacción limpia en el marco de la construcción sustentable. Este financiamiento se

de la construcción sustentable					realiza mediante los programas y líneas que posee CORFO. No existe una línea específica para proyectos PDA.
Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo	Art. 38	MMA-MINVU	3 años (17.11.2018)	Medida implementada	Estudio financiado por el MMA, con un costo de M\$14.200, denominado "Diseño y Evaluación del Sistema de Calefacción Distrital para conjunto Habitacional Nuevo en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas", el cual fue desarrollado con el apoyo de MINVU para un conjunto habitacional SERVIU. Los resultados de este quedaron en manos de MINVU/SERVIU Araucanía para evaluar su futura implementación y búsqueda de recursos. El rol de MINVU es de proporcionar información y servir de contraparte técnica para el estudio.

Tabla 26. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Quemias agrícolas

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Prohibición de quemias agrícolas del 1° de abril al 30 de septiembre	Art. 39	CONAF	Inmediato	Medida implementada	Todos los años se emite resolución que restringe el uso del fuego como quema controlada en terrenos agrícolas al periodo comprendido entre el 01 de abril y 30 de septiembre de cada año. Se indica número de fiscalizaciones, pero no se cuenta con información de cuántos incumplimientos se han encontrado, por lo tanto, no es posible obtener el indicador b). Las fiscalizaciones se realizan contra denuncia y a través de patrullajes periódicos.
Plan de difusión prohibición de quemias	Art. 40	CONAF - INDAP - SAG	Inmediato	Medida implementada	CONAF desarrolla el Plan de difusión de prohibición de quemias y realiza seminarios en la temática en conjunto con INDAP. No se reporta participación del SAG en esta medida.
Programa de buenas prácticas agrícolas	Art. 41	SEREMI DE AGRICULTURA	12 meses (17.11.2016)	Medida implementada	Existe el Programa de Buenas Prácticas Agrícolas. Sin embargo, el reemplazo del fuego como práctica agrícola es escasamente adoptado por parte de los agricultores principalmente por temas de costos, ya que es la práctica de menor costo.
Prohibición de quemias de todo tipo en zona urbana	Art. 42	SMA	Inmediato	Medida no implementada	En periodo 2016 se asigna como responsable a la SEREMI de Salud y Municipios, luego, en el periodo 2017, la SEREMI de Salud informó que esta medida no corresponde a su competencia, por lo que esta SMA derivó al Ministerio del Medio Ambiente el Ordinario N°1644 de fecha 11.07.2017, que trata sobre la regulación establecida en los planes urbanos, en ellos el de Temuco y Padre Las Casas, respecto de la quema de residuos, solicitando un pronunciamiento acerca de cuál es el servicio que le corresponde efectuar la fiscalización y sanción. En reunión con el Servicio se indica que no es de competencia de SMA y que según el PDA esta medida le correspondería a CONAF. Se constata entonces que no existe claridad respecto a qué Servicio le corresponde fiscalizar el cumplimiento de esta medida.

Tabla 27. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Calderas

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Límite de emisión y eficiencia para caldera nuevas con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt	Art. 43	SMA	Inmediato	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas. Sin embargo, no se registran fuentes nuevas para acreditar límites de emisión.
Registro de calderas de uso residencial (menor a 75 kWt)	Art. 44	SMA	3 meses (17.02.2016)	Medida implementada	Originalmente esta medida era de responsabilidad de la SMA y no fue ejecutada para el año 2016. El servicio indicó que se revisara la competencia de la SMA en esta medida. Se modificó mediante DS N°26/2017, atribuyendo la responsabilidad a la SEREMI del Medio Ambiente. Para el año 2017 y 2018 se cumple de manera parcial, aprobándose el procedimiento para el registro mediante resolución N°542 del 21.06.2018, sin embargo, no se crea el registro electrónico, pero este no es exigido en el nuevo decreto.
Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt	Art. 45	SMA	Nuevas: Inmediato Existentes: 3 años (17.11. 2018)	Medida implementada	Medida ejecutada en la fiscalización a fuentes fijas. Las cuales se desarrollan en función Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
Límites de emisión de SO2 para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt	Art. 46	SMA	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas. Sin embargo, no se registran fuentes nuevas para acreditar límites de emisión.
		SMA	Existentes. Enero 2019	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
		SMA	Existentes. Enero 2023	Medida no vigente al año 2019	Medida entra en vigencia el año 2023
Corrección de oxígeno de los valores medidos de emisión en chimenea	Art. 47	SMA	Desde aplicación del límite	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
Monitoreo continuo de emisiones para MP y SO2 para calderas con potencia térmica nominal por sobre 20 MWt	Art. 48	SMA	según corresponda	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
		SMA	según corresponda	Medida implementada	Medida implementada. SMA aprueba protocolo técnico para validación de CEMS
Monitoreo discreto de emisiones para MP y SO2 para calderas con potencia térmica nominal entre 75 kWt y 20 MWt	Art. 49	SMA	según corresponda	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
		SMA	según corresponda	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas. Sin embargo, no se registran fuentes nuevas para acreditar límites de emisión.
		SMA	según corresponda	Medida implementada	Medida implementada. SMA aprueba protocolo técnico aplicable a ETFAS

Límite de emisión de MP para procesos industriales nuevos y existentes	Art. 50	SMA	Existentes: 3 años (17.11.2018)	No se reporta cumplimiento de la medida	Los reportes de la SMA no hacen referencia al cumplimiento de este artículo.
		SMA	Nuevas: Inmediato	No se reporta cumplimiento de la medida	Los reportes de la SMA no hacen referencia al cumplimiento de este artículo.
Exigencias para grupos electrógeno con potencia mayor o igual a 20 kW	Art. 51	SMA	Existentes: 12 meses (17.11.2016)	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
		SMA	Nuevas: Inmediato	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
		SMA	Inmediato	Medida implementada	La medida se encuentra implementada y es fiscalizada por la SMA a fuentes fijas, y se realiza según lo establecido en el Programa y Subprogramas de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación.
Estudios para diseñar un programa de control de emisiones industriales	Art. 52	MMA	Inmediato	Medida implementada parcialmente	Está en proceso con las respectivas SEREMIS y el Ministerio de Energía, definir las medidas del programa. Sumado a ello, es necesario indicar que el estudio: "Análisis de prefactibilidad técnica y económica para reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, a partir de medidas de eficiencia energética en el sector industrial, institucional y público", realizado durante el año 2018, se utilizará como antecedente en base al cual se elaborará el mencionado programa.
Ranking anual de desempeño industrial en la zona saturada	Art. 53	MMA	3 años (17.11.2018)	Medida implementada	Medida ejecutada. Se han elaborado 2 ranking de desempeño ambiental para establecimientos industriales en la zona saturada.

Tabla 28. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Transporte

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Programa de Renovación de Buses y proyectos de Mejoramiento del Transporte Público	Art. 54	SEREMI de Transportes - GORE	Inmediato	Medida implementada	Desde el inicio del Programa se han llevado a efecto 5 llamados en los que se han renovado 527 buses de Temuco y Padre Las Casas. La inversión total del Programa a la fecha es de \$7.256.560.000. Este Programa se ejecuta de manera regional mediante el DFL 44, pero el total de 527 buses corresponde solo a las comunas de la zona saturada.
Exigencias orientadas a reducir las emisiones MP y NOx provenientes del sistema de transporte público en un 40% y 35% respectivamente.	Art. 55	SEREMI de Transportes	7 años (17.11.2022)	Medida implementada parcialmente	Medida ejecutada en cuanto a la implementación de medidas de ordenamiento gestión y mejoras tecnológicas en el transporte público de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. La SMA estableció 3 indicadores de cumplimiento, para esta medida, a) Definir iniciativas orientadas a reducir emisiones de MP y NOx del transporte público; b) Implementar iniciativas orientadas a reducir emisiones de MP y NOx provenientes del sistema de transporte público y c) Evaluar iniciativas implementadas respecto a reducción de emisiones, quedando este último indicador pendiente de implementar.

Implementación de la primera fase del ASM ( <i>Acceleration Simulation Mode</i> ) de manera de hacer efectiva la aplicación de la Norma de emisión de NO, HC y CO	Art. 56	SEREMI de Transportes	18 meses (17.05.2017)	Medida implementada	Las licitaciones Nuevas de Plantas de Revisión Técnica operativas contemplan el equipamiento necesario para la medición de estos parámetros. Se encuentra cumplido este compromiso. Toda licitación de nueva planta o relicitación de existentes, considerarán los nuevos estándares de operación.
Aumento de la cobertura de los controles de opacidad del 10% al 45% del parque operativo de buses urbanos	Art. 57	SEREMI de Transportes	1° enero 2016	Medida implementada	Se desarrollaron controles de opacidad, alcanzando sobre el 60% todos los años de implementación de la medida. Superando la meta propuesta que era de 45% del parque de buses urbanos.

### 5.3.2 Estimación de Reducción de Emisiones Sector Emisiones Residenciales

La implementación del PDA tiene como principal objetivo lograr una reducción en la generación de emisiones atmosféricas en el área de la zona saturada, y a través de ello, lograr una reducción en las concentraciones de MP2,5 en el aire ambiente. De lo anterior, es que resulta relevante poder determinar, en primer lugar, si ha ocurrido una disminución en las emisiones generadas, y luego, poder establecer una relación entre esta reducción y las medidas implementadas.

En términos prácticos, esta evaluación de impacto se realiza mediante estimaciones basadas en la aplicación de una ecuación de cálculo de emisiones, que, a su vez, corresponde al producto entre el nivel de actividad de la fuente con un factor de emisión del contaminante específico.

$$E_{ij} = \text{Nivel de actividad}_j \times FE_j$$

Donde:

- $E_{ij}$  : Emisión [gr/año] del contaminante i por la fuente emisora j.
- $\text{Nivel de actividad}_j$  : Nivel de actividad de la fuente emisora j.
- $FE_j$  : Factor de emisión de la contaminante i para la fuente emisora j

La reducción de emisiones por la implementación de las medidas se estima como un delta ( $\Delta E$ ), entre las emisiones de línea de base establecidas en el Plan ( $E_0$ ) y las emisiones estimadas luego de la implementación de las medidas ( $E_f$ ), tal como se presenta a continuación.

$$\Delta E = E_0 - E_f$$

Así, las emisiones de la línea de base se estiman a partir de niveles de actividad y factores de emisión establecidos.

$$E_0 = FE_0 \cdot NA_0$$

La implementación de las medidas contenidas en el Plan, impactan en el nivel de actividad y en los factores de emisión, según la fuente que se está regulando y para estimar la emisión asociada a este escenario, se debe considerar la efectividad de la medida (*Efect*).

$$E_f = FE_f \cdot NA_f \cdot Efect$$

Es necesario tener en cuenta que, tanto los FE como el nivel de actividad no son estáticos y varían durante el horizonte de tiempo según la entrada en vigencia de las medidas y regulaciones impuestas por el Plan.

### Antecedentes previos.

Antes de la implementación del PDA, se realizó una evaluación similar para proyectar el potencial impacto asociado a cada una de las medidas en el horizonte de tiempo de su ejecución. En la Figura 5 se presenta la reducción estimada de concentración atmosférica de MP2,5, en su métrica diaria. Notar que, en ausencia del PDA, la sola proyección del escenario base permite una reducción en la concentración diaria de MP2,5, y que, en un escenario con PDA, medidas como el recambio de calefactores y de características térmicas de la vivienda muestran un impacto significativo en mejoras de la calidad del aire. En su conjunto, se proyectó que la implementación de las diferentes medidas permitiría alcanzar una reducción en la concentración de MP2,5 en un factor de más de 4 veces.

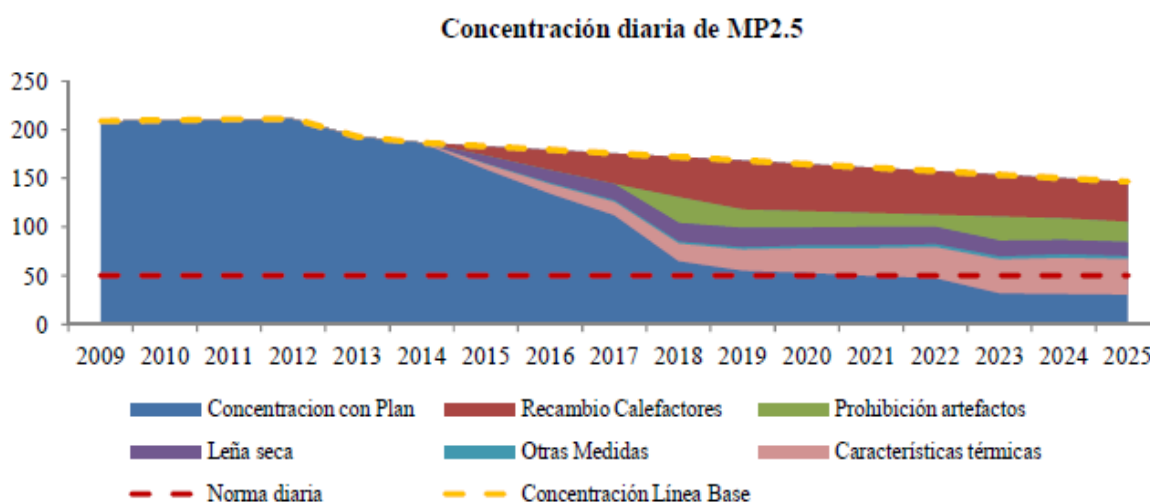


Figura 5. Evolución de concentración diaria de MP2,5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], para línea base y reducción medidas.

Fuente: AGIES PDA MP2,5 TPLC, 2014.

## Medidas estructurales

En el presente apartado, se determina y evalúa el impacto asociado a la implementación efectivamente desarrollada, en el periodo 2015-2019, del PDA para Temuco y Padre Las Casas, y sus medidas más relevantes. Se presenta la metodología utilizada y los resultados obtenidos. De igual manera, se hace referencia a los anexos que acompañan el informe que contienen información detallada de las bases de cálculo y los supuestos utilizados.

Según lo indicado, para poder dimensionar el impacto asociado al avance en la implementación real del PDA, se debe construir o proyectar un escenario de línea base sin PDA. Este escenario permite observar el comportamiento que hubiesen tenido los distintos elementos que caracterizan al sector residencial, en relación al uso de leña y sus artefactos de combustión, si no se hubiese implementado este Plan.

## Estimación de emisiones - Escenario PDA

A continuación, se presentan alcances asociados al escenario de implementación del PDA de Temuco y Padre Las Casas, en el periodo 2015-2019. Se debe tener presente que el escenario PDA corresponde a la situación real, por lo que los alcances proyectados han sido configurados a partir de la evidencia observada. Para la evaluación de este escenario se consideró la implementación de 7 medidas relacionadas al sector residencial contenidas en el PDA, a saber:

Tabla 29. Medidas consideradas para evaluar el impacto en el sector residencial del escenario PDA

ID	Medida	Descripción
M1	Subsidio al mejoramiento térmico de viviendas	Corresponde a la entrega de subsidios de mejoramiento térmico de viviendas existentes. La medida apunta a reducir la demanda energética de las viviendas, lo que se traduce en un menor consumo de leña, o en su defecto, la posibilidad de migrar a otro combustible. Las medidas de mejoramiento térmico se han venido implementando ya con en la PDA MP10, e incluso desde antes, no obstante, se establecen nuevos parámetros para el alcance de la medida, y se define una meta de cumplimiento de al menos 4.000 subsidios anuales, por un periodo de 10 años, entre los años 2015-2024.
M2	Mejoramiento de la calidad de la leña. Art. 4 y Art. 9 del PDA MP2,5 de TPLC	Establece, por una parte, que solo se permitirá la comercialización de leña seca, y por otra, que en las viviendas solo se podrá usar leña seca, configurando entre ambas, que la leña utilizada en los artefactos de combustión residencial debe encontrarse seca.
M3	Programa de recambio de calefactores	El PDA MP2,5 TPLC busca mejorar la calidad de los artefactos en la zona saturada, mediante la renovación de la totalidad del parque de artefactos en uso, reemplazando viejas tecnologías, por sistemas más eficientes y menos contaminantes.  Esta medida contempla un programa de recambio voluntario de calefactores (PRC), con financiamiento público, para impulsar esta

		renovación. En efecto, la medida establece la implementación de un PRC para el reemplazo de 27.000 en uso en el periodo 2015-2019.
M4	Mejoramiento de calefactores por iniciativas particulares	Corresponde a renovación de los sistemas de calefacción, por parte de usuarios que no adjudican el PRC con subsidio estatal. Aglutina a usuarios que adoptan el cambio a partir de medidas restrictivas para ciertas tecnologías, o que bien, adoptan un cambio a partir de las nuevas alternativas que ofrece el mercado, en un contexto de evolución tecnológica. Contribuyendo indirectamente a los objetivos del PDA MP2,5 TPLC.
M5	Mejores hábitos de operación del artefacto	Corresponde a una medida que busca abandonar las malas prácticas en la operación de los artefactos de combustión de leña, que derivan en altas tasas de emisión. En términos sencillos, se asocia a la práctica de ahogar la cámara de combustión, para prolongar la duración de la carga de leña (cierre de tiraje).
M6	Mejoramiento de artefactos mediante implementación de proyectos SEIA.	Corresponde, básicamente, a proyectos inmobiliarios de viviendas nuevas que, en el marco de la evaluación ambiental, y para evitar someterse a un programa de compensación de emisiones, consideran la entrega de la vivienda con un sistema de calefacción eficiente, de combustible diferente a leña, ya instalado.
M7	Norma térmica de construcción (viviendas nuevas).	Corresponde a los nuevos estándares de construcción para viviendas nuevas, aplicado en doble instancia, para proyectos con permiso de construcción a partir del año 2016 y 2018, respectivamente. Implica una reducción de la demanda energética, que se traduce en un ahorro en el consumo de leña de aproximadamente un 30% respecto del caso base.

Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, se establece una metodología para determinar el stock de artefactos en uso en el periodo 2014-2019, de los cuales, el año 2014 correspondería al año base, y el periodo 2015-2019, los años de implementación del PDA. Para lo anterior, se utiliza como referencia principal, los antecedentes disponibles en la actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Temuco y Padre Las Casas, del año base 2017. Luego, de manera retrospectiva, y haciendo uso de las diferentes fuentes de información disponibles, principalmente, a partir del universo de viviendas tipo casa, la penetración del uso de leña, y el número de recambios realizados a través del programa de recambio de calefactores (PRC) se logra establecer el stock de artefactos en uso para los años 2014, 2015 y 2016. Por otra parte, y siguiendo el mismo patrón asociada a la evolución tecnológica, se establece el stock de artefactos en uso para los años 2018 y 2019, con lo cual se completa el periodo en evaluación.

En la Tabla 30 se presenta, para el periodo 2014 – 2019, una proyección del stock de artefactos de combustión residencial de biomasa en uso, que caracterizan el escenario PDA, a partir del cual se derivan alcances referidos al consumo anual de leña, y evidentemente, de sus emisiones de MP2,5.

Tabla 30. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo – Esc. PDA.

Artefacto	Año base	Periodo de implementación del PDA MP2,5 TPLC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cocina a Leña	17.855	17.598	17.075	16.589	15.772	14.923
Salamandra	2.179	2.085	1.855	1.584	1.547	1.344
Combustión Lenta S/T	16.782	16.228	15.055	14.073	12.842	12.035
Combustión Lenta C/T	44.330	43.783	42.742	41.474	40.550	39.505
Chimenea y otras	1.147	1.047	941	839	800	649
Calefactor certificado	584	2.222	4.256	6.058	7.644	8.602
TOTAL ART. USAN LEÑA	82.876	82.963	81.926	80.618	79.155	77.058
TOTAL ART. USAN PELLETT	402	1.091	2.446	4.178	6.323	8.988

1. Año base 2014. Corresponde al año inmediatamente anterior a la implementación del PDA MP2,5.

2. Se establece, para todo el periodo 2014-2019, una proyección del total de artefactos en uso por año, basado en el universo de viviendas y la penetración asociada al uso de leña. La distribución según tecnología es variable.

3. Los datos del año 2017 corresponden a los definidos en el inventario de emisiones de dicho año. Luego, se proyecta el stock hacia años anteriores (2014, 2015 y 2016), y posteriores (2018 y 2019), según diferentes antecedentes disponibles.

Fuente: elaboración propia.

De lo presentado, se puede observar, para el periodo evaluado, una reducción en el stock de artefactos que combustionan leña, aun cuando previamente observamos un aumento en el parque de viviendas. Esta reducción se hace evidente para los artefactos tipo cocina, salamandra, combustión lenta y chimeneas de hogar abierto, aun cuando se observa un aumento en el número de calefactores a leña certificados. Lo más significativo resulta ser el importante incremento en el número de calefactores a pellet, alcanzando cerca del 10% del stock total de artefactos residenciales. Esto es un indicador claro de la evolución que está experimentando el sector.

En consecuencia, con lo anterior, esto es, con la variación en el parque de artefactos en uso, se observa, para el periodo de implementación del PDA para Temuco y Padre Las Casas (2015-2019), una variación a la baja en el consumo de leña, cercana al 11%, aproximadamente.

Tabla 31. Consumo total de leña y pellet por tipo de artefacto (m<sup>3</sup> st) – Escenario PDA

Artefacto	Año Base	Periodo de implementación del PDA MP2,5 TPLC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cocina a Leña	134.712	132.133	127.201	122.102	117.341	110.423
Salamandra	16.437	15.654	13.818	11.654	11.516	9.967
Combustión Lenta S/T	126.561	121.799	112.115	103.544	95.605	89.172
Combustión Lenta C/T	334.257	328.548	318.233	305.099	295.006	283.346
Chimenea y otras	8.646	7.853	7.007	6.169	5.956	4.816
Calefactor certificado	3.955	14.986	28.504	40.082	51.223	57.368
TOTAL CONSUMO LEÑA (m <sup>3</sup> )	624.567	620.973	606.877	588.652	576.647	555.093
TOTAL CONSUMO PELLETT (Ton)	482	1.309	2.935	5.013	7.587	10.786

1. Considera el impacto asociado a una menor demanda energética para calefaccionar viviendas, derivado de: subsidios de mejoramiento térmico (de un 21% para subsidios hasta el año 2017 y de un 30% para subsidios desde el año 2018); norma térmica de viviendas nuevas (ocupadas a partir del año 2018).

2. Considera mayor eficiencia de los calefactores certificados, lo que se refleja en un ahorro de un 10% respecto del consumo promedio de leña para otras tecnologías.

Fuente: elaboración propia.

Respecto de este alcance, corresponde señalar que no solo impacta el menor número de calefactores a leña en uso, sino que también una menor demanda de energía, en este caso a leña, que obedece a los mejores estándares de construcción de viviendas y a la entrega de subsidios de mejoramiento térmico para viviendas existentes, ambas medidas que han sido implementadas a través del PDA.

Finalmente, en la Tabla 32, se presenta el indicador más relevante para evaluar la implementación del PDA, correspondiente a las emisiones de MP2,5. Para su estimación, se consideró la interacción de 7 medidas implementadas a través del Plan indicadas previamente.

Tabla 32. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – Escenario PDA

Artefacto	Año base	Periodo de implementación del PDA MP2,5 TPLC				
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cocina a Leña	798	765	717	670	612	552
Salamandra	152	142	121	99	92	76
Combustión Lenta S/T	858	803	718	643	561	500
Combustión Lenta C/T	1.652	1.584	1.494	1.391	1.304	1.209
Chimenea y otras	62	55	48	41	37	29
Calefactor certificado	12	43	80	108	131	139
Calefactor pellet	1	2	5	9	13	19
<b>TOTAL</b>	<b>3.534</b>	<b>3.394</b>	<b>3.183</b>	<b>2.961</b>	<b>2.750</b>	<b>2.524</b>

1. Las variables utilizadas en la ecuación de cálculo corresponden a consumo de leña y su distribución de calidad, distribución del tipo de leña (40% nativa y 60% exótica), densidades según tipo de leña y humedad, prácticas de operación de los artefactos, y factores de emisión según tipo de artefactos, calidad de leña y prácticas de operación.

2. Considera la entrega de 16.744 subsidios de mejoramiento térmico a viviendas existentes, con una reducción estimada del consumo de leña, entre un 20% y un 30%.

3. Considera un mayor uso de leña seca, pasando de un 22% el año base, a un 41% el año 2019.

4. Considera el recambio de 8.748 calefactores a leña, de los cuales 7.437 corresponden a calefactores que usan un combustible distinto a la leña (85%).

5. Considera una adopción de la población, de forma particular, a medidas referidas a la renovación de artefactos a leña de baja eficiencia (principalmente, renovación por calefactores certificados, en tecnología leña y pellet).

6. Considera el abandono gradual a las malas prácticas de operación, pasando de un 32,9% de mala operación en 2014, a un 27,1% de mala operación en 2019.

7. Considera el ingreso, en viviendas nuevas, de sistemas de calefacción que utilizan combustible diferente a la leña, mediante proyectos evaluados en el SEIA.

8. Considera nuevos estándares de construcción para viviendas nuevas (habitadas a partir del año 2018), a los cuales se asocia una reducción en la demanda de leña de un 30%.

Fuente: elaboración propia.

Se observa, para las emisiones de MP2,5, una tendencia sostenida a la baja, acumulando al quinto año de implementación de medidas, una reducción del 28,6%, respecto al año base 2014.

### Estimación de emisiones – Escenario Línea Base

Luego, como se indicó previamente, para poder dimensionar el impacto de las medidas implementadas a través del PDA, se debe saber cuál habría sido la dinámica en ausencia de éste, lo que corresponde al escenario línea base. Este escenario muestra el comportamiento

que hubiesen tenido los distintos elementos que caracterizan al sector residencial, en relación al uso de leña y sus artefactos de combustión, si no se hubiese implementado el PDA de Temuco y Padre Las Casas. Se debe tener presente que el escenario línea base corresponde a una proyección hipotética ya que la realidad es que durante los últimos 5 años si hubo PDA.

En primer lugar, se definieron las condiciones que configuran el escenario base para el uso de artefactos de combustión residencial de leña.

Tabla 33. Condiciones que configuran el escenario base de combustión residencial de leña en Temuco y Padre Las Casas, periodo 2014-2019.

Año	Viv. Tipo casa que usan Leña	Consumo promedio	Operación artefactos	Calidad de la leña
2014-2019	85% (Temuco y PLC)	8 m3 st (Temuco y PLC)	32,9% Mala operación (Temuco y PLC)	Leña seca: 22% Leña húmeda: 78% (Temuco y PLC)

Fuente: elaboración propia a partir de antecedentes Inv. Emisiones Temuco y Padre Las Casas, año 2013 y año 2017.

A partir de todo lo que se conoce del escenario real, y el avance en la implementación de medidas, resulta más adecuado elaborar una proyección de la línea base, dentro de los parámetros más realistas posible.

De esta manera, se proyectó aspectos referidos al stock de artefactos de combustión residencial de leña en uso, el consumo anual de leña con distribución de calidad, y las emisiones de MP2,5, como se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 34. Número de artefactos de combustión residencial de leña y pellet, por Tipo – Línea Base.

Artefacto	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cocina a Leña	17.855	18.052	18.251	18.431	18.634	18.840
Salamandra	2.179	2.092	2.008	1.928	1.851	1.777
Combustión Lenta S/T	16.782	16.111	15.466	14.848	14.254	13.683
Combustión Lenta C/T	44.330	42.557	40.854	39.220	37.651	36.145
Chimenea y otras	1.147	1.101	1.057	1.014	974	935
Calefactor certificado	584	3.668	6.712	9.594	12.468	15.263
TOTAL ART. USAN LEÑA	82.876	83.580	84.348	85.035	85.832	86.643
TOTAL ART. USAN PELLETT	402	616	776	928	1.079	1.226

1. Los resultados del año 2014 son similares a los presentados para el escenario PDA, ya que corresponden al año base, común, a ambos escenarios.

2. Para el periodo 2015-2019, se realiza una proyección basada en el recambio natural, de un 4%, adoptado por los usuarios.

3. Respecto de los artefactos renovados anualmente, el 5% corresponde a calefactores a pellet, mientras que el 95% por calefactores a leña certificados.

Fuente: elaboración propia

De lo presentado, se puede observar un aumento en el número de artefactos residenciales que utilizan leña, pasando de aproximadamente 83.000 artefactos el año base 2014, previo a la implementación del PDA, hasta alcanzar un número cercano a las 87.000 unidades el año 2019. Sumado a ello, se incrementa, al triple el número de calefactores que utilizan pellet como combustible, desde 402 unidades el año 2014, hasta alcanzar las 1.226 unidades el año 2019. De esta manera, el número total de artefactos residenciales que utilizan biomasa como combustible, aumenta en aproximadamente un 5% durante el periodo 2014-2019, proporcional al aumento del parque de viviendas tipo casa.

Respecto de este alcance, corresponde señalar que la única variable incorporada corresponde a la implementación de la norma para la certificación de calefactores a leña, que les demanda mejores prestaciones en rendimiento y emisiones, la cual entró en vigencia el mes de octubre del año 2014, y que regula en territorio nacional, la producción y comercialización de calefactores a leña. En atención a esto último, la renovación natural del parque de calefactores en uso deriva en la incorporación de una nueva tipología de artefactos, los calefactores a leña certificados, cuyo aumento sostenido contrasta con la reducción observada para otras tipologías.

En consecuencia, con lo anterior, esto es, con el aumento del número de artefactos de combustión residencial de leña, se observa, para el periodo evaluado, 2014-2019, un incremento en el consumo de este energético, en aproximadamente un 3%.

Tabla 35. Consumo total de leña y pellet por tipo de artefacto (m<sup>3</sup> estéreos) - Línea Base.

Artefacto	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cocina a Leña	134.712	136.197	137.699	139.055	140.589	142.139
Salamandra	16.437	15.780	15.148	14.542	13.961	13.402
Combustión Lenta S/T	126.561	121.499	116.639	111.973	107.495	103.195
Combustión Lenta C/T	334.257	320.886	308.051	295.729	283.900	272.544
Chimenea y otras	8.646	8.300	7.968	7.650	7.344	7.050
Calefactor certificado	3.955	24.889	45.543	65.104	84.607	103.574
<b>TOTAL CONSUMO LEÑA (m3)</b>	<b>624.567</b>	<b>627.551</b>	<b>631.049</b>	<b>634.054</b>	<b>637.894</b>	<b>641.904</b>
<b>TOTAL CONSUMO PELLETT (Ton)</b>	<b>482</b>	<b>739</b>	<b>932</b>	<b>1.114</b>	<b>1.295</b>	<b>1.472</b>

1. Los resultados del año 2014 son similares a los presentados para el escenario PDA, ya que corresponden al año base, común, a ambos escenarios.

2. Para el periodo 2015-2019, se considera un consumo promedio de 8,0 m3 por vivienda.

3. Se considera que el consumo promedio de leña de los calefactores certificados es un 10% inferior a los artefactos convencionales.

Fuente: elaboración propia

Finalmente, y en relación a las emisiones de MP2,5, se observa una leve disminución, cercana al 5%. Esto último, no deja de ser importante, toda vez que, si bien hay un aumento en el número de artefactos, así como en el consumo total de leña, las emisiones registran una

disminución, lo cual está asociado a los menores factores de emisión vinculados a los calefactores a leña certificados.

Tabla 36. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – Línea Base.

Artefacto	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cocina a Leña	798	806	815	823	832	842
Salamandra	152	146	140	135	129	124
Combustión Lenta S/T	858	823	790	759	728	699
Combustión Lenta C/T	1.652	1.586	1.522	1.461	1.403	1.347
Chimenea y otras	62	60	58	55	53	51
Calefactor certificado	12	73	134	191	248	304
Calefactor pellet	1	1	2	2	2	3
<b>TOTAL</b>	<b>3.534</b>	<b>3.496</b>	<b>3.461</b>	<b>3.426</b>	<b>3.396</b>	<b>3.369</b>

1. Los resultados del año 2014 son similares a los presentados para el escenario PDA, ya que corresponden al año base, común, a ambos escenarios.

2. Las variables utilizadas en la ecuación de cálculo corresponden a consumo de leña y su distribución de calidad, distribución del tipo de leña (40% nativa y 60% exótica), densidades según tipo de leña y humedad, prácticas de operación de los artefactos, y factores de emisión según tipo de artefactos, calidad de leña y prácticas de operación.

Fuente: elaboración propia.

## Reducción de emisiones según medidas evaluadas – Escenario PDA

A continuación, se presenta el impacto en la reducción de emisiones asociado a las medidas implementadas para el sector residencial, a través del PDA, y que fueron nombradas previamente. Se presentan los alcances asociados a cada una de ellas utilizados en la evaluación. Señalar que, para medir el impacto de cada medida, en el cálculo, se dejan constante todos los alcances que definen la implementación del PDA y se modifica o se eliminan los alcances de la medida en evaluación, así, la diferencia en emisiones se atribuye a dicha medida.

Al observar la tabla, se destaca una reducción de 1.104,7 Ton MP2,5, que equivalen a una reducción del 30,7% del ESCENARIO PDA respecto del ESCENARIO LÍNEA BASE, cuando actúan todas las medidas del sector residencial. Luego, la medida que presenta un mayor aporte a lograr esta reducción corresponde al uso de mejores prácticas de operación de sus artefactos por parte de los usuarios, con un 31,4%. Esto se logra, cuando se evita cerrar el tiraje para ahogar el proceso de combustión.

Luego, le sigue el programa de recambio de calefactores, con un aporte del 27,1%, al contribuir en la renovación y modernización el parque de calefactores.

Le sigue la medida de uso de leña seca, con un aporte del 22,5%, lo cual se logra cuando se pasa de un 22% a un 41% de usuarios usando leña seca.

Tabla 37. Reducción de emisiones MP2,5 (Ton/año) según medida – Esc. PDA.

PDA	2014	2015	2016	2017	2018	2019	% RED.
ESCENARIO LÍNEA BASE	3.534	3.496	3.461	3.426	3.396	3.369	--
ESCENARIO PDA MP2,5	3.534	3.394	3.183	2.961	2.750	2.524	1.010
Mejoramiento térmico viviendas existentes		16	41	73	90	111	11,0%
Uso de leña seca		35	74	114	155	197	19,5%
Programa recambio calefactores		26	101	168	230	292	28,9%
Mejoramiento calefactores particulares		28	62	96	127	145	14,4%
Mejores prácticas de operación		50	96	138	174	207	20,5%
Mejoramiento calefactores SEIA		-	-	-	3	8	0,8%
Norma Térmica viviendas nuevas		-	-	-	9	17	1,7%

Fuente: elaboración propia.

Para entender la tabla se debe considerar que:

- Las emisiones del ESCENARIO LÍNEA BASE, corresponden a las emisiones proyectadas en ausencia de PDA MP2,5 TPLC.
- Las emisiones del ESCENARIO PDA, corresponden a las emisiones estimadas para el escenario real, con el avance de las medidas implementadas a la fecha para el sector residencial.
- Cada una de las medidas se evalúa a partir del escenario PDA. En efecto, para el cálculo se deja constante todas las variables usadas para evaluar el escenario PDA y se modifica únicamente los alcances de la medida en evaluación, así, la diferencia observada corresponde al aporte o impacto directo de la medida.

### 5.3.3 Estimación de Reducción de Emisiones Sector Transporte

El capítulo IV del PDA aborda medidas asociadas al sector transporte. Específicamente, el artículo 54 establece la medida que indica un Programa de Renovación de Buses, que contempla una meta de 500 buses en un periodo de 7 años, en la zona saturada. Se observó que al año 2019 se han recambiado un total acumulado de 527 buses. Considerando este número de vehículos, es posible establecer una reducción de emisiones asociada a la implementación de la medida. Para estimar esta reducción se consideró calcular las emisiones que emitirían estos 527 buses con una tecnología antigua y lo que emiten con nueva tecnología. La diferencia entre ambos escenarios corresponde a la reducción de emisiones derivada de la implementación de la medida.

Se cuenta con antecedentes que indican que al año 2013, el promedio del año de fabricación de los buses salientes en Temuco y Padre Las Casas, es el año 1991<sup>3</sup>, por lo tanto, para la

<sup>3</sup> Cuadro 2.15: Edad flota y concentración, por región. INFORME FINAL PROGRAMA SUBSIDIO NACIONAL AL TRANSPORTE PÚBLICO Y PROVISIÓN LEY N°20.378 ART.5, 2013°, MTT.

estimación de emisiones se consideró el factor de emisión de los vehículos retirados como Euro I-91 EEC I. El mismo informe indica que el año de fabricación promedio de los vehículos renovados corresponde a 2004, por lo tanto, considerando que se analiza el Programa de Renovación de Buses al año 2019 y que, por lo tanto, la flota de buses entrante debe ser de un año superior al indicado en el informe de referencia, se consideró para los buses nuevos, el factor de emisión para la tecnología Euro IV-2005.

Tabla 38. Estimación de emisiones totales MP2,5 (Ton/año) según tipo de artefacto – PDA

Parámetro	Descripción	Valor del parámetro				Fuente																			
Factor de Emisión	Corresponde al factor de emisión según categoría vehicular y tipo de tecnología. Para la estimación se consideró el uso de Euro II EECII y Euro V, para buses antiguos y recambiados, respectivamente.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría vehicular</th> <th>Tecnología</th> <th>MP10 (g/km)</th> <th>MP2,5 (g/km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">Buses urbanos estándar</td> <td>Euro I-91EECI</td> <td>0,479</td> <td>0,479</td> </tr> <tr> <td>Euro II-91EECII</td> <td>0,220</td> <td>0,220</td> </tr> <tr> <td>Euro III-2000</td> <td>0,207</td> <td>0,207</td> </tr> <tr> <td>Euro IV-2005</td> <td>0,046</td> <td>0,046</td> </tr> <tr> <td>Euro V-2008</td> <td>0,046</td> <td>0,046</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría vehicular	Tecnología	MP10 (g/km)	MP2,5 (g/km)	Buses urbanos estándar	Euro I-91EECI	0,479	0,479	Euro II-91EECII	0,220	0,220	Euro III-2000	0,207	0,207	Euro IV-2005	0,046	0,046	Euro V-2008	0,046	0,046			Guía de Estimación de Emisiones Atmosféricas en la Región Metropolitana. SEREMI del Medio Ambiente Región Metropolitana. Año 2020.
Categoría vehicular	Tecnología	MP10 (g/km)	MP2,5 (g/km)																						
Buses urbanos estándar	Euro I-91EECI	0,479	0,479																						
	Euro II-91EECII	0,220	0,220																						
	Euro III-2000	0,207	0,207																						
	Euro IV-2005	0,046	0,046																						
	Euro V-2008	0,046	0,046																						
Nivel de Actividad	Corresponde a los kilómetros recorridos por los vehículos (KRV), en este caso, se empleó el nivel de actividad para la categoría vehicular buses urbanos que se estimó para el inventario de fuentes móviles en Temuco y Padre Las Casas, expresado en km/bus-año.	101.161,5 km/bus-año				Inventario de Emisiones Atmosféricas para Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. SEREMI del Medio Ambiente, elaborado por SICAM Ingeniería.																			

Fuente: Elaboración propia

La reducción de emisiones asociada a la implementación de la medida de renovación de buses se estima mediante las ecuaciones presentadas a continuación.

$$\text{Reducción emisiones } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}}\right) = \text{Emisiones vehículos antiguos } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}}\right) - \text{Emisiones vehículos renovados } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}}\right)$$

$$\text{Emisiones vehículos antiguos } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}}\right) = N.A. \left(\frac{\text{km}}{\text{bus} - \text{año}}\right) \times F.E.EURO I \times N^{\circ} \text{ vehículos recambiados}$$

$$\text{Emisiones vehículos nuevos } \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}}\right) = N.A. \left(\frac{\text{km}}{\text{bus} - \text{año}}\right) \times F.E.EURO IV \times N^{\circ} \text{ vehículos recambiados}$$

La Tabla 39 presenta los resultados de la estimación de la reducción de emisiones asociada a la implementación de la medida de renovación de buses, según año de implementación. De manera comparativa, se puede establecer el aporte de la medida respecto del inventario de fuentes móviles al año base 2017, representando una reducción del 5% respecto a la categoría buses urbanos y un 2% respecto a las fuentes móviles en general.

Tabla 39. Reducción de emisiones por renovación de buses

Variable	2016	2017	2018	2019	Acumulado
N° vehículos renovados	258	97	97	75	527
Red. Emis. Vehículos antiguos (Ton/año)	5,7	2,2	2,2	1,7	11,7
Red. Emis. Vehículos nuevos (Ton/año)	1,2	0,5	0,5	0,4	2,5
Reducción de emisiones	4,5	1,7	1,7	1,3	9,3

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.4 Estimación de Reducción de Emisiones Sector Fuentes Puntuales

En lo referente a la tendencia del inventario de emisiones de fuentes puntuales, entre los años 2000 a 2017 (Figura 6) se observa una disminución del MP10 y MP2,5 en los últimos 8 años. Respecto al año base 2013 (año sin PDA MP2,5) y al año 2017 (año con PDA) se registra una reducción de 70,3 ton/año, lo cual podría atribuirse a las medidas establecidas en el Plan, el que establece límites de emisión. La reducción se atribuye a que las fuentes han realizado cambio de combustible de leña a pellet, gas o petróleo y la implementación de sistemas de control para fuentes industriales.

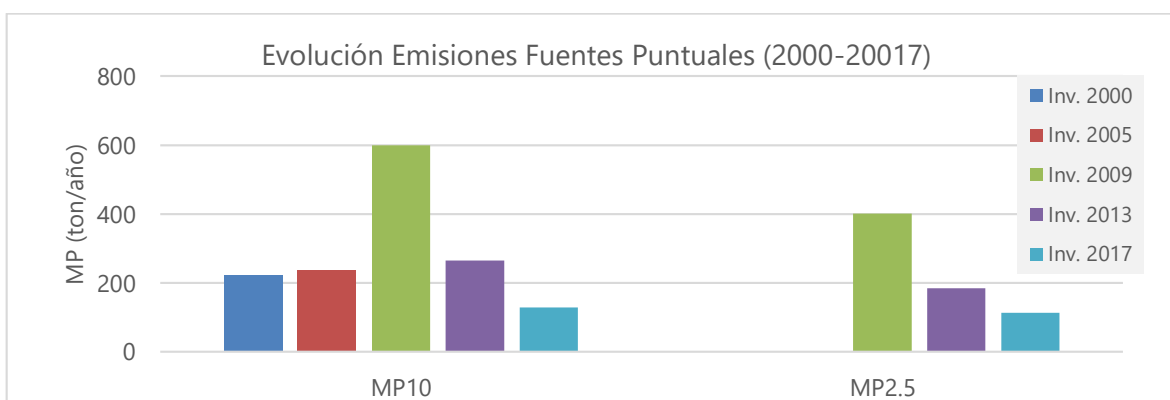


Figura 6. Comparación Inventarios Fuentes Puntuales (2000-2017) Temuco y PLC

Fuente: Elaboración propia

## 5.4 ACTIVIDAD 4). VERIFICACIÓN DE MEDIDAS PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Para determinar el cumplimiento de las medidas, referidos a actividades de participación ciudadana, campañas de difusión y educación ambiental, así como otras medidas complementarias, se empleó la misma metodología, indicada en el punto anterior, esto es, revisión de antecedentes de servicios públicos con competencia en cada materia, y revisión de información de reportes, informes de avance, planes operacionales PDA, entre otros, que den cuenta de nivel de cumplimiento de las medidas asociadas a estos temas.

## 5.4.1 Verificación del Estado de Avance

Los capítulos del PDA que abordan estas medidas corresponden a las siguientes:

Tabla 40. Medidas e instrumentos de gestión ambiental complementarios.

Regulación	Descripción
Capítulo VIII. Programa de difusión y educación	<b>Art. 70 al Art. 75 del PDA.</b> Indica diferentes estrategias y compromisos de difusión y educación ambiental en torno a la contaminación atmosférica.
Capítulo VI. Compensación de Emisiones	<b>Art. 58 al Art. 62 del PDA.</b> Establece Compensación de emisiones de proyectos en la zona saturada en el marco del sistema de evaluación de impacto ambiental.
Capítulo VII. GEC	<b>Art. 63 al Art. 69 del PDA.</b> Establece medidas asociadas al Plan operacional para la gestión de episodios críticos.
Capítulo IX – Fiscalización	<b>Art. 76 al Art. 79 del PDA.</b> Establece medidas asociadas a la fiscalización del PDA.
Capítulo X – Medidas complementarias	<b>Art. 80 al Art. 86 del PDA.</b> Establece medidas de tipo complementarias a los ejes estructurales que consideran estudios, investigación y otros.

Fuente: elaboración propia

### Medidas asociadas a Educación Ambiental y Difusión

A continuación, se presenta el resumen del cumplimiento de estas medidas, lo cual se puede revisar en detalle en el Anexo 2. Estado de avance Medidas asociadas a Educación y Difusión y Anexo 1. Base de datos Reporte cumplimiento PDA.

Tabla 41. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – sector Educación

Medida	N° Art	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Desarrollo de una estrategia Comunicacional	Art. 70 a)	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	La SEREMI del Medio Ambiente implementa una completa campaña de difusión y estrategia comunicacional para relevar la temática de la contaminación atmosférica y e informar a la comunidad respecto a los alcances del PDA. A través de campañas comunicacionales, difusión de medidas asociadas a GEC, desarrollo de talleres, charlas, ferias, seminarios orientados hacia la comunidad en general, en la temática de la contaminación atmosférica.
Información expedita de calidad del aire y avances en el PDA	Art. 70 b)	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	Se cuenta con un sitio web de información de calidad del aire, que entrega datos del monitoreo de calidad del aire en línea <a href="http://www.sinca.cl">www.sinca.cl</a> . Además, la SEREMI entrega de manera oportuna en el periodo GEC un reporte diario de las condiciones de calidad del aire del día anterior, lo cual se encuentra disponible en <a href="https://ppda.mma.gob.cl/araucania/pda-para-las-comunas-de-temuco-y-padre-las-casas/#ffs-tabbed-15">https://ppda.mma.gob.cl/araucania/pda-para-las-comunas-de-temuco-y-padre-las-casas/#ffs-tabbed-15</a>

					y también en: <a href="https://mma.gob.cl/araucania/plan-operacional-de-gestion-de-episodios-criticos-de-temuco-y-padre-las-casas/">https://mma.gob.cl/araucania/plan-operacional-de-gestion-de-episodios-criticos-de-temuco-y-padre-las-casas/</a>
Cuenta pública anual relativa a los avances y logros del Plan.	Art. 70 c)	MMA	12 meses (17.11.2016)	Medida ejecutada	La cuenta pública se realiza anualmente con el formato de Seminario en donde también se realizaron presentaciones de otras temáticas de interés en el contexto del PDA.
Incorporación en el marco del SNCAE la temática de calidad del aire en los programas de trabajo.	Art. 70 d)	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	La SEREMI del Medio Ambiente realiza anualmente jornadas de capacitación con profesores SNCAE de Temuco y PLC, para el cumplimiento de esta medida, en donde se aborda el fortalecimiento de la temática de calidad del aire en los planes de trabajo.
Promoción, en el marco del FPA, el desarrollo de iniciativas de mejoramiento de calidad del aire en la zona saturada.	Art. 70 e)	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	Se ha incorporado la temática de adaptación al cambio climático o al mejoramiento de la calidad del aire (contaminación atmosférica) en las bases de los concursos FPA.
Desarrollo de un programa de trabajo en educación Formal	Art. 71	SEREMI DE EDUCACION	6 meses (17.05.2016)	<b>Medida no ejecutada</b>	Al respecto, la Seremi de Educación cuenta con un plan de orientaciones a los establecimientos educacionales para enfrentar el cumplimiento de los Objetivos de Aprendizaje de la asignatura de Educación Física y Salud con actividades de tipo teóricas en los días declarados episodios críticos en jardines infantiles, escuelas y Liceos de Temuco y Padre Las Casas, sin embargo, este plan de orientación no se ajusta a lo establecido en la medida contenida en el artículo 71 del PDA, que considera la generación de una estrategia de concientización sobre el Plan de Descontaminación Atmosférica, para las y los estudiantes de Temuco y Padre Las Casas; destacando a los Establecimientos Educacionales que relevan la temática, implementando los contenidos en el aula sobre el reconocimiento, tratamiento y solución del problema, con asidero en las Bases Curriculares vigentes. Por otra parte, se indica la realización de un programa de Capacitación a profesores, directivos y centros de estudiantes en la temática de manejo y conservación de la calidad del aire, lo cual a la fecha de evaluación no ha sido implementado.
Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.	Art. 72	MMA - MUNICIPIOS	6 meses (17.05.2016)	Medida ejecutada	Los municipios reportan anualmente desarrollo de actividades asociadas a difusión y educación en torno a la calidad del aire en sus respectivas comunas.
Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.	Art. 73	SEREMI DE SALUD	6 meses (17.05.2016)	Medida ejecutada	La SEREMI de Salud dentro de sus líneas de acción incorpora el componente educación ambiental, desarrollando talleres y charlas orientadas a la comunidad, en juntas de vecinos, organizaciones sociales y otras, asociadas a la difusión de la temática de calidad del aire y sus efectos en la salud de la población. Para el año 2019 no se cuenta con el reporte de esta actividad.
Jornadas de capacitación a líderes vecinales	Art. 74	MMA-SEREMI GOB	Inmediato	Medida ejecutada	La SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con la SEREMI de Gobierno, realizan anualmente jornadas de capacitación a líderes vecinales, en torno a la temática de calidad del aire en diversos sectores de Temuco y Padre Las Casas.
Campaña comunicacional asociada a la promoción del buen uso de la biomasa, buen uso de los calefactores y promoción de los programas de recambio	Art. 75	ENERGIA	Inmediato	Medida ejecutada	Respecto a la campaña comunicacional, se ha desarrollado desde el año 2014 a 2017 se ejecutaron campañas comunicacionales orientadas al buen uso de la leña, desarrolladas a nivel central con alcance desde las regiones de O'Higgins hasta Aysén. Durante el año 2018 no se registra ejecución asociada a esta medida, y luego el año 2019 se informa el desarrollo de la campaña ejecutada a través del sitio <a href="http://www.calordelbueno.cl">www.calordelbueno.cl</a> , que para el presente año cambió al sitio: <a href="https://www.cambiatuenergia.cl">https://www.cambiatuenergia.cl</a> .

## Medidas asociadas a sectores complementarios

Tabla 42. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Compensación Emisiones

Medida	N° Art	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Exigencia de compensación de emisiones de un 120% para proyectos en el SEIA que generen más de 0,5 ton/año de MP	Art. 58	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	En aplicación permanente según demanda. En cada proyecto que ingresa al SEIA o que se encuentra en evaluación, que esté localizado en las comunas de Temuco o Padre Las Casas, la SEREMI del Medio Ambiente verifica que en la DIA o EIA, según corresponda, se estimen correctamente las emisiones de material particulado del proyecto, de tal forma de verificar si estas se encuentran por sobre o por debajo de una emisión de 0.5 ton/año.
No incorporación de emisiones de la fase de construcción de proyectos SEIA, a la compensación de emisiones	Art. 59	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	
Exigencia de programa de compensación de emisiones para proyectos SEIA que deban compensar emisiones	Art. 60	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	Durante el 2016, la SEREMI del Medio Ambiente indica que se solicitó compensación de emisiones en un proyecto inmobiliario evaluado a través del SEIA, lo cual se establecerá en la RCA respectiva y se ejecutaría durante el año 2017 y durante el año 2019 se presentó un PCE asociado al proyecto "Extracción Mecanizada de Áridos II" de MAQFRONT en el marco del SEIA, el cual fue ejecutado durante el año en curso (2020).
Características de un programa de compensación de emisiones	Art. 61	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	
Las compensaciones no sustituirán las exigencias impuestas en otras normativas vigentes ni se harán valer emisiones cedidas por actividades que igual deban cerrar.	Art. 62	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	Por otra parte, durante los años 2017 a 2019 se aprobó RCA para 10 proyectos de tipo inmobiliario, que evitan presentar PCE mediante la incorporación de tecnologías menos contaminantes en las viviendas a construir (3.163 viviendas tipo casa). Medida es implementada por parte de la SEREMI del Medio Ambiente en términos de establecer las exigencias de compensación de Emisiones. La fiscalización de los Programas no se ha priorizado por parte de la SMA, sin registrarse actividades de fiscalización de esta medida, por lo que el indicador de cumplimiento se reporta como 0%.

Tabla 43. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Medidas GEC

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
GEC para episodios de MP2,5 del 1° de abril al 30 de septiembre	Art. 63	MMA	Inmediato (1° abril 2016...)	Medida ejecutada	La SEREMI de Medio Ambiente coordina entre el 1° de abril y el 30 de septiembre el Plan Operacional GEC en el marco del PDA. Dicha coordinación se efectúa en base al documento Plan Operacional de Episodios Críticos, que contiene una descripción detallada de cómo se ejecutan cada una de sus componentes.
Seguimiento a la calidad de aire por MP10 y MP2,5, y meteorología. Información respecto a episodios críticos.	Art. 64	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	La zona saturada cuenta con 3 estaciones de monitoreo; Las Encinas, Nielol (antigua Museo Ferroviario) y Padre Las Casas, que se encuentran en línea, y permite visualizar la información de calidad del aire a nivel horario y diario.
Implementación sistema de pronóstico para MP10 y MP2,5	Art. 65	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	Se cuenta con modelo de pronóstico de calidad del aire. - Sistema Nacional de Pronóstico de Calidad de Aire WRF- MMA (WRF/Chem CO tracer).

Plan comunicacional de difusión a la ciudadanía, durante la GEC, informando calidad de aire, pronóstico para MP2,5 y medidas a implementar.	Art. 66	MMA	Inmediato (1º abril 2016...)	Medida ejecutada	Plan comunicacional desarrollado según especifica el artículo.
Procedimiento para la declaración de un episodio crítico de MP2,5	Art. 67	MMA	Inmediato (1º abril 2016...)	Medida ejecutada	Se reporta diariamente la evolución de la calidad del aire y del pronóstico de episodios a la intendencia, según lo cual se emiten resoluciones desde la Intendencia declarando episodio.
		Intendencia	Inmediato (1º abril 2016...)	Medida ejecutada	
Las áreas urbanas de Temuco y Padre Las Casas se subdividirán en zonas territoriales de gestión de episodios, las cuales serán definidas cada año	Art. 68	MMA	Inmediato (1º abril 2016...)	Medida ejecutada	La SEREMI del Medio Ambiente de la Región de La Araucanía emitió las Resoluciones que estableció las zonas territoriales donde se aplican las medidas de prevención y mitigación asociadas a GEC.
Exigencias y prohibiciones en Alerta, Preemergencia y Emergencia	Art. 69	SEREMI de Salud	Inmediato (1º abril 2016...)	Medida ejecutada	En general, no se puede calcular el indicador de cumplimiento, ya que las medidas a cargo de la SEREMI de Salud son ejecutadas mediante actividades de fiscalización en la vivienda, que se desarrollan únicamente en periodo GEC, basándose en la aplicación de una Ficha de Inspección Sanitaria. Esta ficha considera aspectos tales como: Humos visibles (asociado al Art. 69(a)); Funcionamiento de más de un calefactor a leña (Art. 69 (b)); funcionamiento de calderas a leña con potencia térmica menor a 75 kWt (Art. 69 (c) (d)); uso de chimeneas de hogar abierto (Art. 16); quema de carbón u otro combustible prohibido (Art. 16); Uso de calefactores a leña (Art. 69 (c) Emergencia). NO se especifican resultados desagregados por tipo de incumplimiento, solo reportan el total de sumarios.
Exentos de GEC proyectos inmobiliarios con calefacción distrital	Art. 69	SEREMI de Salud	Inmediato	Medida ejecutada	Se aplica según corresponda, sin embargo, a la fecha NO existen proyectos inmobiliarios con calefacción distrital.
Información oportuna de GEC a establecimientos educacionales	Art. 69	SEREMI de Educación	Inmediato (1º abril 2016...)	Medida ejecutada	Se ejecuta la medida para los años 2016, 2017 y 2019. El año 2018 no se realiza debido a que no existía personal a cargo de su ejecución.
Suspensión de actividades físicas en establecimientos educacionales	Art. 69	SEREMI de Educación	Inmediato	Medida ejecutada	Se ejecuta la medida para los años 2016, 2017 y 2019. El año 2018 no se realiza debido a que no existía personal a cargo de su ejecución.
Intensificación de fiscalización en GEC	Art. 69	TODOS	Inmediato	Medida ejecutada	Respecto a este punto, la SEREMI de Salud que tiene actividades de fiscalización a su cargo, las desarrollan específicamente en periodo GEC. Para el caso de la SMA las fiscalizaciones se producen durante todo el año., en el caso de los Municipios las fiscalizaciones se realizan principalmente en periodo GEC. Mientras que CONAF fiscaliza tema de quemas en el periodo en que éstas se realizan.



Tabla 44. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Medidas Fiscalización

Medida	N° Artículo	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Fiscalización del PDA por parte de la SMA y generación de subprogramas de fiscalización	Art. 76	SMA	Inmediato	Medida ejecutada parcialmente	Para los años 2017 y 2018 la SMA cuenta con informes anuales del estado de avance del PDA, elaborado según el reporte de avance indicado por los propios servicios. Para el año 2016 el informe desarrollado por la SEREMI del Medio Ambiente, mientras que para el año 2019 no existe informe de avance.
Informe de fiscalización anual por parte de la SMA	Art. 77	SMA	12 meses (17.11.2016)	Medida ejecutada parcialmente	La SMA elabora un Anexo al Informe de Avance Anual del PDA, en donde da cuenta de los resultados de la fiscalización de las medidas a su cargo. Este informe se encuentra elaborado para los años 2017 y 2018, quedando pendiente el informe para el año 2019.
Programa y reporte anual de trabajo por parte de todas las Instituciones que tengan asociadas medidas en el PDA.	Art. 78	MMA	Inmediato	Medida ejecutada	Se tiene registro de que las instituciones reportan anualmente su planificación en torno al cumplimiento de las actividades PDA, así como también el reporte de la implementación de la medida.
Revisión y actualización del PDA en 5 años.	Art. 79	MMA	5 años (17.11.2020)	Medida no vigente	En ejecución durante el año 2020

Tabla 45. Estado de avance en la implementación de las medidas PDA – Medidas Complementarias

Medida	N° Art.	Institución Responsable	Plazo desde publicación DS en DO	Grado de implementación	Observaciones
Actualización del Inventario de Emisiones cada 3 años	Art. 80	MMA	3° año (17.11.2018)	Medida ejecutada	Se desarrolló la actualización del inventario de emisiones año base 2017.
Determinación anual de los requerimientos asociados al cumplimiento de las medidas y actividades establecidas en el PDA, a fin de solicitar el financiamiento que asegure dicho cumplimiento.	Art. 81	SERVICIOS CON MEDIDAS EN EL PDA	Inmediato	Medida ejecutada parcialmente	El cumplimiento de esta medida es variable según servicio, ya que la mayoría de las instituciones no cuentan con una glosa específica destinada a PDA, sino que las medidas son desarrolladas en el marco del trabajo de la propia institución, tal es el caso de Energía, Municipalidades, CONAF, Agricultura, Educación, SERNAC. Para el caso de SEREMI de Salud, disponen de un presupuesto fijo anual para funciones de fiscalización. En el caso de SEREMI de Medio Ambiente y MINVU si se considera una planificación de los presupuestos dado que tienen a su cargo medidas que requieren una importante inyección de recursos asociadas a metas específicas de cumplimiento. Para el caso de instituciones como INDAP, SERCOTEC, GORE, que entregan recursos a través de financiamientos de Programas o Concursos, los presupuestos no se programan para el PDA, ya que se otorgarán según demanda de postulantes a los distintos fondos concursables.
Promoción de la investigación y desarrollo en las áreas de mejoramiento tecnológico (sistemas de calefacción, eficiencia energética en las viviendas, etc.)	Art. 82	MMA – GORE	Inmediato	Medida ejecutada	Existe financiamiento de proyectos asociados a la investigación y desarrollo en las áreas de mejoramiento tecnológico.

Programa de arborización urbana que considere la plantación y mantención de al menos 3.000 árboles anuales.	Art. 83	CONAF	Inmediato	Medida ejecutada	Medida ejecutada sobre la meta propuesta que indicaba 3.000 árboles urbanos, alcanzando a la fecha 43.182 árboles según registro CONAF.
Auditoría del PDA	Art. 84	MMA	4° año (17.11.2019)	Medida en ejecución	El estudio se encuentra en desarrollo durante el año 2020.
Estudio para determinar la fracción de MP secundario en las concentraciones de MP2,5 y MP10, y el aporte de los precursores en dicho material particulado secundario	Art. 85	MMA	2 años (17.11.2017)	Medida en ejecución	Se encuentra en ejecución el estudio "DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SECUNDARIO EN LAS CONCENTRACIONES DE MP2,5 Y MP10, APORTE DE SUS PRECURSORES EN LAS COMUNAS DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS"

## 5.4.2 Efecto de la Reducción de Emisiones asociadas a medidas de Educación y Difusión

Para estimar el efecto en la reducción de emisiones de cada una de estas medidas, se supone el mismo planteamiento del punto anterior, y es que se considerará cómo impacta la ejecución de estas medidas en alguno de los parámetros de cálculo de las emisiones, según la fuente regulada.

Si consideramos la metodología de estimación de emisiones provenientes de la combustión residencial de leña, tenemos por una parte el nivel de actividad, referido al consumo de leña y por otra, el factor de emisión, que dependerá de diversas variables, en donde la educación del usuario es fundamental para que estas variables sean más favorables a la hora de estimar las emisiones, tal como se puede observar en la descripción realizada en la Tabla 46.

Tabla 46. Variables que inciden en el factor de emisión asociado a calefacción residencial de leña

Variable	Criterios	Incide Educación
Operación	Tiraje abierto / Tiraje Cerrado	El factor de emisión asociado al tipo de artefacto puede verse aumentado hasta 7 veces en un calefactor de cámara simple al pasar de tiraje abierto a cerrado y aumenta hasta 6 veces en un calefactor con templador. Incluso en un calefactor certificado el factor podría aumentar hasta 4 veces. Por lo tanto, se considera que este es <b>uno de los factores más determinantes</b> en la estimación de emisiones y que puede ser transmitido a la población como parte de los contenidos de una campaña de educación en torno al correcto uso de los calefactores.
Calidad Leña	Leña seca / Leña húmeda / mala operación (leña húmeda + tiraje cerrado)	La calidad de la leña influye directamente en factor de emisión, aumentado en promedio 3 veces este factor, dependiendo del tipo de calefactor. Por lo tanto, es una variable que ha sido fuertemente abordada como parte de los contenidos de campañas de educación en torno al correcto uso de los calefactores.

Tipo de Calefactor	Certificado / Con templador / Sin templador / Cocina / Salamandra / Chimenea u otro Nueva tecnología (pellet)	El factor de emisión está estrechamente relacionado con el tipo de calefactor que se emplea en la vivienda, variando desde 2,1 a 12,7 g MP10/kg neto de leña considerando un calefactor a pellet o una salamandra, respectivamente. Todo esto utilizando leña seca y tiraje abierto, si la leña es húmeda esta diferencia aumenta considerablemente. Por lo tanto, este es un factor determinante que aborda mediante las campañas de difusión del Programa de Recambio de Calefactores, o mediante el fomento a la adopción particular de mejores tecnologías, abordado en campañas de calefacción sustentable.

En el caso de las medidas de educación y difusión se entiende que éstas podrán también afectar los niveles de actividad de la fuente de combustión residencial de leña, al aumentar la conciencia ambiental del usuario, éste podría adoptar conductas que reducirían el nivel de actividad de ciertas fuentes, como por ejemplo implementación de medidas de aislación térmica dentro de la vivienda que permitan reducir su consumo de leña. También sus conductas pueden incidir en el factor de emisión para el contaminante, al modificar por ejemplo la operación del calefactor a leña, empleando tiraje medio-abierto en vez de tiraje cerrado. O bien, por la toma de conciencia y adopción de tecnologías menos contaminantes y más eficientes para calefacción. Otro punto importante que se aborda en torno a la educación ambiental tiene relación con el uso de leña seca, en donde se promueve a través de campañas de educación la identificación su uso eficiente. El impacto de un mayor uso de leña seca en las comunas de la zona saturada podría deberse incluso en mayor medida a las campañas de educación que a la inversión en mejoramiento de la calidad de la leña.

El desafío en este punto es poder determinar el número de personas que cambia su conducta gracias a la ejecución de las campañas de educación o difusión, sin embargo, este tipo de resultados es posible obtenerlo con un estudio específico, realizando por ejemplo estudio de percepción en la comunidad. Con la información obtenida de las reuniones con los servicios, es posible establecer el panorama del alcance de las actividades de difusión contenidas en el Plan, en donde se pueden observar grandes campañas comunicacionales, empleando medios tradicionales, así como también redes sociales y otros, con alcances interregionales emanadas desde el Ministerio de Energía por ejemplo, así como de la SEREMI del Medio Ambiente, que corresponden a compañías de alto impacto en la ciudadanía, pero también se observa el trabajo de otros servicios, tales como los municipios, SEREMI de Salud y otras actividades de la SEREMI del Medio Ambiente que considera el trabajo directo con la comunidad, en actividades de tipo taller o seminarios, que tienen un alcance menor, pero que generan un efecto multiplicador en la comunidad toda vez que los contenidos se entregan de manera directa al receptor. Con todo lo anterior, y en base a la información recabada es muy difícil establecer un universo de alcance de la comunidad que haya

adoptado mejores prácticas como producto de las actividades de difusión y educación, por lo tanto se podría asumir que una de las variables más concretas corresponde a la reducción de emisiones asociada a operación (regulación del tiraje) que se produce por el cambio entre la línea de base y la última actualización del inventario de emisiones, se podría atribuir a que la comunidad ha adoptado mejores prácticas producto de las actividades derivadas de la ejecución del PDA.

### 5.4.3 Efecto de la Reducción de Emisiones asociadas a medidas GEC

El capítulo VII del PDA que establece el Plan Operacional de para la Gestión de Episodios Críticos, indica medidas y acciones de prevención y mitigación para enfrentar los días de episodios de contaminación por material particulado en alerta, preemergencia y emergencia. El periodo de GEC tiene lugar cada año entre el 01 de abril y el 30 de setiembre, para lo cual, el PDA establece que la zona saturada se subdividirá en zonas territoriales de gestión de episodios críticos en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, sobre las cuales aplicarán las medidas indicadas en el Plan.

El artículo 65 establece que la SEREMI del Medio Ambiente implementará un sistema de pronóstico de calidad del aire para material particulado MP10 y MP2,5. Luego el artículo 67 indica que este Servicio, informará diariamente a la Intendencia Regional de la Araucanía la evolución de la calidad del aire y los resultados del sistema de pronóstico de calidad del aire, a partir de lo cual la Intendencia, declara la condición de episodio crítico cuando corresponde.

Tabla 47 presenta el registro de los episodios de contaminación declarados por la Intendencia, según los Informes de Aplicación de Plan Operacional para la Gestión de Episodios Críticos y resultados GEC años 2016 a 2019.

Tabla 47. Episodios de contaminación declarados por la Intendencia año 2016-2019

GEC	2016	2017	2018	2019
Alerta	35	49	60	34
Preemergencia	34	19	35	28
Emergencia	31	20	20	7
Total	100	88	115	69

Fuente: Elaboración propia

En los días declarados como episodio se tomaron medidas, que, para el caso de episodio de Alerta, hasta el año 2019, son solo preventivas, en cambio en Preemergencia y Emergencia se establecen restricciones, las cuales generan un impacto en la reducción de emisiones tras su implementación, debido a que se restringe la fuente de combustión residencial de leña principalmente. Las medidas según episodio se detallan a continuación.

Tabla 48. Medidas según tipo de episodio hasta el año 2019

Episodio	Medidas
a) Alerta	No establece restricción
b) Preemergencia <sup>1</sup>	<p>b.1) A partir de la publicación del presente Decreto y hasta el 30 de septiembre de 2019, en las zonas territoriales que la SEREMI del Medio Ambiente previamente determine.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Se prohibirá el uso de más de un artefacto a leña por vivienda entre las 18:00 y las 06:00 hrs.</li> <li>ii. No se permitirán humos visibles provenientes de la vivienda, entre las 18:00 y las 06:00 hrs., según metodología que establecerá la Autoridad Sanitaria, mediante acto administrativo.</li> <li>iii. Se prohibirá el funcionamiento de calderas a leña con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt. entre las 18:00 y las 06:00 hrs.</li> </ul>
	<p>b.2) A partir del 1 de abril del 2018, se prohibirá dentro de la zona saturada de Temuco y Padre Las Casas, durante 24 hrs., el funcionamiento de calderas industriales y calderas de calefacción, con una potencia mayor a 75 kWt., que presenten emisiones mayores o iguales a 50 mg/m<sup>3</sup> N de material particulado.</p>
c) Emergencia	<p>c.1) A partir de la publicación del presente Decreto y hasta el 30 de septiembre de 2019 y en las zonas territoriales que la SEREMI del Medio Ambiente determine:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Se prohibirá el uso de artefactos a leña entre las 18:00 y las 06:00 hrs.</li> <li>ii. Se prohibirá el funcionamiento de calderas a leña con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt. entre las 18:00 y las 06:00 hrs.</li> </ul>
	<p>c.2) A partir del 1 de abril del 2018, se prohibirá dentro de la zona saturada de Temuco y Padre Las Casas, durante 24 hrs., el funcionamiento de calderas industriales y calderas de calefacción, con una potencia mayor a 75 kWt que presenten emisiones mayores o iguales a 50 mg/m<sup>3</sup> N de material particulado.</p>

<sup>1</sup>Considera b.3) a partir de abril de 2020

<sup>2</sup>Considera c.3) a partir de abril de 2020

Fuente: Elaboración propia según artículos D.S. N°8/2015 que establece PDA por MP2,5 para Temuco y Padre Las Casas.

Para la medida asociada a restricción de uso de calderas a leña con potencia térmica nominal menor a 75 kWt, no se considera la estimar la reducción de emisiones dado que no se conoce el universo de fuentes a la que aplica. Se tienen antecedentes según el inventario de Temuco y Padre Las Casas año base 2017, que las calderas a leña equivalen al 11% del universo del total de calderas domiciliarias, por lo tanto, la restricción de esta fuente debería ser muy menor, respecto a las medidas asociadas a calefactores a leña.

Para la restricción asociada al uso de calderas industriales y de calefacción con potencia mayor a 75 kWt que presenten emisiones mayores o iguales a 50 mg/m<sup>3</sup> N de material particulado, a partir del periodo GEC 2018, tanto para emergencia o preemergencia, se consideró la información contenida en el Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas que identifica las fuentes puntuales que cuentan con medición isocinética y cumplen con los criterios de restricción. De la información disponible, se identifican 31 fuentes con emisiones sobre los 50 mg/m<sup>3</sup> N, que en su totalidad emiten 49,9 Ton/año. Para estas fuentes se estima la tasa de emisión en kg/día, considerando el número de horas anuales. Con este resultado se obtiene la reducción de emisiones, según los días de episodio en emergencia y preemergencia. Del total de fuentes identificadas, una se encuentra en Padre

Las Casas y los 30 restantes en la comuna de Temuco. La memoria de cálculo se presenta en el Anexo 6.

Tabla 49. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Fuentes Puntuales

Comuna	Año	Tipo Episodio	N° Episodio	Tasa emisión (kg/día)			Reducción (Ton/año)	
				MP <sup>1</sup>	MP10	MP2,5	MP10	MP2,5
Temuco	2018	Preemergencia	35	147,9	145,0	137,6	5,1	4,8
		Emergencia	20				2,9	2,8
	2019	Preemergencia	28				4,1	3,9
		Emergencia	7				1,0	1,0
Subtotal acumulado Temuco							13,0	12,4
Padre Las Casas	2018	Preemergencia	35	10,8	10,6	10,1	0,4	0,4
		Emergencia	20				0,2	0,2
	2019	Preemergencia	28				0,2	0,2
		Emergencia	7				0,1	0,1
Subtotal acumulado Padre Las Casas							0,9	0,8
<b>Total Puntuales</b>							<b>13,9</b>	<b>13,2</b>

<sup>1</sup> Para obtener emisiones de MP10 y MP2,5 se considera una fracción de 0,98 y 0,93 del MP, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia a partir de información contenida en el Inventario de Emisiones de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017.

Para la estimación de la reducción de emisiones para los años 2016, 2017, 2018 y 2019, asociadas a las medidas de restricción de uso de calefactores a leña, es decir b.1) i, b.1) ii y c.1) i, se empleó la información indicada en la Tabla 50, la que presenta la descripción, valores y fuente de cada uno de los parámetros utilizados.

Tabla 50. Información para la estimación de reducción de emisiones por GEC – Artefactos a leña

Parámetro	Descripción	Valor del parámetro	Fuente																				
N° Viviendas afectas a regulación	Corresponde al número de viviendas reguladas según las zonas territoriales definidas por la SEREMI del Medio Ambiente.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>N° hogares afectos</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temuco</td> <td>39.642</td> <td>44.540</td> <td>44.540</td> <td>44.541</td> </tr> <tr> <td>PLC</td> <td>865</td> <td>4.896</td> <td>4.896</td> <td>5.751</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>40.507</b></td> <td><b>49.436</b></td> <td><b>49.436</b></td> <td><b>50.292</b></td> </tr> </tbody> </table>	N° hogares afectos	2016	2017	2018	2019	Temuco	39.642	44.540	44.540	44.541	PLC	865	4.896	4.896	5.751	<b>Total</b>	<b>40.507</b>	<b>49.436</b>	<b>49.436</b>	<b>50.292</b>	Informe de Aplicación Plan operacional para la Gestión de Episodios Críticos y resultados GEC 2016 a 2019. Elaborado por la SEREMI del Medio Ambiente.
N° hogares afectos	2016	2017	2018	2019																			
Temuco	39.642	44.540	44.540	44.541																			
PLC	865	4.896	4.896	5.751																			
<b>Total</b>	<b>40.507</b>	<b>49.436</b>	<b>49.436</b>	<b>50.292</b>																			
% Viviendas alcanzadas	Corresponde al porcentaje de viviendas que cumplen con el atributo para ser sujetas de regulación. Se considera un valor estático ya que se dispone de la información para el año base 2017.	<u>Viviendas con más de 1 calefactor:</u> Temuco: 3,9% Padre Las Casas: 9,3% <u>Viviendas que utilizan leña en los distritos regulados:</u> Temuco: 81,3% Padre Las Casas: 67,1%	Inventario de emisiones de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. Encargado por la SEREMI del Medio Ambiente. Elaborado por SICAM Ingeniería.																				
N° viviendas alcanzadas	Corresponde al número de viviendas afectas a regulación multiplicado por el porcentaje de viviendas alcanzadas.	<u>N° de Viviendas con más de 1 calefactor:</u> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N° hogares alcanzados</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temuco</td> <td>1.546</td> <td>1.737</td> <td>1.737</td> <td>1.737</td> </tr> <tr> <td>PLC</td> <td>80</td> <td>455</td> <td>455</td> <td>455</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>1.626</b></td> <td><b>2.192</b></td> <td><b>2.192</b></td> <td><b>2.192</b></td> </tr> </tbody> </table>	N° hogares alcanzados	2016	2017	2018	2019	Temuco	1.546	1.737	1.737	1.737	PLC	80	455	455	455	<b>Total</b>	<b>1.626</b>	<b>2.192</b>	<b>2.192</b>	<b>2.192</b>	En base a Informes de Aplicación Plan Operacional para la Gestión de Episodios Críticos e Inventario de Emisiones de Temuco y
N° hogares alcanzados	2016	2017	2018	2019																			
Temuco	1.546	1.737	1.737	1.737																			
PLC	80	455	455	455																			
<b>Total</b>	<b>1.626</b>	<b>2.192</b>	<b>2.192</b>	<b>2.192</b>																			

		<p><u>N° de viviendas que utilizan leña en los distritos regulados:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N° hogares alcanzados</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temuco</td> <td>32.210</td> <td>36.190</td> <td>36.190</td> <td>36.190</td> </tr> <tr> <td>PLC</td> <td>581</td> <td>3.286</td> <td>3.286</td> <td>3.286</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>32.791</b></td> <td><b>39.476</b></td> <td><b>39.476</b></td> <td><b>39.476</b></td> </tr> </tbody> </table>	N° hogares alcanzados	2016	2017	2018	2019	Temuco	32.210	36.190	36.190	36.190	PLC	581	3.286	3.286	3.286	<b>Total</b>	<b>32.791</b>	<b>39.476</b>	<b>39.476</b>	<b>39.476</b>	Padre Las Casas, año base 2017.				
N° hogares alcanzados	2016	2017	2018	2019																							
Temuco	32.210	36.190	36.190	36.190																							
PLC	581	3.286	3.286	3.286																							
<b>Total</b>	<b>32.791</b>	<b>39.476</b>	<b>39.476</b>	<b>39.476</b>																							
% Adopción de la medida	Corresponde al porcentaje de la población regulada que cumple con la medida de restricción. Este parámetro se obtiene en recorridos realizados en días de episodio con restricción al uso de calefactores en Temuco y Padre Las Casas.	<p><u>% de viviendas que acogen la restricción</u></p> <p>Temuco: 82%</p> <p>Padre Las Casas: 78%</p>	Estudio de Verificación y Caracterización de los niveles de cumplimiento de las prohibiciones al uso de calefactores en días de GEC en regiones, año 2017. Encargado por el Ministerio del Medio Ambiente, Elaborado por SICAM Ingeniería.																								
Reducción humos visibles	Corresponde al porcentaje de reducción de emisiones asociados al factor de emisión. Se calcula mediante la diferencia entre un factor de emisión promedio de artefactos en buena y mala operación.	<p><u>Factor de emisión promedio buena operación: (se asume que no emite humos visibles)</u></p> <p>6,6 g MP10/kg de leña</p> <p><u>Factor de emisión promedio leña húmeda (se asume que emite humos visibles)</u></p> <p>16,9 g MP10/kg de leña</p> <p><b>Reducción del 61%</b></p> <p>Para la restricción de uso de más de 1 calefactor se considera una reducción del <b>100%</b> ya que, equivale a apagar la segunda unidad de emisión.</p>	Inventario de emisiones de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. Encargado por la SEREMI del Medio Ambiente. Elaborado por SICAM Ingeniería.																								
Porcentaje de viviendas en mala operación	Corresponde al porcentaje de viviendas que utilizan su artefacto a leña en condiciones que generan humos visibles. Estas viviendas serán las que deban adoptar un cambio en su operación producto de la restricción. Este porcentaje se estima según el número de sumarios sobre el total de fiscalizaciones a viviendas de la SEREMI de Salud.	<p><u>Sumarios/Fiscalizaciones en viviendas</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Fiscalizaciones</th> <th>Sumarios</th> <th>Mala operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2017</td> <td>1.147</td> <td>790</td> <td>68,9%</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>1.865</td> <td>1.033</td> <td>55,4%</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>1.283</td> <td>698</td> <td>54,4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Para el caso de la restricción de uso de más de 1 calefactor en la vivienda, se considera un valor de <b>100%</b> dado que todas las viviendas que cumplan con esta condición deberán apagar su calefactor.</p>	Año	Fiscalizaciones	Sumarios	Mala operación	2017	1.147	790	68,9%	2018	1.865	1.033	55,4%	2019	1.283	698	54,4%	Reporte de actividades de fiscalizaciones realizadas en GEC de la SEREMI de Salud								
Año	Fiscalizaciones	Sumarios	Mala operación																								
2017	1.147	790	68,9%																								
2018	1.865	1.033	55,4%																								
2019	1.283	698	54,4%																								
Tasa de emisión MP2,5 kg/hr-viv	Corresponde a la tasa de emisión por hora promedio (entre las 18:00 y las 06:00) para los distritos que se encuentran dentro de las zonas territoriales donde aplica la GEC, definidas por la SEREMI del Medio Ambiente. Este parámetro indicará cuánto es lo que emite un calefactor como	<p><u>Tasa de emisión MP10 kg/vivienda - Temuco</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MP10</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Promedio general</td> <td>2,72</td> <td>0,091</td> <td>0,0038</td> </tr> <tr> <td>Promedio ajustado</td> <td>4,79</td> <td>0,157</td> <td>0,0056</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Tasa de emisión MP2,5 kg/vivienda - Temuco</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MP2,5</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Promedio general</td> <td>2,53</td> <td>0,084</td> <td>0,0035</td> </tr> <tr> <td>Promedio ajustado</td> <td>4,46</td> <td>0,146</td> <td>0,0052</td> </tr> </tbody> </table>	MP10	Mes	Día	Hora	Promedio general	2,72	0,091	0,0038	Promedio ajustado	4,79	0,157	0,0056	MP2,5	Mes	Día	Hora	Promedio general	2,53	0,084	0,0035	Promedio ajustado	4,46	0,146	0,0052	Inventario de emisiones de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. Encargado por la SEREMI del Medio Ambiente. Elaborado por SICAM Ingeniería.
MP10	Mes	Día	Hora																								
Promedio general	2,72	0,091	0,0038																								
Promedio ajustado	4,79	0,157	0,0056																								
MP2,5	Mes	Día	Hora																								
Promedio general	2,53	0,084	0,0035																								
Promedio ajustado	4,46	0,146	0,0052																								

	valor hora promedio, en el horario indicado, durante los meses de abril a septiembre como promedio. Se obtiene a partir de la tasa de emisión promedio anual para cada comuna, considerando los perfiles de uso de los calefactores. Se adjunta memoria de cálculo en Anexo 6. Reducción emisiones GEC.	<p><u>Tasa de emisión MP10 kg/vivienda – PLC</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MP10</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Promedio general</td> <td>2,04</td> <td>0,068</td> <td>0,0028</td> </tr> <tr> <td>Promedio ajustado</td> <td>3,56</td> <td>0,116</td> <td>0,0045</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Tasa de emisión MP2,5 kg/vivienda - PLC</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>MP2,5</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Promedio general</td> <td>1,90</td> <td>0,063</td> <td>0,0026</td> </tr> <tr> <td>Promedio ajustado</td> <td>3,29</td> <td>0,108</td> <td>0,0042</td> </tr> </tbody> </table> <p>El promedio general considera la división de la tasa de emisión anual por vivienda por 12 meses, por 30 días y 24 horas, para mes, día y hora respectivamente.</p> <p>El promedio ajustado, considera el promedio mensual entre abril a septiembre, promedio día considerando 30 o 31 según corresponda y promedio horario entre 18:00 y 06:00 horas, concentrando el análisis al periodo GEC en el horario regulado. Este último es el que se emplea para la estimación de emisiones. Se incorpora el promedio general a modo de comparación.</p>	MP10	Mes	Día	Hora	Promedio general	2,04	0,068	0,0028	Promedio ajustado	3,56	0,116	0,0045	MP2,5	Mes	Día	Hora	Promedio general	1,90	0,063	0,0026	Promedio ajustado	3,29	0,108	0,0042	
MP10	Mes	Día	Hora																								
Promedio general	2,04	0,068	0,0028																								
Promedio ajustado	3,56	0,116	0,0045																								
MP2,5	Mes	Día	Hora																								
Promedio general	1,90	0,063	0,0026																								
Promedio ajustado	3,29	0,108	0,0042																								
N° de horas sin emisión de humos visibles	Corresponde el número de horas que la vivienda no emitirá humos visibles producto de la restricción.	Corresponde a 12 horas entre las 18:00 y las 06:00	D.S. N° 8/2015 del MMA, que establece PDA por MP2,5 para Temuco y Padre Las Casas.																								
Reducción por día (kg/día)	Corresponde a la reducción de emisiones que se produce por cada día que se aplican medidas de restricción asociadas a la GEC.	<p><u>Corresponde al producto de:</u></p> <p>Reducción por día = N° viviendas afectadas x % adopción de la medida x % reducción de humos visibles x % viviendas mala operación x Tasa de emisión por hora x N° de horas sin emisión de humos visibles (12 horas dura la restricción).</p>	Estimación en base a los parámetros indicados anteriormente.																								

Fuente: Elaboración propia

Considerando los parámetros descritos en la Tabla 49 y Tabla 50 es posible estimar la reducción de emisiones asociada a la implementación de medidas de restricción en periodo GEC, según año y tipo de episodio para las comunas de Temuco (Tabla 51) y Padre Las Casas (Tabla 52). La Tabla 53 presenta los resultados totales asociado a medidas en episodios GEC, para ambas comunas.

Tabla 51. Reducción de emisiones asociada a medidas GEC – Temuco

AÑO	MP10 (TON/AÑO)			MP2,5 (TON/AÑO)		
	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL
2016	26,4	54,3	80,7	24,6	50,5	75,1
2017	16,6	39,3	55,9	15,4	36,6	52,1
2018	28,0	42,4	70,3	26,1	39,5	65,6
2019	23,0	14,9	37,8	21,4	13,8	35,3
Total acumulado	<b>93,9</b>	<b>150,8</b>	<b>244,7</b>	<b>87,6</b>	<b>140,5</b>	<b>228,0</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Reducción de emisiones asociada a medidas GEC – Padre Las Casas

AÑO	MP10 (TON/AÑO)			MP2,5 (TON/AÑO)		
	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL
2016	0,4	0,8	1,2	0,4	0,7	1,1
2017	1,3	2,8	4,0	1,2	2,6	3,8
2018	5,4	5,8	11,2	5,1	5,5	10,6
2019	5,3	2,2	7,5	5,0	2,1	7,1
Total acumulado	<b>12,4</b>	<b>11,6</b>	<b>23,9</b>	<b>11,6</b>	<b>10,8</b>	<b>22,5</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Reducción de emisiones asociada a medidas GEC

AÑO	MP10 (TON/AÑO)			MP2,5 (TON/AÑO)		
	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL	PREEMERGENCIA	EMERGENCIA	TOTAL
2016	26,8	55,0	81,8	25,0	51,2	76,2
2017	17,9	42,1	60,0	16,6	39,2	55,8
2018	32,7	45,2	77,9	30,6	42,1	72,7
2019	26,4	16,0	42,4	24,7	14,9	39,6
Total acumulado	<b>103,8</b>	<b>158,3</b>	<b>262,1</b>	<b>96,8</b>	<b>147,4</b>	<b>244,3</b>

Fuente: Elaboración propia

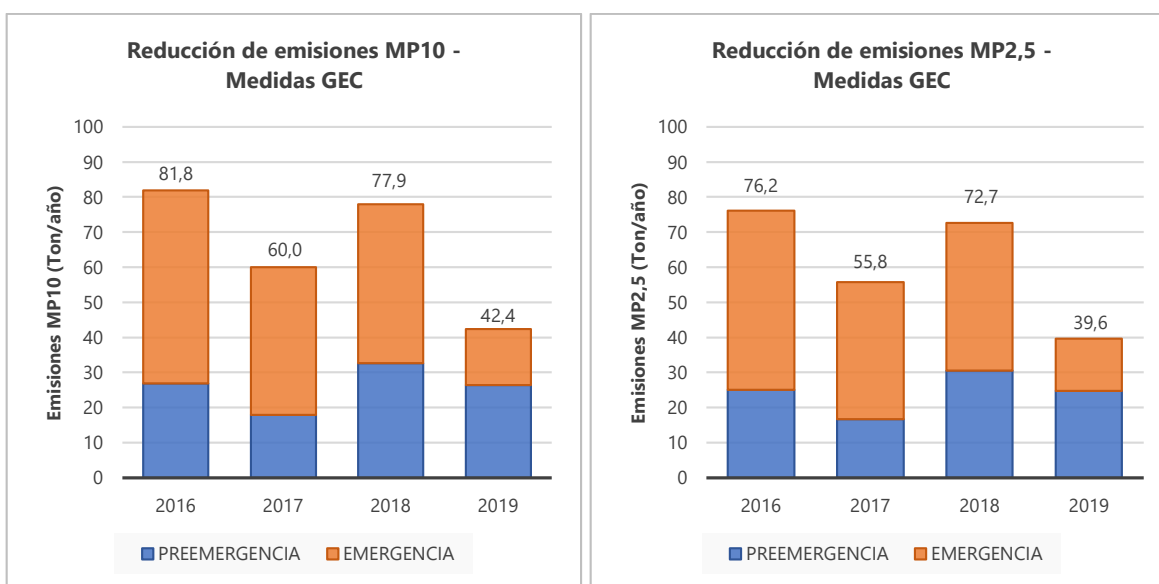


Figura 7. Reducción de emisiones asociadas a medidas GEC

Fuente: Elaboración propia

## 5.5 ACTIVIDAD 5). EVALUACIÓN DE RECURSOS ASIGNADOS AL PDA

La oportuna implementación de los Planes de Descontaminación supone, más allá de los impactos evidentes esperados en el territorio, un desafío importante en la gestión pública, especialmente en lo que a inversiones se refiere. Esto, ya que parte importante de las medidas consideradas en los respectivos instrumentos de gestión ambiental a que se hace referencia, implican contar con recursos significativos, en tiempo y cuantía, para lograr el efecto esperado.

En efecto, a partir de los antecedentes generados en el desarrollo del objetivo 1, derivados de una exhaustiva revisión y evaluación a la ejecución del PDA, y el avance en el cumplimiento de metas de reducción de la contaminación atmosférica, se ha podido identificar, para los primeros cinco años de implementación (2015-2019), los recursos ejecutados, desagregado según cada uno de los capítulos establecidos en el propio PDA (Tabla 54). Considerar que el Plan entra en vigencia en octubre de 2015, por lo que la mayoría de las medidas, en la práctica, comienzan a implementarse a partir del año 2016, trasladando a dicho año, los que excepcionalmente sí fueron ejecutados el año 2015. En el Anexo 3, se presenta el detalle de la información reportada por cada una de las instituciones, desagregada según las medidas de su competencia.

Tabla 54. Recursos ejecutados en la implementación del PDA, según capítulos (\$).

Capítulo PDA	2016 (\$)	2017 (\$)	2018 (\$)	2019 (\$)	Subtotal
Calefactores	2.808.498.540	1.869.443.000	1.679.296.000	2.685.128.623	9.042.366.163
Leña	316.038.204	231.064.521	87.398.953	173.857.285	808.358.963
Eficiencia térmica	15.445.053.997	14.351.883.284	19.872.187.365	19.737.180.589	69.406.305.235
Proyectos inmobiliarios	127.376.305	41.264.616		84.901.522	253.542.443
Quemas					-
Calderas		102.055.094	69.963.832	89.999.097	262.018.023
Transporte	3.552.547.400	1.335.647.666	1.335.647.666	1.032.717.268	7.256.560.000
Compensación					-
GEC	23.293.000	40.281.000	31.226.000	51.000.000	145.800.000
Educación	46.990.000		16.400.000	51.265.800	114.655.800
Fiscalización PDA					-
Med. Complementarias	4.190.140	47.488.256	29.551.266	4.083.022	85.312.684
<b>TOTAL</b>	<b>22.323.987.586</b>	<b>18.019.127.437</b>	<b>23.121.671.082</b>	<b>23.910.133.206</b>	<b>87.374.919.311</b>

Fuente: elaboración propia, desde información reportada por instituciones encargadas de la ejecución del PDA MP2,5.

A partir de lo expuesto, se observa que, del total de recursos ejecutados, el 79,4% corresponde al capítulo EFICIENCIA TÉRMICA, que está asociado al "Programa de subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes". En este orden, pero muy por debajo del capítulo ya indicado, le siguen las inversiones realizadas por el Estado para implementación de medidas correspondientes al capítulo CALEFACTORES y TRANSPORTE, con un 10,3% y 8,3%, respectivamente. Estas últimas corresponden a inversiones asociadas al "Programa de recambio de calefactores a leña" y "Programa de Renovación de Buses y proyectos de Mejoramiento del Transporte Público". Luego, una cifra menor al 2% corresponde a la implementación de medidas asociadas a los otros 8 capítulos del PDA.

Un aspecto importante a destacar corresponde a la baja inversión vinculada a los capítulos de LEÑA (0,9%) y EDUCACIÓN (0,1%), los cuales incluyen medidas relevantes para el logro de objetivos del PDA, tal como se puede apreciar en la Figura 8.

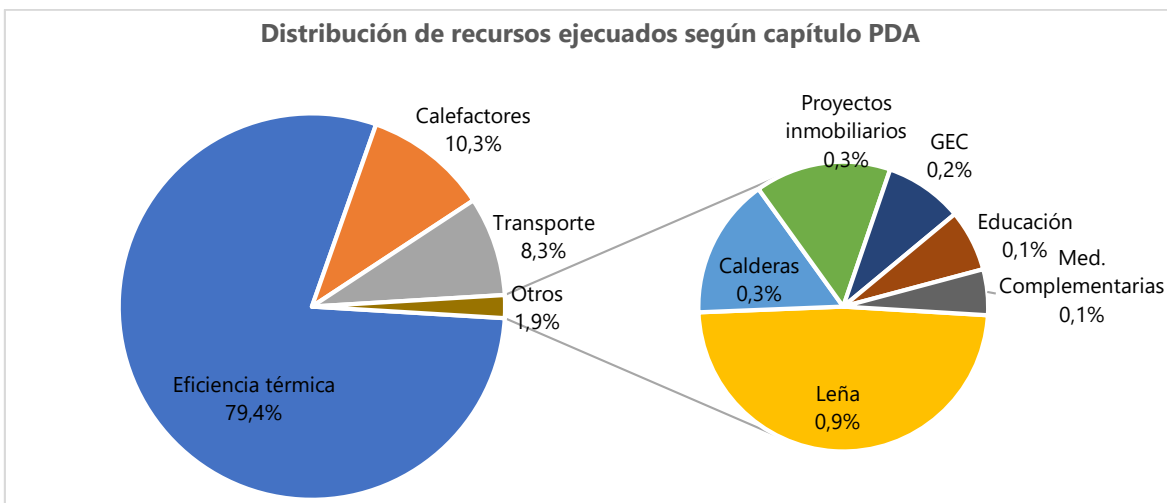


Figura 8. Distribución de recursos ejecutados según capítulo PDA

Fuente: Elaboración propia

En relación al presupuesto anual dispuesto para la ejecución de las medidas contenidas en el PDA se observa a partir del año 2017 un aumento progresivo hasta el año 2019. El año 2016 considera recursos de programas ejecutados durante el 2015 y 2016.

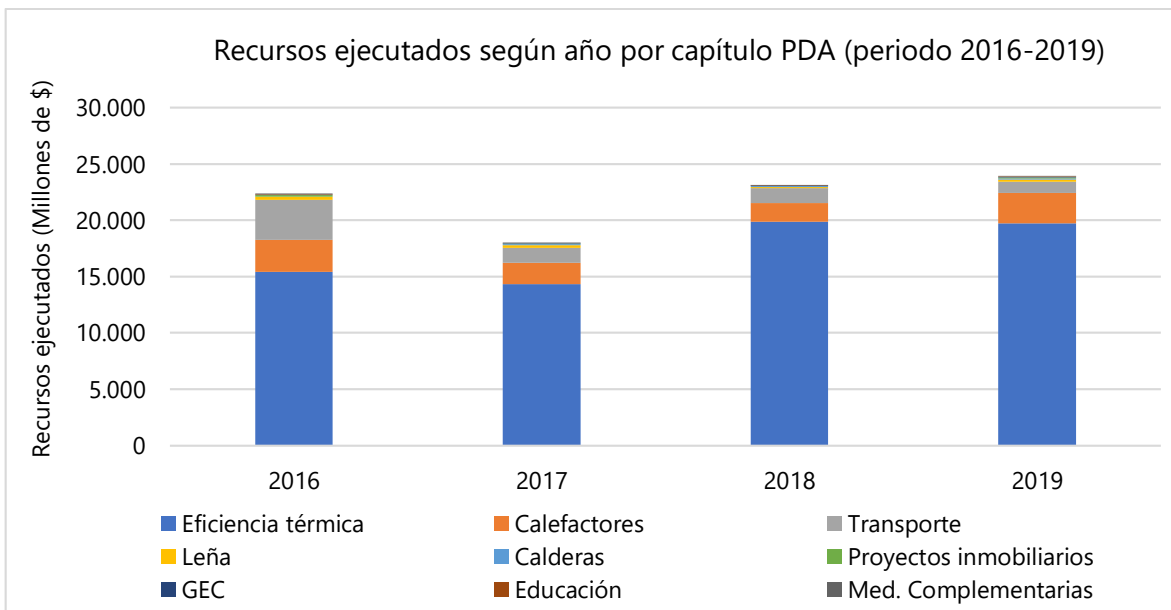


Figura 9. Distribución de recursos ejecutados según capítulo PDA, por año de ejecución

### 5.5.1 Recursos asignados a medidas estructurales del PDA MP2,5

El PDA de Temuco y Padre Las Casas, define, para su implementación, la ejecución de medidas estructurales, que identifican o representan un sector regulado o un capítulo de

medidas, y sobre las cuales se espera un mayor impacto en la reducción de emisiones, según se logró establecer en el AGIES, Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas por MP10 y MP2,5.

En la Tabla 56 se presenta una matriz con información referida a la ejecución de la medida “Programa de Recambio de Calefactores a Leña”, correspondiente al sector “Mejoramiento de la eficiencia de los artefactos de combustión a leña”, capítulo CALEFACTORES, identificado como uno de los sectores de mayor relevancia para la zona de estudio.

Se puede observar, que la ejecución del Programa de Recambio de Calefactores a Leña, en términos del número total de artefactos recambiados anualmente, ha estado muy por debajo de las proyecciones establecidas en el AGIES, arrastrando un déficit de aproximadamente un 51% al quinto año de su implementación, año en que debía darse por lograda la meta de 27.000 unidades recambiadas. Lo anterior se debe, fundamentalmente, a la falta de recursos para la implementación oportuna del Programa.

Tabla 55. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida “Programa de recambio de calefactores”.

ALCANCE	2015	2016	2017	2018	2019
META DE RECAMBIOS ESTABLECIDA EN PDA <sup>1</sup>	5.400 calefactores	5.400 calefactores	5.400 calefactores	5.400 calefactores	5.400 calefactores
RECAMBIOS EJECUTADOS EN PDA <sup>2</sup>	0 leña 594 NO leña	643 leña 1.394 NO leña	432 leña 1.533 NO leña	236 leña 1.722 NO leña	0 leña 2.182 NO leña
RECURSOS PROYECTADOS AGIES <sup>3</sup>	3.532.975.942	3.684.162.932	3.770.850.450	3.840.667.134	3.945.950.750
RECURSOS EJECUTADOS EN PDA <sup>4</sup>	465.000.000	2.727.265.000	1.825.043.000	1.586.299.000	2.622.628.623
BRECHA RECAMBIOS TOTALES: DÉFICIT ACUMULADO <sup>5</sup>	4.806	8.169	11.604	15.046	18.264
BRECHA/RECURSOS (\$) <sup>6</sup>	3.067.975.942	956.897.932	1.945.807.450	2.254.368.134	1.323.322.127
DELTA RECURSO (%) <sup>7</sup>	BRECHA (87%)	BRECHA (26%)	BRECHA (52%)	BRECHA (59%)	BRECHA (34%)

<sup>1,3</sup> A partir de supuestos proyectados en el AGIES, año 2014. Considera un costo de 44.1 UF por calefactor a pellet (90% subsidio), 15.5 UF por calefactor a leña (75% subsidio), y 0,52 UF por servicio de chatarrización.

<sup>2,4</sup> A partir de información actualizada al año 2020, entregada por la seremi de Medio Ambiente de la región de La Araucanía.

<sup>5</sup> Corresponde al déficit acumulado en el número de calefactores a recambiar, respecto de la proyección inicial.

<sup>6</sup> Corresponde a la brecha de recursos asignados y ejecutados, respecto de la proyección evaluada inicialmente.

<sup>7</sup> Corresponde a la fracción entre el monto proyectado sobre el monto ejecutado en términos porcentual (1-(ejecutado/proyectado)).

En la Tabla 56 se presenta, una matriz con información relevante referida a la medida “Programa de subsidio al mejoramiento térmico de viviendas”, correspondiente al sector “Mejoramiento de la eficiencia térmica de las viviendas”, identificado como otro de los sectores de mayor incidencia para la reducción de emisiones en la zona de estudio. Según se puede observar en dicha tabla, respecto del grado de ejecución de la medida, en términos del número total de subsidios entregados anualmente, ningún año se ha logrado alcanzar la meta y/o proyecciones anuales establecidas en el AGIES, sin embargo, para los últimos

años se evidencia una mayor aproximación, logrando al quinto año de implementación del PDA, un nivel de cumplimiento de la medida en torno al 70%.

Luego, cuando el análisis se centra en los recursos ejecutados, podemos advertir un déficit acumulado durante los primeros 2 años de implementación, pero que se revierte a partir del año 3, llegando al año 5 a superar ampliamente las proyecciones establecidas en el AGIES.

Tabla 56. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida "Mejoramiento térmico de viviendas".

ALCANCE	2015	2016	2017	2018	2019
META DE SUBSIDIOS DE MT MINVU - PDA <sup>1</sup>	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
SUBSIDIOS EJECUTADOS EN PDA <sup>2</sup>	2.107	1.417	2.992	3.828	3.054
RECURSOS PROYECTADOS AGIES <sup>3</sup>	10.093.132.000	10.525.048.400	10.772.700.400	10.972.155.200	11.272.933.200
RECURSOS EJECUTADOS EN PDA <sup>4</sup>	9.237.944.173	6.137.405.822	14.280.707.626	19.579.349.255	19.453.678.501
BRECHA SUBSIDIOS: DÉFICIT ACUMULADO <sup>5</sup>	1.893 (52,7%)	4.476 (55,9%)	5.484 (45,7%)	5.656 (35,3%)	6.602 (33,1%)
DELTA RECURSOS (\$) <sup>6</sup>	BRECHA (8%)	BRECHA (42%)	SUPERÁBIT (33%)	SUPERÁBIT (78%)	SUPERÁBIT (73%)

<sup>1,3</sup> A partir de supuestos proyectados en el AGIES, año 2014. Considera un subsidio promedio de 101 UF por vivienda.

<sup>2,4</sup> A partir de información actualizada al año 2020, entregada por la seremi de Vivienda y Urbanismo de la región de La Araucanía.

<sup>5</sup> Corresponde al déficit acumulado en el número de subsidios o de viviendas aisladas, respecto de la proyección inicial.

<sup>6</sup> Corresponde a la brecha acumulada de recursos asignados y ejecutados, respecto de la proyección evaluada inicialmente. A partir del 4to año, se observa una inversión en cuanto a los recursos asignados.

Finalmente, en la Tabla 57 se presenta, información relevante referida a la medida "uso de leña seca", correspondiente al sector "Uso y mejoramiento de la calidad de la Leña", capítulo LEÑA, identificado como otro de los sectores de alta incidencia en el marco de la problemática.

Esta medida es quizá, la que presenta mayores brechas, ya que el nivel de cumplimiento efectivo a la fecha se estima cercano al 55%, lo que se traduce en una distribución del contenido de humedad de leña seca hacia el año 5 de implementación del PDA, de tan solo un 41%, muy por debajo del 75% esperado. Se debe considerar que el nivel de penetración o de adopción al uso de leña seca estimado (41%) está incluso por debajo de las estimaciones realizadas para el año base de implementación del PDA, de un 45%. Lo anterior, implica que al año 2019 se mantengan en uso un total de 384.020 m<sup>3</sup>/año de leña húmeda.

Es importante establecer que la evaluación realizada en el AGIES referente al componente mejoramiento de la calidad de la leña considera costos asociados al proceso de secado de la leña representado en UF/m<sup>3</sup> según la calidad de la leña de origen. Luego, el estudio de

Evaluación de Medidas<sup>4</sup> considera que los costos de implementación asociados a esta regulación son asumidos por una parte por el productor y/o comercializador y, por otra parte, el usuario, quién deberá pagar un precio más alto por un producto de mejor calidad, por lo tanto, no considera costos en este componente a cargo del Estado en la evaluación. El mismo estudio, también propone que para lograr el cumplimiento de esta medida corresponde realizar actividades de fiscalización y difusión, las cuáles sí se encuentran valorizadas y representan el único costo público asociado a esta medida en la evaluación. Sin embargo, al evaluar los recursos que se han ejecutado como parte de la implementación de las medidas de este sector se evidencia que existe financiamiento como apoyo a la implementación. Los costos asociados específicamente a la fiscalización de esta medida no han sido identificados por parte de los servicios con competencia, para ser contrastados con la evaluación.

Tabla 57. Evaluación de recursos asignados para la ejecución de la medida “Uso y Mejoramiento de la Calidad de la Leña”.

ALCANCE	2015	2016	2017	2018	2019
Define demanda total de leña (m <sup>3</sup> /año) <sup>1</sup>	626.439	632.605	638.136	644.465	650.881
Meta de cumplimiento PDA <sup>2</sup>	45%	55%	65%	65%	75%
Distribución uso leña seca alcanzada <sup>3</sup>	26%	30%	33%	37%	41%
Recursos proyectados estudio medidas <sup>4</sup>	22.878.586	21.688.756	11.099.544	11.305.050	11.614.954
Recursos ejecutados en PDA <sup>5</sup>	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I
Brecha de implementación <sup>6</sup> (m <sup>3</sup> de leña)	119.023 (42,2%)	158.151 (45,5%)	204.203 (49,2%)	180.450 (43,1%)	221.300 (45,3%)
Brecha recursos (\$) <sup>7</sup>	N/I	N/I	N/I	N/I	N/I

<sup>1</sup> proyección establecida por el consultor en el marco del presente estudio.

<sup>2,4</sup> A partir de supuestos proyectados es Estudio de Medidas PDA, año 2013. Establece distribución de penetración de la medida, y establece costos de administración por parte del estado.

<sup>3</sup> a partir de proyecciones establecidas en el inventario de emisiones del año base 2017, y la opinión experta del equipo consultor.

<sup>5</sup> no disponible en la información recopilada con las instituciones a cargo de la implementación de la medida.

<sup>6</sup> cálculo a partir de los datos de demanda total de leña para uso residencial y la distribución del contenido de humedad proyectada en el AGIES y el efectivamente alcanzado a través de la implementación del PDA.

N/I: No identificado

## 5.6 ACTIVIDAD 6). EVALUACIÓN DE MEDIDAS PRESCINDIBLES

Una medida puede ser prescindible o posible de sustituir por otra de mayor potencial de reducción de emisiones y menor costo de implementación.

El análisis de medidas prescindibles considera el impacto en emisiones, además de si este impacto es significativo respecto al inventario total del área saturada, según área regulada.

<sup>4</sup> Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2.5 de Temuco y Padre Las Casas, año 2013. GreenLabUC, Subsecretaría del Medio Ambiente.

Es importante considerar que si bien hay medidas que generan un impacto en emisiones, esta no es cuantificable con los antecedentes disponibles, por otra parte, hay medidas que no tienen un impacto directo en la reducción de emisiones, pero su implementación proporciona las condiciones para otra medida que sí genera un impacto directo. Todos estos alcances fueron analizados para cada medida y se presentan a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 58. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Leña

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 4.	Exigencia de comercialización de leña seca	SI	La exigencia de comercialización de leña seca aumenta su oferta en la zona saturada, lo que impacta en el factor de emisión de la fuente combustión residencial de leña.
Art. 5.	Exigencia de uso de xilohigrómetro en comercio de leña	NO	Medida no asegura que comerciantes de leña aumenten su oferta de leña seca por contar con xilohigrómetro
Art. 6.	Registro de comerciantes de leña y permiso especial	NO	Medida no asegura que los comerciantes que se inscriban en este registro aumenten su oferta de leña seca luego de ingresar el registro.
Art. 7.	Diseño de indicadores de energía calórica de la leña	NO	Medida no asegura que los usuarios aumenten su consumo de leña seca producto de la elaboración de indicadores de energía calórica comercializada en la zona saturada.
Art. 8.	Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría)	NO	Medida no asegura que los usuarios aumenten su consumo de leña seca al conocer el indicador de precio por caloría.
Art. 9.	Exigencia de uso de leña seca	SI	La exigencia de uso de leña seca en la zona saturada impacta en el factor de emisión de la fuente combustión residencial de leña.
Art. 10.	Programa de apoyo a la producción de leña seca	SI	Medida impacta en emisiones proporcionando financiamiento a los productores para aumentar la oferta de leña seca. Sin embargo, esta medida tendrá impacto en reducción de emisiones siempre y cuando considere el seguimiento de los beneficiarios de manera tal que se asegure que los recursos entregados aportan a producir leña seca.
Art. 11.	Operación de mesa de fiscalización forestal	SI	La medida de fiscalización forestal asegura que los productores y comerciantes cuenten con leña seca en la zona saturada, lo que impacta en el factor de emisión de la fuente combustión residencial de leña. Sin embargo, esta medida tendrá el impacto esperado siempre y cuando las fiscalizaciones sean suficientes respecto a la frecuencia y al universo de todos los comerciantes.
Art. 12.	Programas de fomento para la producción y comercialización de leña seca	SI	Medida impacta en emisiones proporcionando financiamiento a los productores para aumentar la oferta de leña seca. Sin embargo, esta medida tendrá impacto en reducción de emisiones siempre y cuando considere el seguimiento de los beneficiarios de manera tal que se asegure que los recursos entregados aportan a producir leña seca.
Art. 13.	Reporte mensual de leña seca	SI	Medida entrega información al usuario respecto a puntos de venta de leña seca, por lo tanto, podría aumentar su consumo. Así también incentiva a los comerciantes para que cuenten con stock de leña seca con el objetivo de aparecer en el reporte.
Art. 14.	Desarrollo de una Política Nacional y Regional sobre Calefacción y Uso de la Leña.	NO	La política si bien define ejes estratégicos y establece lineamientos y acciones, éstas no son vinculantes. Por lo tanto, permite avanzar en el aspecto de mejoramiento de la calidad de la leña, pero, el solo hecho de desarrollar la política no asegura mejorar las condiciones de este energético.

Art. 15.	Fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC	NO	El fomento al desarrollo de proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC tendría un impacto en emisiones siempre y cuando los resultados de las iniciativas financiados permitan a la población diversificar la matriz energética y poder optar por energías alternativas más limpias. Sin embargo, el nivel de financiamiento y inexistencia de líneas específicas para este tipo de proyectos no permite establecer que éstos tendrán un impacto significativo que generen una reducción de emisiones.
----------	---	----	---

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

De los artículos que contienen medidas asociadas al mejoramiento de la calidad de la leña el análisis indica que 6 de éstas no tendrían un impacto directo en la reducción de emisiones por no asegurar que su ejecución genere un cambio en las variables que inciden en la estimación de emisiones de esta fuente o por no ser medidas vinculantes. De las medidas que resultan tener un impacto en emisiones, las que dicen relación con exigencia de uso y comercialización de leña seca, además de los Programas de fomento a la producción de leña seca, tendrán un efecto al aumentar la proporción de leña seca que se utiliza en la zona saturada, mejorando la proporción del nivel de actividad que se asocia a un factor de menor emisión.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, en la práctica esta estimación se ha realizado en base a supuestos y proyecciones, dado que con los antecedentes disponibles no es posible definir de forma certera cuál es el porcentaje de leña seca que está siendo empleado por la población en el área de estudio, dado que las actividades de fiscalización no desagregan sus resultados por medida. Por otra parte, los servicios que otorgan Programas de fomento no disponen de manera general, de un seguimiento que indique cuánta leña seca se proporciona al mercado producto de la ejecución de los proyectos. Luego, en base a la estimación, se tiene que la regulación del sector mejoramiento de leña seca proporcionaría una reducción equivalente al 20,6% respecto a la reducción total generada por la implementación de todas las medidas del sector residencial comparado con un escenario sin PDA en donde no se regulara este sector.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se define al mejoramiento de la calidad de la leña como altamente relevante para reducir las emisiones en la zona saturada. Sin embargo, el impacto en emisiones se podrá observar siempre y cuando se intensifiquen las actividades de fiscalización para las medidas de prohibición de uso y comercialización, se logre aumentar el grado de formalización del mercado de leña, y los programas de financiamiento cuenten con un seguimiento tal que permita establecer que efectivamente se está aumentando la oferta de leña seca en el mercado producto de su ejecución.

Respecto a **las medidas prescindibles** para este sector, se considera que, de las medidas que no impactan en emisiones, se podría prescindir de la contenida en el Art. 4 (Exigencia de uso de xilohigrómetro en comercio de leña), Art. 7. (Diseño de indicadores de energía calórica de la leña) y Art. 8. (Exigencia de información de características de la leña comercializada (precio por caloría). Respecto a la medida contenida en el Art. 15 (Desarrollo de una Política Nacional y Regional sobre Calefacción y Uso de la Leña.) se entiende que su alcance será fortalecido mediante la Ley que declare la leña y sus derivados como combustible y establece su regulación, por lo tanto, no debería ser abordado específicamente por el PDA. Respecto al Art. 15 (Fomento a proyectos orientados a la generación de energía para calefacción a través de ERNC) actualmente cuentan con líneas de financiamiento específicas de cada servicio y su nivel de desarrollo aun es a baja escala, por lo tanto, se podría prescindir de este artículo para enfocar recursos en fortalecer medidas que generen un mayor impacto.

Tabla 59. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento de Calefactores

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 16	Prohibición de chimeneas de hogar abierto y de quemar en las estufas cualquier elemento distinto a la leña, briquetas o pellets de madera.	SI	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 17	Prohibición de salamandras, estufas hechizas y cámara simple	SI	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por

			mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 18	Prohibición de toda estufa a leña que no cumpla norma de emisión -DS 39/2011	SI	Medida impacta en emisiones, prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión, lo que promueve el recambio por mejores tecnologías, que presentan menores factores de emisión.
Art. 19	Elaboración de norma técnica para cocinas a leña	SI	Mejores estándares de fabricación pueden generar modelos de cocinas más eficientes lo que podrá tener un impacto en menores emisiones, reduciendo el consumo de leña (nivel de actividad) y reduciendo los factores de emisión.
Art. 20	Programa de mejoramiento tecnológico para cocinas	SI	Medida impacta en emisiones proporcionando financiamiento para generar un artefacto con mejor desempeño ambiental.
Art. 21	Programa de recambio de cocinas	SI	Medida impacta en emisiones retirando artefactos tipo cocina con mayores factores de emisión y reemplazándolo por equipos con mejor desempeño ambiental.
Art. 22	Prohibición de cocinas que no cumplan norma técnica	SI	Medida impacta en emisiones prohibiendo artefactos con mayores factores de emisión.
Art. 23	Prohibición de humos visibles	SI	Medida impacta en emisiones obligando al usuario a operar los calefactores de manera eficiente, reduciendo humos visibles y por lo tanto reduciendo los factores de emisión desde calefactores a leña.
Art. 24	Prohibición de calefactores a leña en establecimientos cuyo destino no sea habitacional	SI	Medida impacta en emisiones eliminando la fuente institucional o comercial asociada a combustión de leña.
Art. 25	Prohibición de calefactores a leña en organismos de la Administración del Estado.	SI	Medida impacta en emisiones eliminando la fuente institucional o comercial asociada a combustión de leña.
Art. 26	Recambio de calefactores a leña	SI	Medida impacta en emisiones mejorando la tecnología de los artefactos en uso, lo que impacta en el factor de emisión por tipo de artefacto y en el nivel de actividad, ya sea reduciendo el consumo de leña o bien eliminándolo en el caso de tecnologías diferentes a leña.
Art. 27	Oficina para el recambio de calefactores	NO	Medida impacta indirectamente, ya que proporciona la gestión técnica-administrativa para la ejecución del Programa de Recambio de Calefactores, a partir del cual, se genera un impacto en la reducción de emisiones.
Art. 28	Sistema de registro de calefactores y cocinas a leña.	NO	Por si misma la medida no genera un impacto en emisiones por cuanto no asegura que los usuarios que se registran renueven su artefacto a leña.

#### **Análisis del impacto en emisiones del sector:**

De los artículos que contienen medidas asociadas al mejoramiento de la calidad de los artefactos, el análisis indica que solo uno de éstos no tendrían un impacto directo en la reducción de emisiones por no asegurar que su ejecución genere un cambio en las variables que inciden en la estimación de emisiones de esta fuente. Existe una medida que proporciona el soporte para la ejecución del Programa de Recambio de Calefactores, correspondiente a la oficina de apoyo, la cual impacta de manera indirecta. Las medidas que resultan tener un impacto en la reducción de emisiones son las que dicen relación con la prohibición de artefactos tipo chimenea, hechizo, salamandra, cámara simple y de todo calefactor a leña no certificado. Esta prohibición tendrá un efecto en la reducción de emisiones, al promover el recambio tecnológico y renovar el parque de calefactores por equipos con menores factores de emisión. El Programa de Recambio de Calefactores viene a acelerar este recambio de tecnologías, siendo una la medida más relevante en términos de la reducción de emisiones, impactando tanto en el factor de emisión como en el nivel de actividad, además de reducir la penetración de la leña como combustible, cuando se recambia otro tipo de tecnología.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, la medida que establece el Programa de Recambio de Calefactores ha significado una reducción del 30,9% de la reducción total, respecto al escenario base. Por otra parte, el recambio natural, atribuible a la prohibición de artefactos no certificados ha contribuido con un 5,9% de la reducción de emisiones.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se define al mejoramiento de los artefactos de combustión como altamente relevante para reducir las emisiones en la zona saturada. El impacto de este sector en la reducción de emisiones se hace efectivo cuando las medidas se ejecutan de manera correcta y los artefactos sean empleados en condiciones de buena operación. Esto se torna relevante a la hora de estimar el impacto de calefactores a leña certificados, los cuales presentan bajos factores de emisión, sin embargo, se tienen algunas nociones que indican que, en condiciones reales de operación, estos factores de emisión pueden aumentar respecto a los que se indican como límites de emisión para este tipo de artefactos. Otro aspecto relevante a considerar tiene relación con el Programa de Recambio de Calefactores, y se refiere a que se debe asegurar que los beneficiarios conserven el recambio en sus viviendas y no migren nuevamente a la leña, ya sea por costumbre o porque el nuevo artefacto no proporciona condiciones de confortabilidad térmica dentro de la vivienda, lo cual se puede dar, por ejemplo, a viviendas con pobre aislación térmica.

Respecto a **las medidas prescindibles** para este sector, se considera que, de las medidas que no impactan en emisiones, se podría prescindir de la contenida en el Art. 28 (Sistema de Registro de Calefactores y cocinas a leña), ya que no impacta en emisiones, y no posee mayor relevancia en términos uso de la información allí contenida.

Tabla 60. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Mejoramiento Térmico

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 29	Programa de subsidios para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes	SI	Medida impacta en emisiones ya que reduce la demanda energética de la vivienda, lo que impacta en un menor nivel de actividad.
Art. 30	Programa de subsidio adicional para ampliaciones no regularizadas	NO	Medida impacta indirectamente, ya que proporciona condiciones para viviendas no regularizadas puedan acceder al Subsidio de Aislación Térmica.
Art. 31	Norma de aislación térmica para mejoramiento térmico de viviendas existentes	SI	Medida impacta en emisiones estableciendo los estándares térmicos que deben cumplir las viviendas para lograr reducir la demanda energética.
Art. 32	Norma de aislación térmica para viviendas nuevas	SI	Medida impacta en emisiones estableciendo los estándares térmicos que deben cumplir las viviendas para lograr reducir la demanda energética.
Art. 33	Segunda etapa norma de aislación térmica para viviendas nuevas y existentes	SI	Medida impacta en emisiones estableciendo los estándares térmicos que deben cumplir las viviendas para lograr reducir la demanda energética.
Art. 34	Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda	SI	Medida impacta en emisiones entregando indicaciones técnicas para quienes ejecutan las obras destinadas a mejorar las condiciones térmicas de la vivienda.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

De los artículos que contienen medidas asociadas al mejoramiento de la eficiencia térmica de la vivienda, el análisis indica que todas impactan en emisiones. Cuando la medida asociada al Subsidio de Aislación Térmica es ejecutada en viviendas que utilizan leña como combustible, entonces la medida impacta reduciendo el nivel de actividad de la fuente de combustión residencial de leña. Cuando el subsidio es ejecutado en viviendas que consumen una tecnología distinta a leña, entonces el mejoramiento térmico de la vivienda proporciona el soporte para dar continuidad al uso de un combustible distinto a la leña, este aspecto toma relevancia para los beneficiarios del Programa de Recambio de Calefactores, en donde una vivienda con pobres condiciones térmicas puede hacer que el usuario vuelva al uso de leña como combustible.

Respecto a la medida del Programa de Capacitación (Art. 34), es importante mencionar que es una de las más relevantes para hacer efectivo el impacto en la reducción de emisiones, ya que el cumplimiento de los estándares impuestos en el PDA ya sea para viviendas nuevas o existentes, dependerá de que la mano de obra cuente con los conocimientos y herramientas técnicas para ejecutar las obras de la manera correcta.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, la medida que el subsidio de aislación térmica ha significado una reducción del 7,1% de la reducción total, respecto al escenario base. Por otra parte, la norma de estándares térmicos para viviendas nuevas ha contribuido con un 1,8% de la reducción de emisiones.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se define al mejoramiento térmico de la vivienda como altamente relevante para reducir las emisiones en la zona saturada. El impacto de este sector en la reducción de emisiones se hace efectivo en la medida que las obras se ejecuten de la manera correcta para lograr los estándares térmicos establecidos en el PDA, lo cual debe ser fiscalizado por los organismos competentes.

El análisis indica que no se encuentran **medidas prescindibles** para este sector.

Tabla 61. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Proyectos Inmobiliarios

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 35	Estudio para el diseño de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.	NO	Le medida en sí misma no genera impacto en la reducción de emisiones, dado que su ejecución no asegura que sus resultados se apliquen en viviendas en la zona saturada.
Art. 36	Aplicación de los resultados del estudio para la construcción de viviendas sociales de baja o nula demanda de energía.	SI	La medida impacta en emisiones dado que reduce el nivel de actividad de la fuente residencial de leña, asociado a viviendas sociales.
Art. 37	Programa de calefacción limpia y eficiente en el marco de la construcción sustentable	SI	Medida impacta en emisiones entregando indicaciones técnicas para quienes ejecutan las obras destinadas a mejorar las condiciones térmicas de la vivienda.
Art. 38	Diseño de proyecto piloto de calefacción distrital para un conjunto habitacional nuevo	SI	La medida como proyecto piloto puede tener un impacto poco significativo en la reducción de emisiones, sin embargo, proporciona antecedentes de base para escalar esta tecnología y poder aplicar los resultados a una escala en que genere un impacto más significativo.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

De los artículos que contienen medidas en este sector, se observa que en general, pueden tener impacto en la reducción de emisiones, sin embargo, es un sector que se encuentra en desarrollo y es aún incipiente.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, las medidas no permiten estimar una reducción de emisiones.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante, de acuerdo al desarrollo actual de las medidas contenidas, las cuales aún se encuentran a nivel de ensayo o programas piloto. Estas medidas pueden resultar ser significativas cuando logren un mayor desarrollo o escalado.

El análisis indica que no se encuentran **medidas prescindibles** para este sector.

Tabla 62. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Quemados agrícolas

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 39	Prohibición de quemados agrícolas del 1° de abril al 30 de septiembre	NO	La ejecución de esta medida no impacta en emisiones, solo las restringe a un periodo de tiempo específico. La medida aporta a no aumentar las emisiones en el periodo del año, donde ocurren las mayores emisiones provenientes de la combustión residencial de leña.

Art. 40	Plan de difusión prohibición de quemas	NO	La ejecución de esta medida no impacta en emisiones. Su implementación permite el cumplimiento de la medida contenida en artículo 39.
Art. 41	Programa de buenas prácticas agrícolas	NO	La ejecución de esta medida no impacta en emisiones. En lo que respecta al reemplazo del uso del fuego por mejores prácticas agrícolas se observa una escasa acogida por parte de los agricultores, ya que son prácticas arraigadas en este sector y constituyen una de las opciones de menor costo para ellos.
Art. 42	Prohibición de quemas de todo tipo en zona urbana	SI	La ejecución de esta medida tiene un impacto en emisiones al eliminar una fuente de emisión urbana. Sin embargo, esta medida no cuenta con un servicio a cargo de su fiscalización, por lo tanto, está contenida en el PDA, pero no se tiene efecto en emisiones dado que no se ejecuta.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

El sector asociado a quemas agrícolas tiene una participación menor respecto a las emisiones de material particulado en la zona saturada, y su mayor relevancia se da entre los meses de febrero y marzo donde alcanzan cerca del 34% de las emisiones en ese periodo, mientras que en el aporte anual alcanza solo un 2,9%<sup>5</sup>. Por otra parte, las medidas contenidas, no suponen un impacto en emisiones ya que regulación de esta fuente se orienta a restringirla a un periodo del año específico donde no se suma a las emisiones provenientes de la fuente residencial de leña.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones se estima que no existe una reducción de emisiones asociada a este sector a partir de la implementación de las medidas contenidas en el PDA, que regulan esta fuente.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante, de acuerdo a que su aporte a las emisiones totales de la zona saturada es menor, y las medidas contenidas no prohíben las emisiones de esta fuente, sino que solo las restringen a un periodo específico.

El análisis indica que una **medida prescindible** corresponde a la contenida en el artículo 41, dado que para los objetivos del PDA resulta no tener impacto alguno. Respecto a las medidas del artículo 39 y 40, aun cuando no impactan en emisiones se considera importante que las quemas no ocurran en periodos donde comienza las emisiones de combustión residencial de leña y por lo tanto se debe mantener este periodo de restricción.

Tabla 63. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Calderas y otras fuentes

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 43	Límite de emisión y eficiencia para calderas nuevas con una potencia térmica nominal menor a 75 kWt.	SI	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 44	Registro de calderas de uso residencial (menor a 75 kWt).	NO	La ejecución de esta medida no asegura que las fuentes registradas reduzcan su nivel de emisión, por lo tanto, no impacta en emisiones.
Art. 45	Límites de emisión de MP y eficiencia para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt.	SI	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 46	Límites de emisión de SO <sub>2</sub> para calderas nuevas y existentes con una potencia térmica nominal mayor a 75 kWt.	SI	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.

<sup>5</sup> Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. Desarrollado por SICAM Ingeniería, para la SEREMI del Medio Ambiente Región de la Araucanía, año 2018.

Art. 47	Corrección de oxígeno de los valores medidos de emisión en chimenea.	SI	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 48	Monitoreo continuo de emisiones para MP y SO <sub>2</sub> para calderas con potencia térmica nominal por sobre 20 MWt.	SI	La medida por sí misma no impacta en emisiones, sin embargo, es necesaria para cumplir las medidas que establecen límites de emisión para las distintas fuentes, por lo tanto, este artículo se complementa a los artículos que 45, 46 y 47.
Art. 49	Monitoreo discreto de emisiones para MP y SO <sub>2</sub> para calderas con potencia térmica nominal entre 75 kWt y 20 MWt.	SI	La medida por sí misma no impacta en emisiones, sin embargo, es necesaria para cumplir las medidas que establecen límites de emisión para las distintas fuentes, por lo tanto, este artículo se complementa a los artículos que 45, 46 y 47.
Art. 50	Límite de emisión de MP para procesos industriales nuevos y existentes.	SI	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones limitando el aporte de esta fuente en la zona saturada.
Art. 51	Exigencias para grupos electrógeno con potencia mayor o igual a 20 kW.	NO	La medida no considera exigencias destinadas a regular las emisiones generadas por esta fuente, por lo tanto, no impacta en emisiones.
Art. 52	Estudios para diseñar un programa de control de emisiones industriales.	SI	La ejecución de esta medida impacta en la reducción de emisiones, toda vez que los resultados de estos estudios sean implementados por las industrias ubicadas en la zona saturada.
Art. 53	Ranking anual de desempeño industrial en la zona saturada.	NO	La ejecución de la medida no asegura que las fuentes catastradas reduzcan sus emisiones por la publicación de su desempeño en el ranking.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

El sector asociado al control de las emisiones al aire de calderas y otras fuentes emisoras representa cerca del 4% de las emisiones totales de MP<sub>2,5</sub> de la zona saturada. En este sentido, las medidas establecidas en el PDA se orientan a mantener limitadas las emisiones de este sector estableciendo límites para fuentes nuevas y existentes.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, a través del análisis de los dos últimos inventarios de emisiones asociados a fuentes puntuales (año base 2013 y 2017) es posible establecer que la reducción observada obedece a los límites establecidos en el PDA, de esta manera el aporte se estima en una reducción de 70,3 Ton/año de MP<sub>2,5</sub>, equivalente a 27,8% del sector.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante de acuerdo a que su aporte a las emisiones totales de la zona saturada es menor, sin embargo, se considera relevante respecto a la utilidad de la regulación de este tipo de fuentes, evitando que su aporte en la contaminación del área saturada aumente.

El análisis indica que las **medidas prescindibles** para este sector corresponden a las contenidas en el artículo 51 y 53, dado que no representa impacto en la reducción de emisiones.

Tabla 64. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Transporte

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 54	Programa de Renovación de Buses y proyectos de Mejoramiento del Transporte Público.	SI	La medida impacta en emisiones retirando buses con mayores factores de emisión y reemplazándolos por maquinas menos contaminantes.
Art. 55	Exigencias orientadas a reducir las emisiones MP y NOx provenientes del sistema de transporte público en un 40% y 35% respectivamente.	SI	Le medida impacta en emisiones estableciendo un nivel de reducción para MP y NOx. Este impacto se logrará siempre que las acciones de mejoramiento del transporte público sean

			diseñadas para reducir emisiones y su impacto sea estimado y analizado.
Art. 56	Implementación de la primera fase del ASM ( <i>Acceleration Simulation Mode</i> ) de manera de hacer efectiva la aplicación de la Norma de emisión de NO, HC y CO.	SI	La implementación de esta medida proporciona el método para el control de emisiones del sector.
Art. 57	Aumento de la cobertura de los controles de opacidad del 10% al 45% del parque operativo de buses urbanos	SI	Esta medida impacta en emisiones aumentando el control de las fuentes asociadas a buses urbanos.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

El sector asociado al control de las emisiones del transporte representa cerca del 2,7% de las emisiones totales de MP2,5 de la zona saturada, y dentro de este sector, las emisiones provenientes del transporte público representan solo un 1% del total emitido en la zona saturada.

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones, la medida contenida en el artículo 54, correspondiente al Programa de Renovación de Buses permite cuantificar este impacto, el cual se estima en 2,4 ton/año promedio, representando el 0,1% de la reducción de emisiones totales producto de la implementación del PDA al año 2019.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante de acuerdo a que su aporte a las emisiones totales de la zona saturada, el cual, además, representa uno de los sectores con mayor inversión.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, si bien las medidas establecidas para regular este sector tienen un impacto en la reducción de emisiones, éstas resultan ser poco significativas en relación a la inversión que implica su implementación. Las medidas establecidas tienen mayores efectos en proporcionar un mejor servicio a los usuarios que de reducción de emisiones, por lo tanto, se debe continuar con la renovación de buses y mejoramiento del sistema de transporte, pero no necesariamente deben estar contenidas en el PDA.

Tabla 65. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Complementarias: PCE

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 58	Exigencia de compensación de emisiones de un 120% para proyectos en el SEIA que generen más de 0,5 ton/año de MP	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.
Art. 59	No incorporación de emisiones de la fase de construcción de proyectos SEIA, a la compensación de emisiones	NO	La medida no impacta en emisiones, dejando fuera de la regulación los contaminantes generados en la etapa de construcción de los proyectos.
Art. 60	Exigencia de programa de compensación de emisiones para proyectos SEIA que deban compensar emisiones	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.
Art. 61	Características de un programa de compensación de emisiones	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.
Art. 62	Las compensaciones no sustituirán las exigencias impuestas en otras normativas vigentes ni se harán valer emisiones cedidas por actividades que igual deban cerrar.	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes provenientes de proyectos que se instalan en la zona saturada.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones asociadas a los planes de compensación tienen impacto en la reducción del sector de combustión residencial de leña. A partir de estas exigencias, los proyectos instalados

en la zona saturada evitan compensar mediante la instalación de artefactos de combustión más eficientes y menos contaminantes. La reducción asociada para este sector se cuantifica como “Recambio de Calefactores a través de proyectos evaluados SEIA”, alcanzando un 0,8% de la reducción total.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como relevante dado que su implementación permite estancar y reducir emisiones asociada a viviendas nuevas.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector regulado no se recomienda prescindir de ninguna de las medidas contenidas en el capítulo.

Tabla 66. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Complementarias: GEC

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 63	GEC para episodios de MP2,5 del 1° de abril al 30 de septiembre	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.
Art. 64	Seguimiento a la calidad de aire por MP10 y MP2,5, y meteorología. Información respecto a episodios críticos.	SI	La medida impacta en emisiones, permitiendo conocer el estado de la calidad del aire en la zona saturada, siendo fundamental para la regulación de las fuentes contaminantes.
Art. 65	Implementación sistema de pronóstico para MP10 y MP2,5	SI	La medida impacta en emisiones, permitiendo establecer los días de episodio de contaminación para la aplicación de medidas GEC.
Art. 66	Plan comunicacional de difusión a la ciudadanía, durante la GEC, informando calidad de aire, pronóstico para MP2,5 y medidas a implementar.	SI	Medida impacta en emisiones, informando a la comunidad respecto de las restricciones en periodo GEC.
Art. 67	Procedimiento para la declaración de un episodio crítico de MP2,5	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.
Art. 68	Las áreas urbanas de Temuco y Padre Las Casas se subdividirán en zonas territoriales de gestión de episodios, las cuales serán definidas cada año	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.
Art. 69	Exigencias y prohibiciones en Alerta, Pre emergencia y Emergencia (a) (b) (c)	SI	La medida impacta en emisiones, limitando y reduciendo los contaminantes en periodos de peores condiciones ambientales.
Art. 69	Exentos de GEC proyectos inmobiliarios con calefacción distrital (d)	SI	Promueve este tipo de calefacción alternativo.
Art. 69	Información oportuna de GEC a establecimientos educacionales (e)	SI	Medida impacta en emisiones, informando a la comunidad respecto de las restricciones en periodo GEC.
Art. 69	Suspensión de actividades física en establecimientos educacionales (f)	NO	La medida no impacta en reducción de emisiones, sin embargo, impacta en la salud de la población.
Art. 69	Intensificación de fiscalización en GEC (g)	SI	La medida impacta en emisiones. La fiscalización de las medidas promueve una mayor adopción de las restricciones por parte de la comunidad.

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones asociadas a la gestión de episodios críticos, fue posible estimar una reducción promedio de 61,1 ton/año (periodo 2016-2019), con valores que varían según la ocurrencia de episodios de contaminación.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, se considera que el sector aporta una reducción efectiva de contaminantes en los días del año en que el problema de la contaminación del aire se agudiza, por lo que se considera un grupo de medidas relevantes para los objetivos del PDA.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector regulado no se recomienda prescindir de ninguna de las medidas contenidas en el capítulo.

Tabla 67. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Educación

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 70 a)	Desarrollo de una estrategia Comunicacional	SI	Las medidas de educación ambiental impactan en emisiones al promover mejores prácticas en temas de calefacción residencial, mejores condiciones de operación y adopción de medidas de restricción que inciden en la reducción de emisiones en caso de que la estrategia comunicacional sea efectiva. Las medidas de educación ambiental impactan en emisiones al promover mejores prácticas en temas de calefacción residencial, mejores condiciones de operación y adopción de medidas de restricción que inciden en la reducción de emisiones en caso de que la estrategia comunicacional sea efectiva.
Art. 70 b)	Información expedita de calidad del aire y avances en el PDA	SI	
Art. 70 c)	Cuenta pública anual relativa a los avances y logros del Plan.	SI	
Art. 70 d)	Incorporación en el marco del SNCAE la temática de calidad del aire en los programas de trabajo.	SI	
Art. 70 e)	Promoción, en el marco del FPA, el desarrollo de iniciativas de mejoramiento de calidad del aire en la zona saturada.	SI	
Art. 71	Desarrollo de un programa de trabajo en educación Formal	SI	
Art. 72	Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.	SI	
Art. 73	Ejecución de Plan de acción para abordar la temática de difusión y educación de la calidad del aire.	SI	
Art. 74	Jornadas de capacitación a líderes vecinales	SI	
Art. 75	Campaña comunicacional asociada a la promoción del buen uso de la biomasa, buen uso de los calefactores y promoción de los programas de recambio	SI	

**Análisis del impacto en emisiones del sector:**

Respecto a la **cuantificación del impacto** en la reducción de emisiones del sector Educación el resultado indica que no es posible estimar este parámetro de manera certera, lo que requiere estudios más específicos al respecto. De todas maneras, mejoras en las condiciones de operación de los calefactores a leña, mayor uso de leña seca y adopción de nuevas tecnologías puede atribuirse a factores como la educación en torno a la temática.

Respecto a la **relevancia del sector** en la reducción de emisiones, este capítulo se define como relevante dado que su implementación tiene gran potencial, influyendo en varios aspectos determinantes en la generación de emisiones.

El análisis de **medidas prescindibles** indica que, dada la relevancia del sector regulado no se recomienda prescindir de ninguna de las medidas contenidas en el capítulo.

Tabla 68. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Fiscalización

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 76	Fiscalización del PDA por parte de la SMA y generación de subprogramas de fiscalización	NO	Corresponden a medidas de tipo administrativas asociadas a la gestión pública, por lo tanto, no se consideran medidas que impacten de manera directa en la reducción de emisiones. Sin embargo, de su ejecución se deriva el correcto y oportuno cumplimiento de metas establecidas en el PDA.
Art. 77	Informe de fiscalización anual por parte de la SMA	NO	
Art. 78	Programa y reporte anual de trabajo por parte de todas las Instituciones que tengan asociadas medidas en el PDA.	NO	

Art. 79	Revisión y actualización del PDA en 5 años	NO	
<p><b>Análisis del impacto en emisiones del sector:</b></p> <p>Respecto a la <b>cuantificación del impacto</b> no se considera su estimación por corresponder a medidas de tipo administrativas.</p> <p>Respecto a la <b>relevancia del sector</b> en la reducción de emisiones, este capítulo se define como sin impacto directo. Sin embargo, su ejecución permite que las medidas contenidas en el PDA tengan una implementación oportuna y acorde a las metas propuestas para reducir emisiones en la zona saturada.</p> <p>El análisis de <b>medidas prescindibles</b> indica que, dada la relevancia del sector respecto a la necesidad de una correcta planificación de las medidas a ejecutar por parte de los servicios competentes, el oportuno reporte de medidas ejecutadas y la fiscalización de la oportuna implementación se recomienda no prescindir de ninguna de las medidas.</p>			

Tabla 69. Análisis de impacto en emisiones de las medidas – Sector Medidas complementarias

N° Art.	Medida	Impacta en Emisiones	Justificación
Art. 80	Actualización del Inventario de Emisiones cada 3 años	NO	La elaboración de un inventario no reduce las emisiones, sin embargo, impacta de manera indirecta, permitiendo focalizar acciones hacia las fuentes de emisión más relevantes en la zona.
Art. 81	Determinación anual de los requerimientos asociados al cumplimiento de las medidas y actividades establecidas en el PDA, a fin de solicitar el financiamiento que asegure dicho cumplimiento.	NO	La medida tiene impacto indirecto en la reducción de emisiones, permitiendo dimensionar los recursos necesarios para la ejecución de las medidas contenidas en el PDA, que generan impacto en reducción de emisiones.
Art. 82	Promoción de la investigación y desarrollo en las áreas de mejoramiento tecnológico (sistemas de calefacción, eficiencia energética en las viviendas, etc.)	SI	Proyectos o investigación en el área de mejoramiento tecnológico promueve la reducción de emisiones. Estos proyectos tendrían un impacto significativo en la medida que sus resultados puedan escalar.
Art. 83	Programa de arborización urbana que considere la plantación y mantención de al menos 3.000 árboles anuales.	SI	La medida genera impacto en emisiones dado que existe evidencia de que el arbolado urbano tiene potencial para reducir la contaminación atmosférica, en magnitudes tal vez no tan significativas, sin embargo, son parte de una mirada integral respecto a la solución a la problemática de la contaminación.
Art. 84	Auditoría del PDA	NO	La medida tiene carácter técnico administrativa. No genera un impacto directo en emisiones, sin embargo, es necesaria para verificar la correcta y oportuna ejecución del PDA.
Art. 85	Estudio para determinar la fracción de MP secundario en las concentraciones de MP2,5 y MP10, y el aporte de los precursores en dicho material particulado secundario	NO	La medida genera un impacto directo en emisiones, pero permite tener más conocimiento respecto a las distintas fuentes que aportan a la generación de material particulado.

<p><b>Análisis del impacto en emisiones del sector:</b></p> <p>Respecto a la <b>cuantificación del impacto</b> en la reducción de emisiones para las medidas complementarias, no fueron determinadas.</p> <p>Respecto a la <b>relevancia del sector</b> en la reducción de emisiones, este capítulo se define como poco relevante por cuanto no generan impacto directo.</p> <p>El análisis de <b>medidas prescindibles</b> indica que, aun cuando no representen una reducción de emisiones directa, no es recomendable prescindir de ninguna, por cuanto generan un aporte en sus respectivos campos de acción.</p>			
---	--	--	--

## 6 OBJETIVO B). ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES

### 6.1 ACTIVIDAD 1). ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE

#### 6.1.1 Estaciones de Monitoreo

En el área de estudio, se encuentran 3 estaciones de monitoreo, 2 ubicadas en Temuco y 1 en Padre Las Casas. Las estaciones que operan en Temuco corresponden a Las Encinas y Ñielol, esta última corresponde al traslado de la estación que antiguamente operaba en Museo Ferroviario, cambio que se produce a principios del año 2017. La Estación Las Encinas cuenta con representatividad poblacional para los contaminantes MP10 (desde el 02-05-2005), MP2,5 (desde 14-08-2012) y CO (desde 07-05-2008). Mientras que la Estación Ñielol cuenta con representatividad desde el 20-07-2017 para los contaminantes MP10 y MP2,5.

La comuna de Padre Las Casas, cuenta con la estación del mismo nombre que monitorea material particulado MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub> y gases. Esta estación cuenta representatividad poblacional con datos válidos a partir del 05-06-2012 para MP10 y MP2,5.

La Tabla 70 presenta la información que caracteriza las estaciones, considerando Las Encinas, Ñielol y Padre Las Casas, se incorpora además en una columna a Museo Ferroviario, ya que caracterizara el monitoreo hasta el año 2016 en una ubicación diferente a la que actualmente ocupa la estación. La Figura 10 se puede observar su ubicación en el área de estudio.

Tabla 70. Estaciones de monitoreo de calidad del aire y meteorológicas

Parámetro		Las Encinas	M. Ferroviario	Ñielol	Padre Las Casas
Comuna		Temuco	Temuco	Temuco	Padre Las Casas
Propietario		MMA	MMA	MMA	MMA
Periodo Operación EMRP		02-05-2005 a la fecha	13-10-2011 a 08-01-2017	20-07-2017 a la fecha	05-06-2012 a la fecha
Coordenada Este		706761	711144	710378	708625
Coordenada Sur		5708422	5710911	5710745	5706593
Contaminante	Dióxido de azufre	n/a (1)	n/m	n/m	n/m
	Monóxido de nitrógeno	n/a (2)	n/m	n/m	✓
	Dióxido de nitrógeno	n/a (3)	n/m	n/m	✓
	Monóxido de carbono	✓	n/m	n/m	✓
	Ozono	n/a (1)	n/m	n/m	n/m
	Óxidos de nitrógeno	n/a (4)	n/m	n/m	✓
	Material particulado MP 10	✓	n/a (6)	✓	✓
Material particulado MP 2,5	✓	n/a (6)	✓	✓	
Meteorología	Radiación global	n/a (5)	n/a (6)	✓	✓
	Presión atmosférica	✓	n/a (6)	✓	✓
	Precipitaciones	✓	n/a (6)	✓	✓
	Humedad relativa del aire	✓	n/a (6)	✓	✓
	Temperatura ambiente	✓	n/a (6)	✓	✓
	Dirección del viento	✓	n/a (6)	✓	✓
	Velocidad del viento	✓	n/a (6)	✓	✓

n/a (1): Parámetros no activo. Monitoreo hasta el 05-08-2014

n/a (3): Parámetros no activo. Monitoreo hasta el 06-08-2014

- n/a (2): Parámetros no activo. Monitoreo hasta el 13-05-2009

- n/a (4): Parámetros no activo. Monitoreo hasta el 19-05-2009

n/a (5): Parámetros no activo. Monitoreo hasta el 26-12-2017 - n/a (6): Parámetros no activo. Monitoreo hasta el 08-01-2017

n/m: Parámetro no medido en la Estación.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de SINCA y DMC.

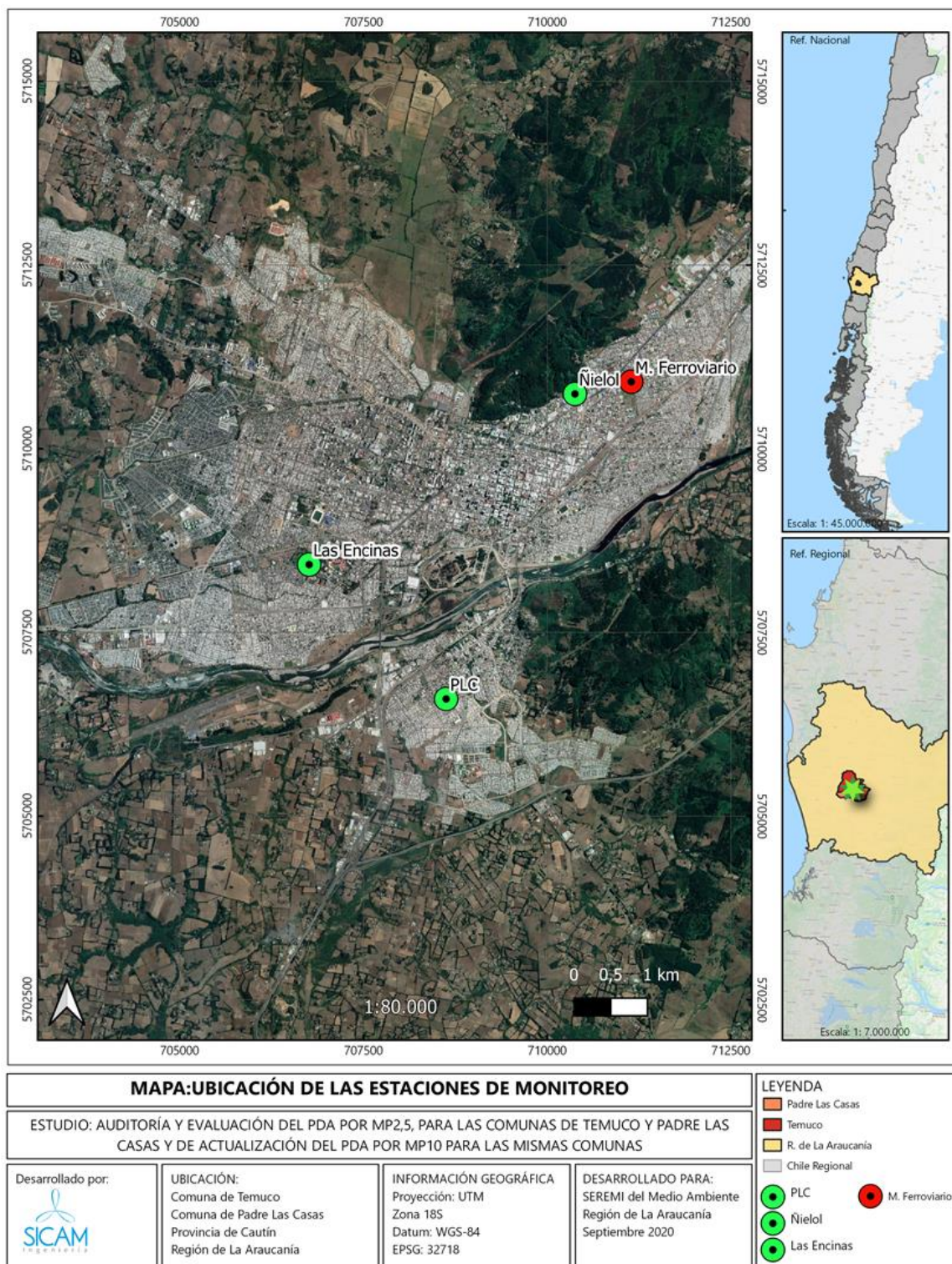


Figura 10. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo

Fuente: Elaboración propia

## 6.1.2 Normas primarias de calidad del aire

Las normas primarias de calidad del aire que regulan límites máximos de material particulado MP10 y MP2,5 se presentan en la Tabla 71.

Tabla 71. Normas de calidad del aire para material particulado

Contaminante	Norma	Valor	Periodo Evaluación	Forma de Verificación	Referencia normativa
Material Particulado Respirable (MP <sub>10</sub> )	Diaria	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Periodo aritmético de 24 horas	Percentil 98 de concentraciones de 24 horas durante un año o más de 7 días de superación en un año.	D.S. N° 59/98 MINSEGPRES
	Anual	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$	Periodo aritmético anual	Promedio aritmético de 3 años consecutivos	
Material Particulado Fino Respirable (MP <sub>2,5</sub> )	Diaria	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo aritmético de 24 horas	Percentil 98 de concentraciones de 24 horas durante un año	D.S. N° 12/11 MMA
	Anual	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo aritmético anual	Promedio aritmético de 3 años consecutivos	

Fuente: Elaboración propia

### Material particulado respirable MP<sub>10</sub>

El D.S. N°59/98, establece que la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Respirable MP<sub>10</sub>, es 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  como concentración de 24 horas, considerándose sobrepasada cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitora calificada EMRP, sea mayor a 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , y/o si antes que concluyese el primer periodo anual de mediciones se registra un número de días con mediciones sobre el valor de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  mayor que 7. Mientras que, para la norma anual se establece un límite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración anual, considerándose sobrepasada cuando el promedio tri-anual<sup>6</sup> de las concentraciones anuales sea mayor a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , en cualquier estación monitora calificada como EMRP.

Además, la norma establece que la concentración anual corresponde al promedio de los valores mensuales, entendiéndose éstos como el promedio de los valores efectivamente medidos de concentración de 24 horas en un mes calendario, siendo efectivo el promedio con más del 75% de las mediciones programadas para el mes. Se indica también que se considerará válida la concentración anual si es determinada a partir de promedios mensuales de a lo menos 11 meses del año calendario. En caso de disponer de mediciones para más de 8 meses y menos de 11 meses, para completar el periodo mínimo señalado, se considerará como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores solo para 8 meses o menos, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la estación de

<sup>6</sup> Promedio tri-anual corresponde al promedio aritmético de tres años calendario consecutivos de la concentración anual, en cualquier estación monitora.

monitoreo correspondiente. Estas definiciones se consideraron en el análisis de los datos de monitoreo para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

### **Material particulado fino respirable MP<sub>2,5</sub>**

El D.S. N°12/11, establece que la norma primaria de calidad del aire para el contaminante Material Particulado Fino MP<sub>2,5</sub>, es 50 µg/m<sup>3</sup> como concentración de 24 horas, considerándose sobrepasada cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea calificada EMRP, sea mayor a 50 µg/m<sup>3</sup>.

Asimismo, la norma establece el límite de 20 µg/m<sup>3</sup>, como concentración anual, considerándose sobrepasada cuando el promedio tri-anual<sup>7</sup> de las concentraciones anuales sea mayor a 20 µg/m<sup>3</sup>, en cualquier estación monitorea calificada como EMRP.

Para evaluar lo anterior, la norma define la concentración de 24 horas como el promedio de los valores efectivamente medidos en 24 horas consecutivas. Haciendo referencia al D.S. N°61/08 del MINSAL<sup>8</sup>, en donde se indica que el promedio diario deberá calcularse con al menos 18 horas continuas de medición.

Respecto al número de datos válidos para ser considerados como promedio 24 horas, mensual y anual, se señalan las mismas consideraciones indicadas antes para el material particulado MP<sub>10</sub>.

## **6.1.3 Resumen de la información de monitoreo de calidad del aire**

### **6.1.3.1 Material particulado respirable MP<sub>10</sub>**

A continuación, en la Tabla 72, Tabla 73 y Tabla 74 se presenta el resumen de la información de monitoreo de material particulado MP<sub>10</sub> obtenida de las estaciones Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol para la comuna de Temuco y la Estación Padre Las Casas, para la comuna de Padre Las Casas. El análisis se realizó para el periodo 2012-2019, considerando que para el año 2012 todas las estaciones ya contaban con representatividad poblacional.

Para la estación Museo Ferroviario se presenta la información para el periodo 2012-2016 y para la estación Ñielol el periodo 2017-2019, todo lo cual se sistematiza en una tabla para dar continuidad al análisis temporal.

<sup>7</sup> Promedio tri-anual corresponde al promedio aritmético de tres años calendario consecutivos de la concentración anual, en cualquier estación monitorea.

<sup>8</sup> D.S. N°61/08 del MINSAL. APRUEBA REGLAMENTO DE ESTACIONES DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Tabla 72. Análisis del monitoreo de MP10 - Estación Las Encinas periodo 2012-2019

MP10 - Las Encinas	2012 <sup>(1)</sup>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Data anual									
Nº datos 24 hr validados	259	291	337	361	356	363	362	343	
Porcentaje de datos diarios válidos	71%	80%	92%	99%	97%	99%	99%	94%	
Porcentaje de datos horarios válidos	71%	81%	93%	99%	98%	99%	99%	96%	
Nº Meses válidos	7	11	11	12	12	12	12	11	
Parámetros norma diaria									
Total de días sobre norma	35	16	13	13	11	10	9	1	
P98 promedios diarios ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	n.v.	190	174	162	163	165	157	121	
% respecto a norma	n.v.	127%	116%	108%	109%	110%	105%	81%	
Parámetros norma anual									
Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	n.v.	69	53	49	51	41	46	37	
Promedio Trianual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	d/i	d/i	d/i	57	51	47	46	41	
% respecto a norma	n.v.	n.v.	0%	114%	102%	94%	92%	83%	
Episodios de contaminación									
Número de episodios	32	18	10	8	5	7	8	0	
Número de Días	BUENO	226	269	321	340	338	350	345	349
	REGULAR	19	14	13	16	17	8	12	7
	ALERTA	20	8	6	6	3	6	6	0
	PREEMERGENCIA	8	9	4	0	2	1	2	0
	EMERGENCIA	4	1	0	2	0	0	0	0
	Total días	32	18	10	8	5	7	8	0
Número de Horas	BUENO	5.439	6.499	7.768	8.385	8.305	8.526	8.437	8.137
	REGULAR	401	275	180	250	234	81	194	92
	ALERTA	208	125	122	16	56	102	47	0
	PREEMERGENCIA	104	79	22	8	18	1	14	0
	EMERGENCIA	63	15	0	23	0	0	0	0
	Total horas	375	219	144	47	74	103	61	0

n.v.: No válido

d/i: datos insuficientes para calcular en indicador

(1) LE entrega la data como "Registros preliminares" en SINCA para el año 2012

Tabla 73. Análisis del monitoreo de MP10 – Estación M. Ferroviario (2012-2016) y Ñielol (2017-2019)

MP10	M. Ferroviario					Ñielol			
	2012 <sup>(1)</sup>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Data anual									
Nº datos 24 hr validados	348	285	336	361	355	222	357	357	
Porcentaje de datos diarios válidos	95%	78%	92%	99%	97%	61%	98%	98%	
Porcentaje de datos horarios válidos	94%	79%	93%	99%	97%	61%	98%	98%	
Meses válidos	12	11	11	12	12	7	12	12	
Parámetros norma diaria									
Total de días sobre norma	16	16	14	6	14	0	2	0	
P98 promedios diarios ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	204	183	202	143	178	116	118	93	
% respecto a norma	136%	122%	135%	95%	119%	77%	79%	62%	
Parámetros norma anual									
Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	55	57	55	46	51	n.v.	31	30	
Promedio Trianual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	d/i	d/i	55	53	51	d/i	d/i	d/i	
% respecto a norma	d/i	d/i	111%	105%	101%	d/i	d/i	d/i	
Episodios de contaminación									
Número de episodios	20	12	14	5	10	0	1	0	
Número de Días	BUENO	226	261	315	351	332	165	355	361
	REGULAR	11	20	12	8	19	0	5	0
	ALERTA	11	9	9	2	5	0	0	0
	PREEMERGENCIA	5	3	5	1	5	0	1	0
	EMERGENCIA	4	0	0	2	0	0	0	0
	Total días	20	12	14	5	10	0	1	0
Número de Horas	BUENO	7.986	6.385	7.745	8.523	8.119	3894	8.509	8.600
	REGULAR	203	273	241	98	288	0	49	0
	ALERTA	78	102	63	26	100	0	10	0
	PREEMERGENCIA	43	29	62	8	48	0	12	0
	EMERGENCIA	43	0	0	25	0	0	0	0
	Total horas	164	131	125	59	148	0	22	0

n.v.: No válido

d/i: datos insuficientes para calcular en indicador

(1) MF entrega la data como "Registros preliminares" en SINCA para el año 2012

Tabla 74. Análisis del monitoreo de MP10 – Estación Padre Las Casas periodo 2012-2019

MP10 Padre Las Casas		2012 <sup>(1)</sup>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Data anual									
Nº datos 24 hr validados		253	285	317	303	358	357	351	353
Porcentaje de datos diarios válidos		69%	78%	87%	83%	98%	98%	96%	97%
Porcentaje de datos horarios válidos		69%	78%	87%	83%	98%	98%	97%	97%
Meses válidos		8	11	11	11	12	12	12	12
Parámetros norma diaria									
Total de días sobre norma		20	26	24	19	37	20	25	11
P98 promedios diarios ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )		n.v.	229	223	212	207	240	259	159
% respecto a norma		n.v.	152%	148%	141%	138%	160%	173%	106%
Parámetros norma anual									
Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )		n.v.	72	69	71	63	53	63	47
Promedio Trianual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )		d/i	d/i	d/i	71	68	62	60	54
% respecto a norma		d/i	d/i	d/i	141%	135%	124%	119%	109%
Episodios de contaminación									
Número de episodios		20	28	22	17	26	23	28	10
Número de Días	BUENO	217	245	281	271	299	323	306	333
	REGULAR	18	21	18	19	37	15	25	15
	ALERTA	13	15	11	9	14	9	13	9
	PREEMERGENCIA	7	11	11	5	12	10	13	1
	EMERGENCIA	0	2	0	3	0	4	2	0
	Total días	20	28	22	17	26	23	28	10
Número de Horas	BUENO	5.500	6.181	6.992	6.746	7.755	8.055	7.662	8.234
	REGULAR	309	300	294	334	551	221	417	191
	ALERTA	193	186	265	130	180	139	209	94
	PREEMERGENCIA	65	135	81	47	139	140	164	1
	EMERGENCIA	0	15	0	27	0	25	24	0
	Total horas	258	336	346	204	319	304	397	95

n.v.: No válido

d/i: datos insuficientes para calcular en indicador

(1) PLC entrega la data como "Registros preliminares" en SINCA para el año 2012

### 6.1.3.2 Material particulado fino respirable MP2,5

A continuación, en la Tabla 75, Tabla 76 y Tabla 77 se presenta el resumen de la información de monitoreo de material particulado MP2,5 obtenida de las estaciones Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol para la comuna de Temuco y la Estación Padre Las Casas, para la comuna de Padre Las Casas. El análisis se realizó para el periodo 2012-2019, considerando que para el año 2012 todas las estaciones ya contaban con representatividad poblacional.

Para la estación Museo Ferroviario se presenta la información para el periodo 2012-2016 y para la estación Ñielol el periodo 2017-2019, todo lo cual se sistematiza en una tabla para

dar continuidad al análisis temporal, dado que se trata de la misma estación, solo con traslado de ubicación.

Tabla 75. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Las Encinas periodo 2012-2019

MP2,5 Las Encinas		2012 <sup>(1)</sup>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Data anual									
Nº datos 24 hr validados		260	288	362	362	357	358	355	357
Porcentaje de datos diarios válidos		71%	79%	99%	99%	98%	98%	97%	98%
Porcentaje de datos horarios válidos		70%	80%	99%	99%	98%	98%	97%	98%
Meses válidos		8	11	12	12	12	12	12	12
Parámetros norma diaria									
Total de días sobre norma		81	83	68	69	88	56	89	41
P98 promedios diarios ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		d/i	159	154	132	143	159	146	106
% respecto a norma		d/i	318%	307%	265%	286%	319%	292%	213%
Parámetros norma anual									
Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		n.v.	49	31	30	33	27	33	23
Promedio Trianual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		d/i	d/i	d/i	37	32	30	31	28
% respecto a norma		d/i	d/i	d/i	185%	158%	150%	155%	138%
Episodios de contaminación									
Número de episodios		80	73	56	52	72	47	71	32
Número de Días	Bueno	158	180	262	267	244	275	237	301
	Regular	36	45	45	45	45	39	51	28
	Alerta	24	31	24	21	37	22	34	19
	Preemergencia	29	26	22	25	29	16	28	12
	Emergencia	27	16	10	6	6	9	9	1
	Total días	80	73	56	52	72	47	71	32
Número de Horas	Bueno	4.158	4.961	6.955	7.032	6.465	7.137	6.501	7.593
	Regular	754	853	857	845	1.028	714	906	573
	Alerta	417	425	412	437	606	361	580	273
	Preemergencia	534	483	305	367	433	251	475	131
	Emergencia	385	165	164	30	77	138	81	18
	Total horas	1.336	1073	881	834	1.116	750	1.136	422

n.v.: No válido

d/i: datos insuficientes para calcular en indicador

(1) LE entrega la data como "Registros preliminares" en SINCA

Tabla 76. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Museo Ferroviario (2012 – 2016) y Ñielol (2017-2019)

MP2,5	M. Ferroviario					Ñielol			
	2012 <sup>(1)</sup>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
<b>Data anual</b>									
N° datos 24 hr validados	360	297	359	363	359	45	359	354	
Porcentaje de datos diarios válidos	98%	81%	98%	99%	98%	44	98%	97%	
Porcentaje de datos horarios válidos	95%	82%	98%	99%	98%	0	98%	97%	
Meses válidos	12	11	12	12	12	0	12	12	
<b>Parámetros norma diaria</b>									
Total de días sobre norma	84	92	68	64	96	n.v.	43	23	
P98 promedios diarios ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	191	164	148	122	164	n.v.	116	79	
% respecto a norma	382%	328%	297%	244%	329%	d/i	231%	159%	
<b>Parámetros norma anual</b>									
Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	38	47	30	27	36	n.v.	21	16	
Promedio Trienal ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	d/i	d/i	38	35	31	d/i	d/i	d/i	
% respecto a norma	d/i	d/i.	192%	174%	156%	d/i	d/i	d/i	
<b>Episodios de contaminación</b>									
Número de episodios	74	75	54	46	74	3	32	13	
Número de Días	Bueno	246	182	263	262	245	152	294	318
	Regular	44	45	45	57	44	10	35	28
	Alerta	30	28	16	21	23	2	16	10
	Preemergencia	22	35	26	22	33	1	11	3
	Emergencia	22	12	12	3	18	0	5	0
	Total días	74	75	54	46	74	3	32	13
Número de Horas	Bueno	6.559	5.009	6.980	7.188	6.388	3729	7.509	7.887
	Regular	1.007	896	786	810	990	143	680	488
	Alerta	499	548	388	418	566	36	289	126
	Preemergencia	319	495	382	274	480	7	98	35
	Emergencia	255	141	113	26	231	0	49	0
	Total horas	1073	1184	883	718	1277	43	436	161

n.v.: No válido

d/i: datos insuficientes para calcular en indicador

(1) MF entrega la data como "Registros preliminares" en SINCA

Tabla 77. Análisis del monitoreo de MP2,5 – Estación Padre Las Casas periodo 2012-2019

MP2,5 Padre Las Casas		2012 <sup>(1)</sup>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Data anual									
N° datos 24 hr validados		253	289	363	317	359	360	352	354
Porcentaje de datos diarios válidos		69%	79%	99%	87%	98%	99%	96%	97%
Porcentaje de datos horarios válidos		69%	79%	99%	87%	98%	99%	97%	97%
Meses válidos		8	11	12	11	12	12	12	12
Parámetros norma diaria									
Total de días sobre norma		118	88	75	103	119	94	131	89
P98 promedios diarios ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		n.v.	201	160	171	190	226	233	158
% respecto a norma		d/i	401%	320%	341%	380%	452%	466%	316%
Parámetros norma anual									
Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		n.v.	51	35	47	49	40	48	37
Promedio Trianual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		d/i	d/i	d/i	44	44	45	46	42
% respecto a norma		d/i	d/i	d/i	221%	218%	227%	229%	209%
Episodios de contaminación									
Número de episodios		95	77	58	71	105	74	112	67
Número de Días	BUENO	116	182	258	186	217	234	202	237
	REGULAR	43	37	48	63	40	54	44	51
	ALERTA	41	26	23	22	26	21	36	24
	PREEMERGENCIA	33	27	25	30	53	27	45	29
	EMERGENCIA	21	24	10	19	26	26	31	14
	Total días	95	77	58	71	105	74	112	67
Número de Horas	BUENO	3.327	4.891	6.840	5.304	5.877	6.504	5.614	6.448
	REGULAR	1.084	854	925	1.130	832	911	1.053	905
	ALERTA	789	481	362	508	698	459	634	511
	PREEMERGENCIA	570	366	461	499	912	436	739	486
	EMERGENCIA	297	336	119	204	338	341	421	172
	Total horas	1.656	1.183	942	1.211	1.948	1.236	1.794	1.169

n.v.: No válido

d/i: datos insuficientes para calcular en indicador

(1) PLC entrega la data como "Registros preliminares" en SINCA

## 6.1.4 Análisis de variables meteorológicas

### 6.1.4.1 Series de tiempo anual

A continuación, se presentan los gráficos de series de tiempo de las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y presión atmosférica en términos de valores horarios, para el periodo comprendido entre los años 2015 a 2019. Además, se analiza la variable precipitación acumulada en términos de registros de agua caída acumulada en 24 horas entre el mismo periodo. Para los años 2014 y 2013 se observa intermitencia de datos, habiendo algunos meses sin información, por lo tanto, el periodo considerado es el que cuenta con la mayor cantidad de datos disponible para el análisis.

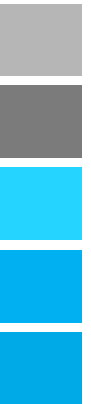
De la serie de tiempo de temperatura, se observa una marcada estacionalidad, apreciándose los valores mínimos entre los meses de abril a septiembre de cada año en estudio, encontrándose que los valores horarios fluctúan entre  $-5$  y  $15$  °C en este periodo. Se observa baja variación interanual para esta variable.

Para la variable velocidad del viento, se puede apreciar que para el año 2017 se encuentran los mayores valores máximos horarios llegando a registrarse valores tan altos como 15,9 m/s. En general, los valores observados dan cuenta de que los vientos en el área de estudio presentan alta variación a lo largo de todas las estaciones.

En relación a la humedad relativa es posible observar una marcada estacionalidad, presentándose los mayores valores durante los meses fríos del año.

En el caso de la presión atmosférica se observa que los valores fluctúan entre 980 y 1.020 hPa. Los datos indican que las mayores fluctuaciones ocurren entre los meses de junio y octubre de cada año.

En general, en análisis de las variables meteorológicas que caracterizan el área de estudio indica una marcada estacionalidad, apreciándose diferencias a través de los meses, lo que es característico de zonas ubicadas en el sur del país.



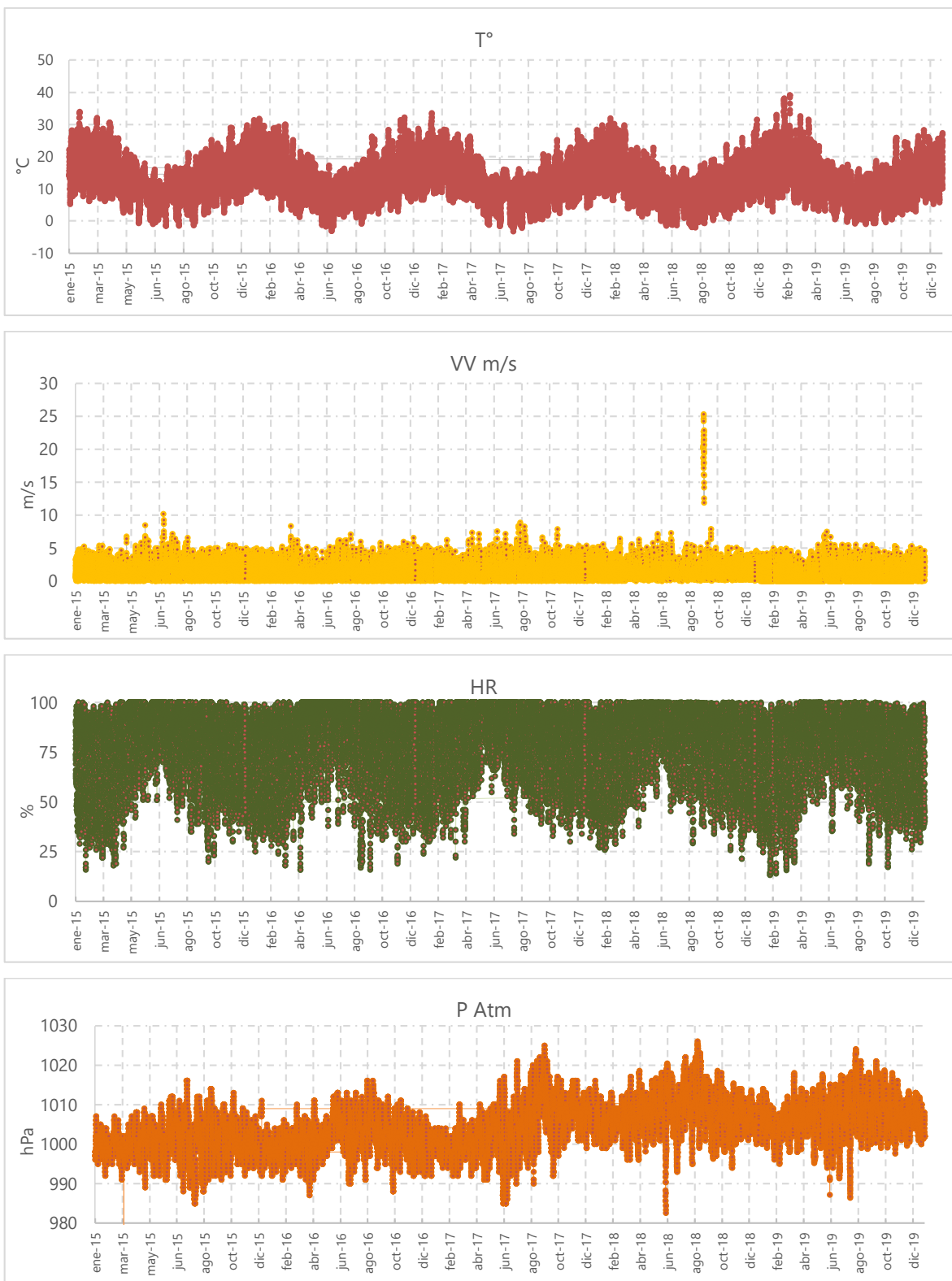
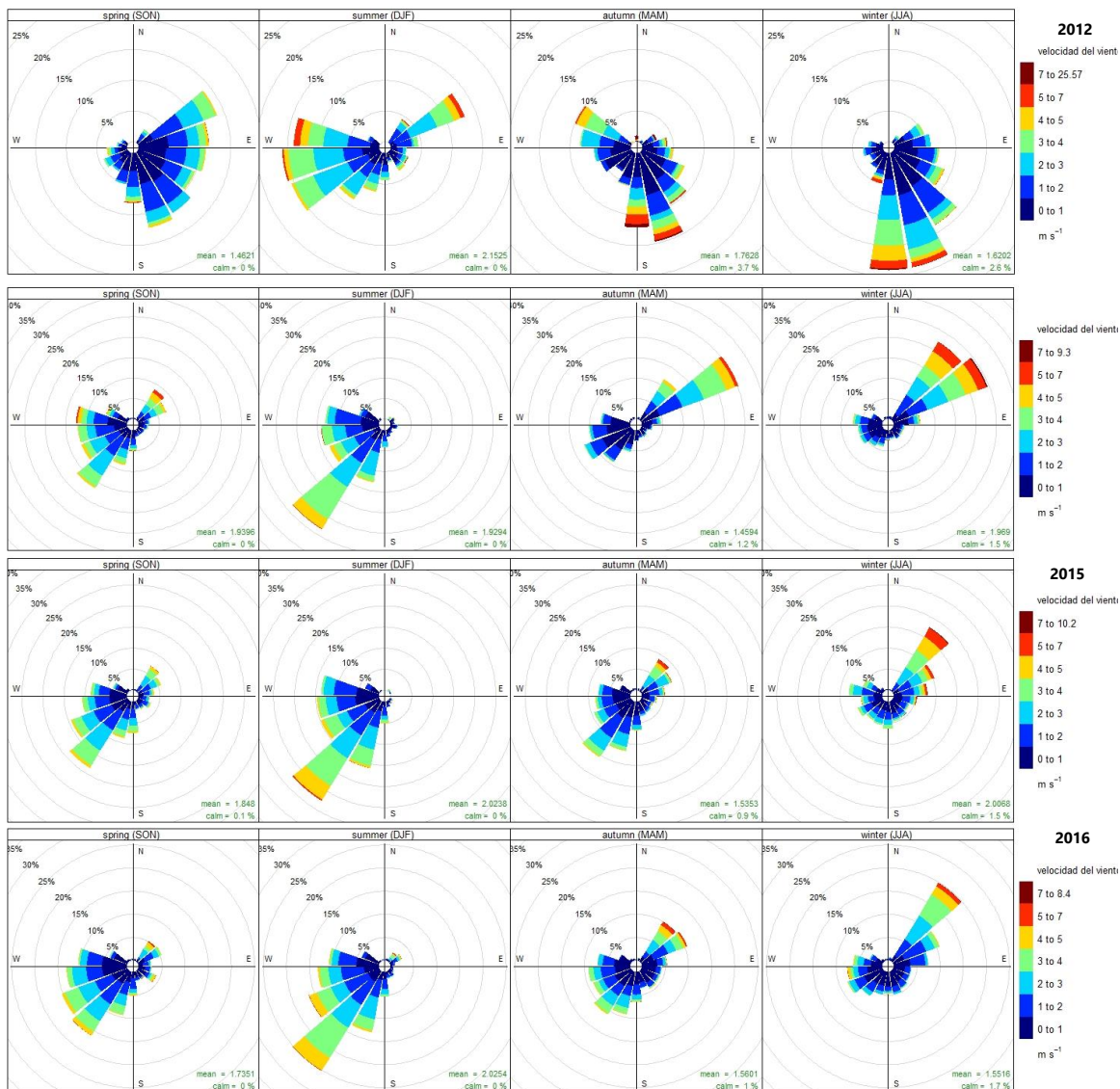


Figura 11. Series de tiempo horaria de variables meteorológicas años 2017-2019

Fuente: Elaboración propia a partir de la data de estación meteorológica Padre Las Casas

### 6.1.4.1 Rosas de Los Vientos Estacionales

Para el análisis de rosas de los vientos, se realizó un procesamiento de los datos registrados por los sensores meteorológicos instalados en la estación Padre Las Casas (PLC) habiendo un total de 70.128 entradas para velocidad y dirección del viento, segregadas a nivel horario, para el periodo comprendido entre 2012 y 2019, sin embargo, algunos de los registros no presentaron data suficiente, por lo que se optó por trabajar con los años 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2019. El año 2018, pese a poseer registros completos, presentó valores de velocidad del viento sobre la media, por lo que no fue considerado dentro de los análisis, ya que podría existir algún error en las magnitudes registradas. El año 2012 y parte del 2014, dieron cuenta de ausencia de datos, los que se consideraron poco relevantes para el total de registros presentes.



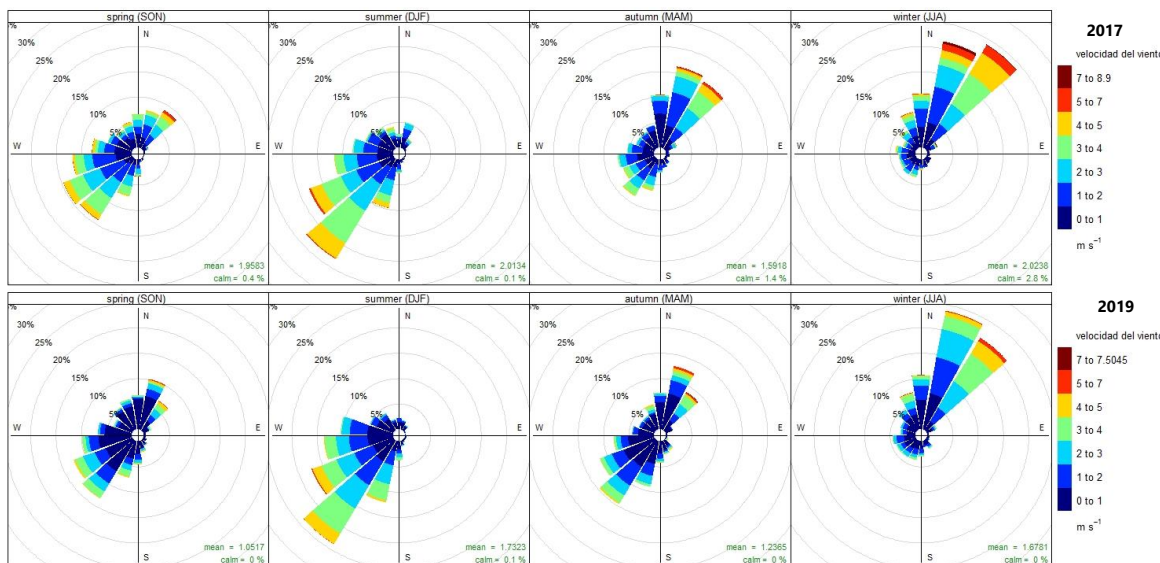


Figura 12. Rosas de los vientos estacionales. Estación PLC. Años 2012-2019

La Figura 12, muestra las rosas de los vientos estacionales para los años analizados. Para el año 2012 se observa que para el periodo de primavera existe una componente este para los vientos, que en su mayoría no sobrepasan los 3 m/s. para el periodo de verano se observa un cambio relevante en la componente del vector el cual sopla desde el oeste, incrementándose además las magnitudes del viento observadas (sobre los 3 m/s), para el caso del periodo de otoño e invierno, se observa una componente sureste marcada, con magnitudes superiores a las estaciones cálidas sobrepasando los 4 m/s.

Desde el año 2014 a 2019, es posible observar la misma tendencia en las direcciones de los vientos predominantes para las diversas estaciones del año, por una parte, se muestra que en los meses cálidos, el viento tiende a soplar desde el suroeste, es decir de mar a cordillera, la tendencia se presenta de manera más patente, en los meses de verano, con una predominancia marcada para la componente suroeste, con una mayor frecuencia de magnitudes del viento superiores a los 3 m/s y casi nula presencia de calmas. Por otra parte, la estación de otoño se presenta una transición entre la componente suroeste a noreste, observándose una marcada dependencia del año en la data, ya que, por ejemplo, para 2014 y 2017, los vientos de manera predominante se aproximan hacia la estación desde la cordillera hacia el mar (noreste) y para los años 2015, 2016 y 2019 se observa una distribución compartida, sin una predominancia marcada, salvo una tendencia noroeste para el año 2015. En esta estación de manera general, se observan las menores magnitudes del viento, siendo predominantes los rangos de 0 a 3 m/s. Las calmas en este periodo bordean el 1%, siendo particular en este sentido el año 2019, el cual presenta un valor de 0% en otoño. El periodo de invierno desde 2014 a 2019, presenta las mayores velocidades del viento, sobre 3 m/s de manera predominante, habiendo también un porcentaje de calmas

superior al 1,5% para todos los años, salvo el 2019, lo que puede ser explicado por alguna deficiencia en la data observada o alguna condición particular del año en cuestión. Queda de manifiesto que este periodo es el que presenta la mayor distribución de velocidades del viento, encontrándose valores en toda la escala de distribución de velocidad, este periodo contrasta con la estación de verano, ya que se puede observar que la componente del viento tiene una marcada tendencia noreste (cordillera-mar) con una leve inclinación hacia el norte para 2017 y 2019, años que presentan las mayores velocidades promedio para este periodo.

En conclusión, existen dos estaciones del año que marcan la tendencia en cuanto a dirección del viento, por una parte, el verano da cuenta de una componente suroeste para el vector, es decir el viento sopla desde el mar hacia la cordillera, y en contraposición en invierno, el viento sopla de cordillera a mar, con una componente noreste para el vector. El periodo de otoño es dependiente de las condiciones del año específico, no existiendo una condición particular para todo el intervalo analizado. Primavera por otra parte presenta una condición de transición, existiendo una leve tendencia de vientos suroeste.

#### 6.1.4.2 Perfiles Temporales de Variable Meteorológicas Seleccionadas.

A continuación, se presenta un análisis temporal para las variables: temperatura, dirección y velocidad del viento, en el periodo comprendido entre 2012-2019 para la estación PLC.

La Figura 13, muestra el comportamiento mensual y horario de la dirección del viento para todo el periodo analizado, donde a primera vista resalta el año 2013, por la gran cantidad de datos perdidos. El año 2012, y 2014, presentan también omisiones de datos, pero están vinculadas a los meses más cálidos del año (enero y febrero).

De manera general, se observa una estacionalidad marcada para los periodos observados, donde por una parte los meses cálidos presentan direcciones del viento con predominio sobre los  $180^\circ$  (suroeste) sobre todo los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Para estos mismos meses se observa que en periodo nocturno 20 h a 06 h. los vientos presentan direcciones dentro del rango de los  $250^\circ$  a  $360^\circ$ , lo que se traduce en componentes mayoritariamente sur. En los meses más fríos el rango de dirección se ubica entre los  $45^\circ$  a  $150^\circ$ , es decir con componente noreste-noroeste. En general los meses de junio y julio, presentan una tendencia que los ubica entre los  $45^\circ$  a  $100^\circ$  dando cuenta de una componente más marcada hacia el norte. Para estos mismos meses, respecto a las horas se tiene que, en el periodo nocturno, el viento tiende a soplar desde noreste de manera marcada, mientras que en el día la componente se desplaza sobre los  $90^\circ$  es decir existe una componente noreste.

De manera general, se observa que los vientos promedio nunca soplan desde el sureste en la zona.

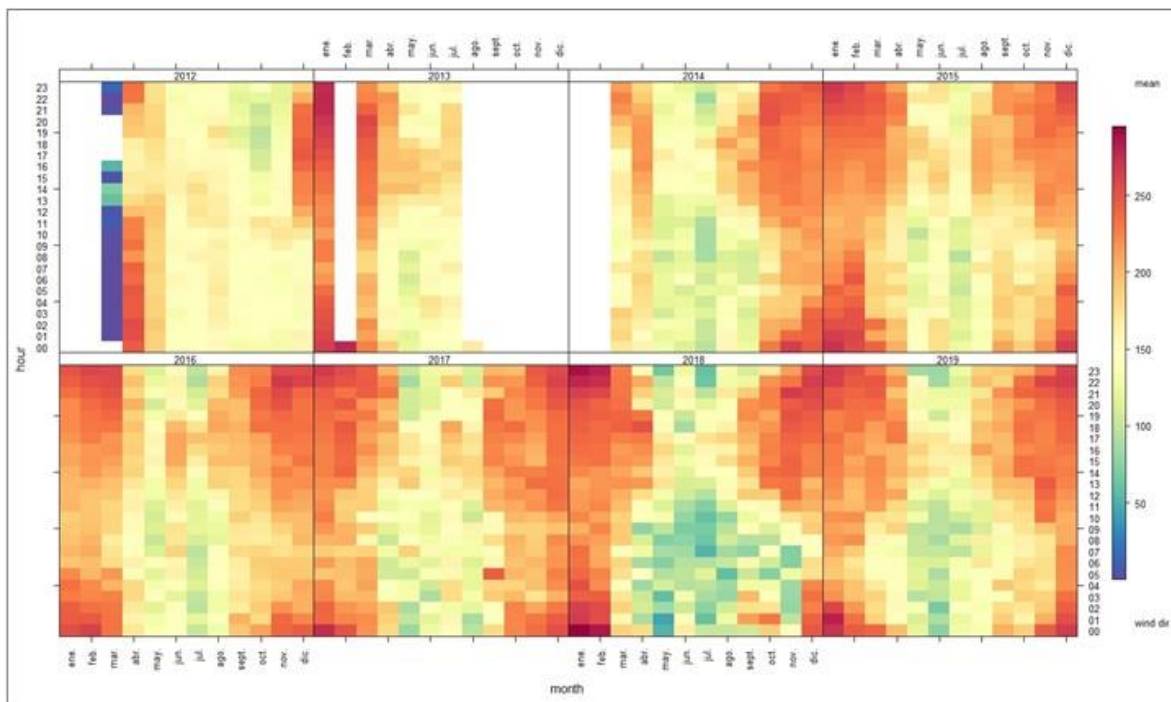


Figura 13. Perfil temporal dirección del viento. Estación PLC. Años 2012-2019.  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 14, muestra el comportamiento mensual y horario para la velocidad del viento, presentando los mismos omisiones o errores en la información registrados para la variable dirección del viento, Adicionalmente, queda de manifiesto que las magnitudes de viento para el año 2018 en el mes de septiembre, presenta datos erróneos. Se observa que los meses de octubre a marzo, presentan velocidades marcadas en los periodos diurnos y nocturnos, existiendo una variación entre las 20 h y las 8 h con velocidades del viento en el rango de los 1 a 2 m/s, en contraste entre las 9 h y las 19 h, las velocidades del viento tienden a aumentar, observándose una predominancia entre las magnitudes de 2 a 5 m/s. En los meses fríos (mayo-agosto) prácticamente no se puede diferenciar entre el periodo diurno y nocturno, existiendo a partir de agosto una leve tendencia distinta entre día y noche. En general los vientos tienden a estar bajo los 3 m/s para todo este periodo.

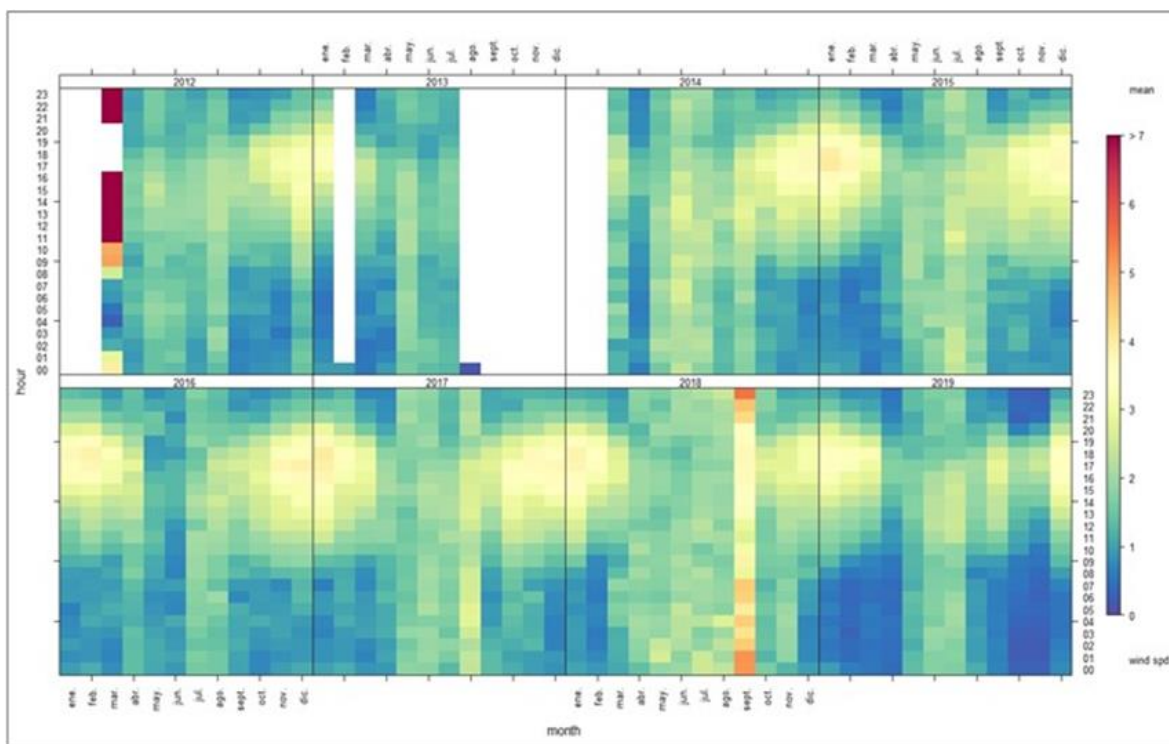


Figura 14. Perfil temporal velocidad del viento. Estación PLC. Años 2012-2019.  
Fuente: Elaboración propia

La Figura 15, muestra el comportamiento mensual y horario para la temperatura, presentando omisiones o errores similares en la información registrada para las variables anteriormente analizadas, sin embargo, el año 2018, parece presentar data coherente a diferencia de lo que ocurría con la caracterización de los vientos.

Se observan estacionalidades marcadas a lo largo de todos los meses del año, con temperaturas crecientes hacia los meses de diciembre-febrero, con temperaturas promedio sostenidas sobre los 25°C en periodo diurno, con temperaturas nocturnas superiores a los 15°C. Respecto a la tendencia diurna, a medida que se avanza de febrero a julio la amplitud de las horas del día con temperaturas sobre los 20°C tiende a disminuir paulatinamente, hasta haber baja oscilación térmica, existiendo diferencias más marcadas únicamente entre las 12 y las 17 horas para junio y julio, siendo además los meses con menores temperaturas. En general en horas de la noche es posible encontrar sobre todo entre mayo y agosto temperaturas promedio inferiores a los 5°C.

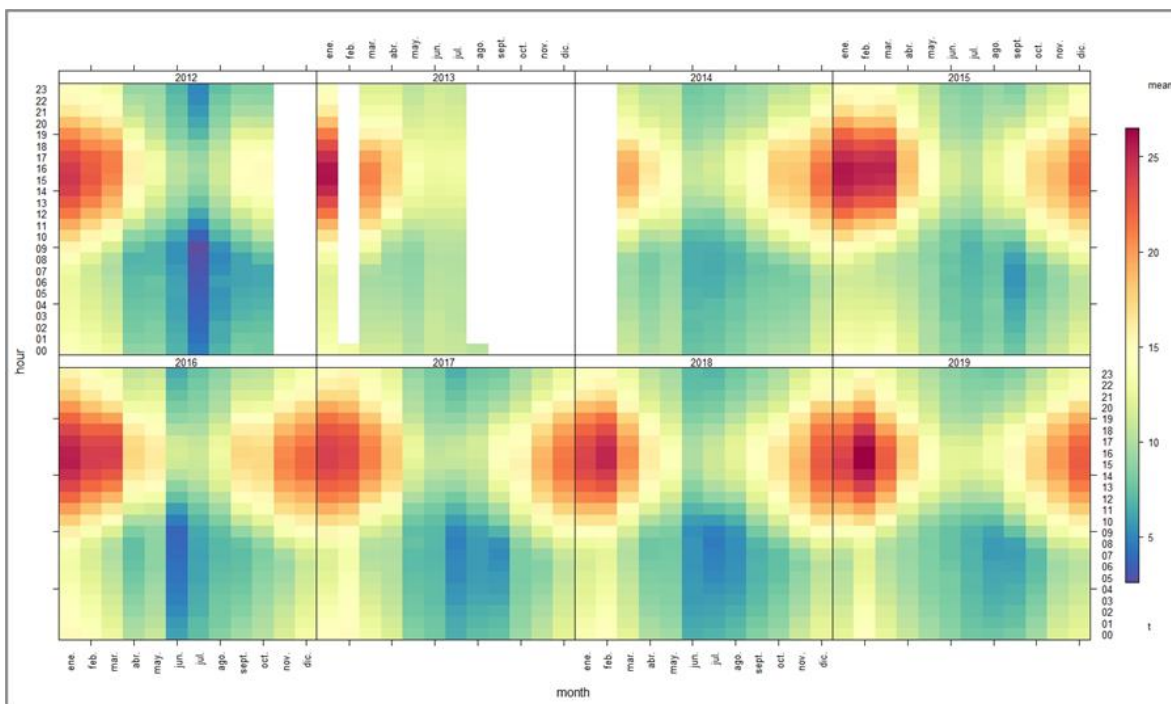


Figura 15. Perfil temporal temperatura. Estación PLC. Años 2012-2019.  
Fuente: Elaboración propia

### 6.1.4.3 Estacionalidad y Tendencia de Variables Meteorológicas Seleccionadas.

De acuerdo al estudio: "Determinación de MP Secundario en las Concentraciones de MP2,5 y MP10, Aporte de Precursores en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas", (CMM, 2019), del análisis de FIC's, se concluye que las velocidades del viento (calmas), las temperaturas (<20°C) y las precipitaciones (<1 mm), juegan el rol principal en el comportamiento de los contaminantes MP10 y MP2,5, quedando de manifiesto sobre todo con este último contaminante, que sobre todas las otras variables analizadas, únicamente esta tres y específicamente sobre la estación PLC, es posible evidenciar los cambios más relevantes en las concentraciones de los contaminantes.

De este modo, con el fin de aportar un enfoque complementario se realiza un análisis de tendencias que expliquen la variación de las variables meteorológicas entre los años 2012-2019 que permitan despejar el efecto meteorológico sobre la disminución aparente de concentraciones de MP10 y MP2,5 en la zona de estudio.

A continuación, se presenta un análisis de tendencias para las variables: precipitación, velocidad del viento y temperatura para el periodo comprendido entre 2012-2019 para la estación PLC.

La Figura 15, muestra el comportamiento de las precipitaciones acumuladas para la estación PLC, dónde al aplicar un análisis estadístico de tendencias suavizadas (*smoothTrend*) se

puede evidenciar la disminución paulatina en la pendiente de la línea de tendencia, existiendo de todas formas una desviación estándar similar de los valores observados entre 2012-2014 y 2018-2019. Se evidencia que el año 2013 y 2018, presentan condiciones similares respecto de la variable, esto corresponde a las menores precipitaciones del periodo analizado, sin embargo, dicho comportamiento pudiera estar supeditado a la calidad de los datos observados, sobre todo para el año 2013. De este modo no es concluyente la existencia de una disminución sostenida por la estacionalidad de las precipitaciones, de este modo se puede aplicar la desestacionalización de las variables a través de un complemento del estadístico *smoothTrend*, que permite a través de la sustitución de factores en el modelo GAM, permite evaluar el comportamiento de la variable suavizada sin efecto estacional.

La Figura 17, muestra la tendencia desestacionalizada de la variable en cuestión, mostrando una clara tendencia en la disminución de las precipitaciones promedio para el área de estudio lo que podría implicar que dicho fenómeno explique en parte la disminución en las máximas concentraciones y en los comportamientos normativos del MP. Es importante mencionar que del análisis de FIC's (CMM,2019) que de las variables con mayor incidencia la precipitación es la que menor variación genera sobre las concentraciones de MP.

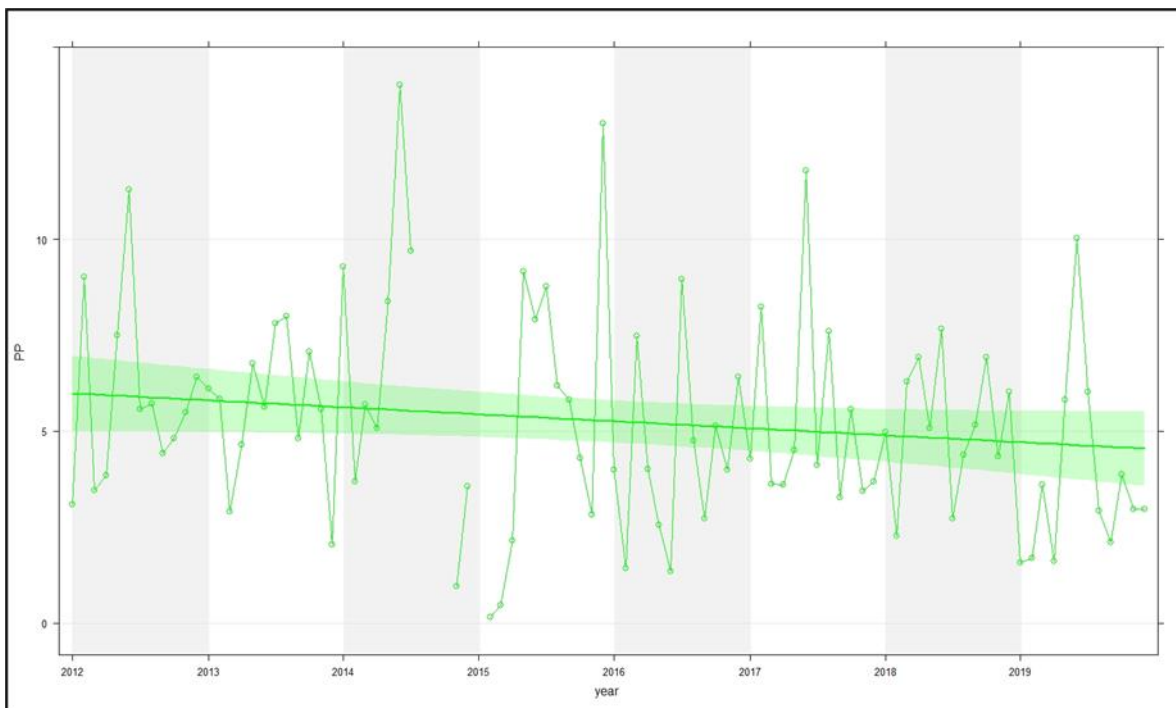


Figura 16. Series de tiempo anual precipitación acumulada estacional (mm). Estación PLC. Años 2012-2019

Fuente: Elaboración propia

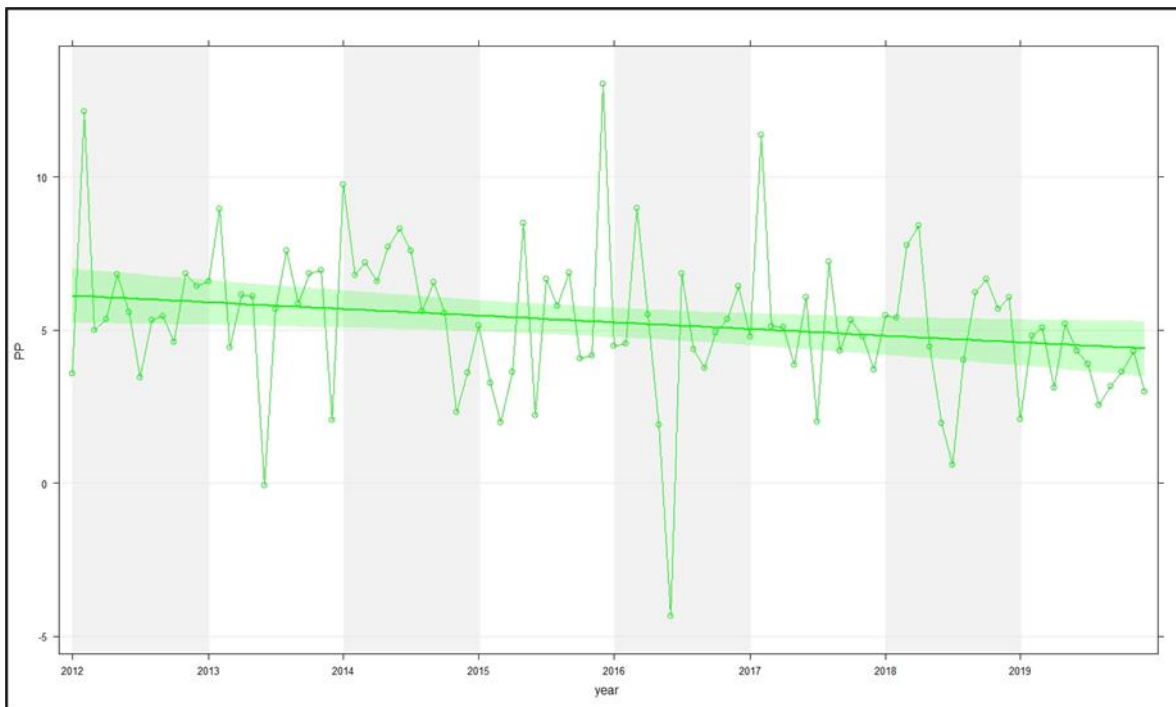


Figura 17. Series de tiempo anual precipitación acumulada desestacionalizada (mm). Estación PLC.  
Años 2012-2019

Fuente: Elaboración propia

La siguiente variable analizada (temperatura), corresponde a la segunda con mayor impacto sobre las concentraciones observadas para el análisis de FIC's desarrollado por el Centro Mario Molina.

La Figura 18, muestra el comportamiento de las temperaturas para la estación PLC, aplicando el estadístico *smoothTrend* donde se aprecia que la tendencia de la temperatura es invariable a lo largo del periodo analizado.

Por otra parte, la Figura 19, representa el análisis desestacionalizado, al igual que con la PP, donde se puede evidenciar que, al eliminar el efecto de la oscilación anual de la temperatura, existe un incremento aproximado de 1 °C entre el 2012 y 2019, sin embargo, la variación podría implicar un cambio cíclico por el comportamiento de la línea de tendencia, no factible de percibir en el periodo de tiempo analizado.

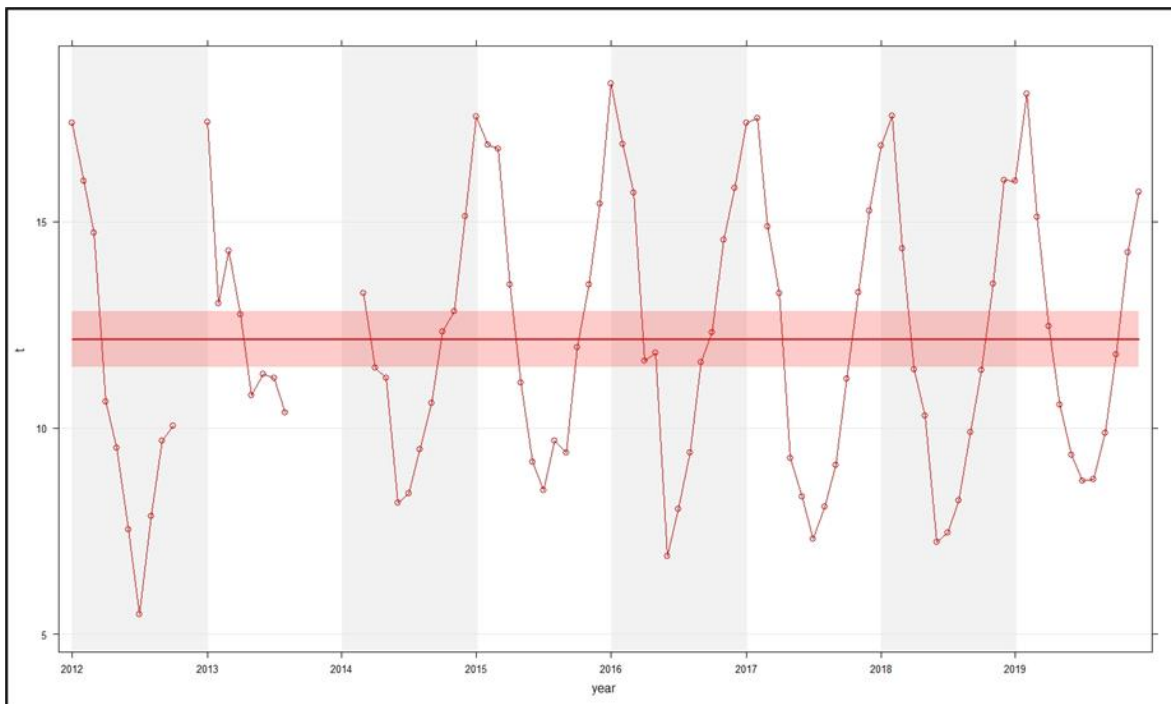


Figura 18. Series de tiempo anual temperatura estacional (°C). Estación PLC. Años 2012-2019  
Fuente: Elaboración propia

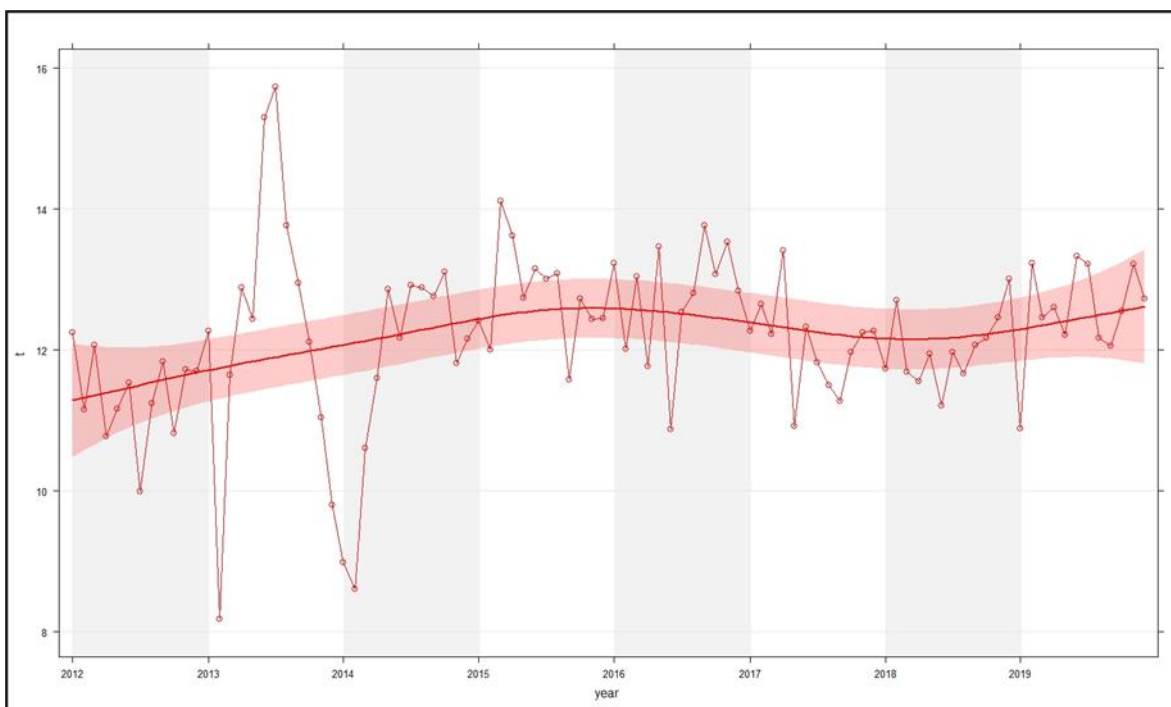


Figura 19. Series de tiempo anual temperatura desestacionalizada (°C). Estación PLC. Años 2012-2019  
Fuente: elaboración propia



### 6.1.5 Correlación entre calidad del aire y meteorología

Para la caracterización de las tendencias de calidad del aire, se empleó la data de calidad del aire y meteorología entre los años 2012 y 2019 de la estación Las Encinas, (Figura 20). En esta gráfica se puede apreciar la evolución anual de las variables. Respecto al MP2,5 y MP10 se observa una reducción sostenida en el periodo evaluado.

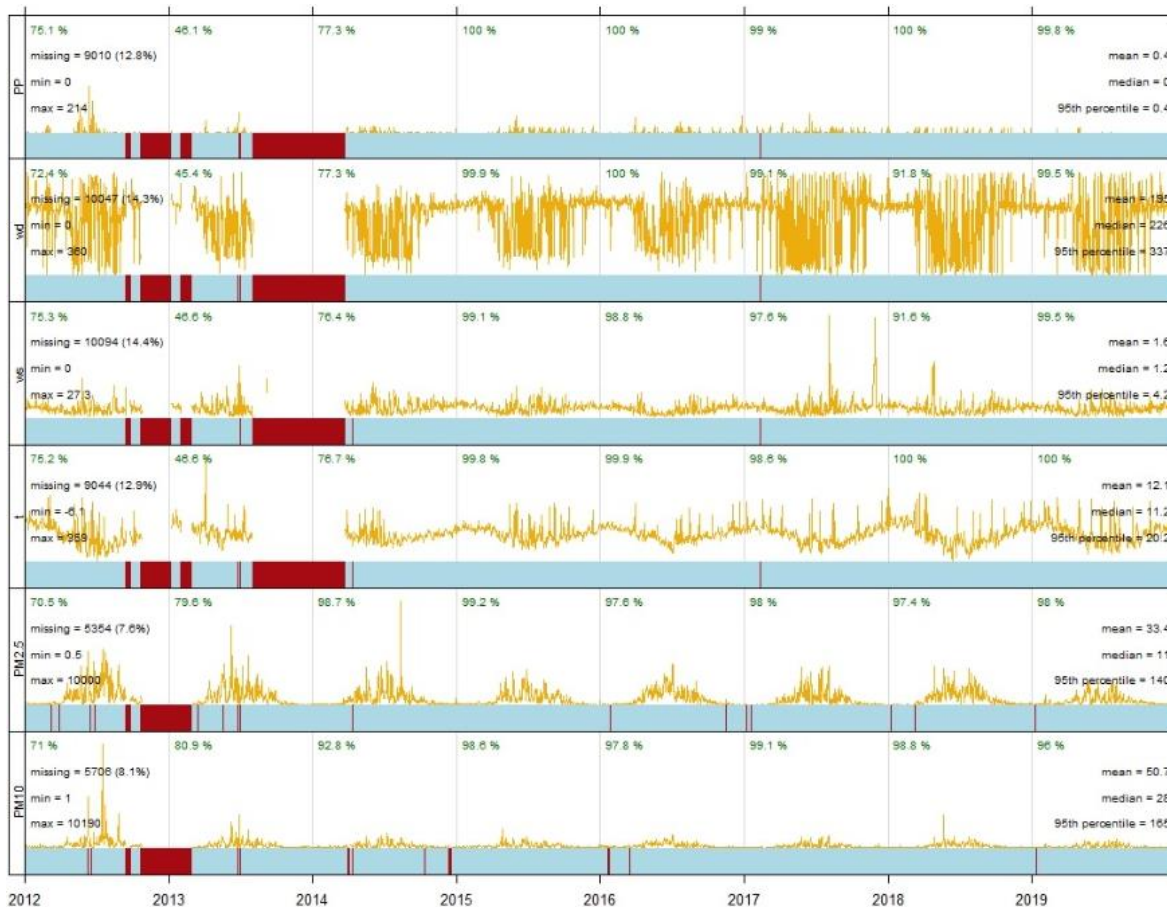


Figura 20. Gráfica evolución anual de variables Estación Las Encinas  
Fuente: elaboración propia

La Figura 21, presenta la distribución de los perfiles horarios, diarios y mensuales de las concentraciones de MP2,5. Se observa escasa variación diaria, solo se advierte que los fines de semana existe una curva menos pronunciada en el horario entre las 06:00 y 12:00 horas. Respecto al perfil horario se observa un abrupto incremento en el periodo 18:00 y 23:00 horas, a partir de lo cual se reduce, en el periodo de la madrugada entre 00:00 y 06:00 horas. Respecto al perfil mensual, se aprecia la estacionalidad con el incremento de las concentraciones de MP2,5 a partir del mes de marzo, con máximos entre junio y julio, a partir de este último mes las concentraciones comienzan a decaer hasta bajo los 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de octubre.

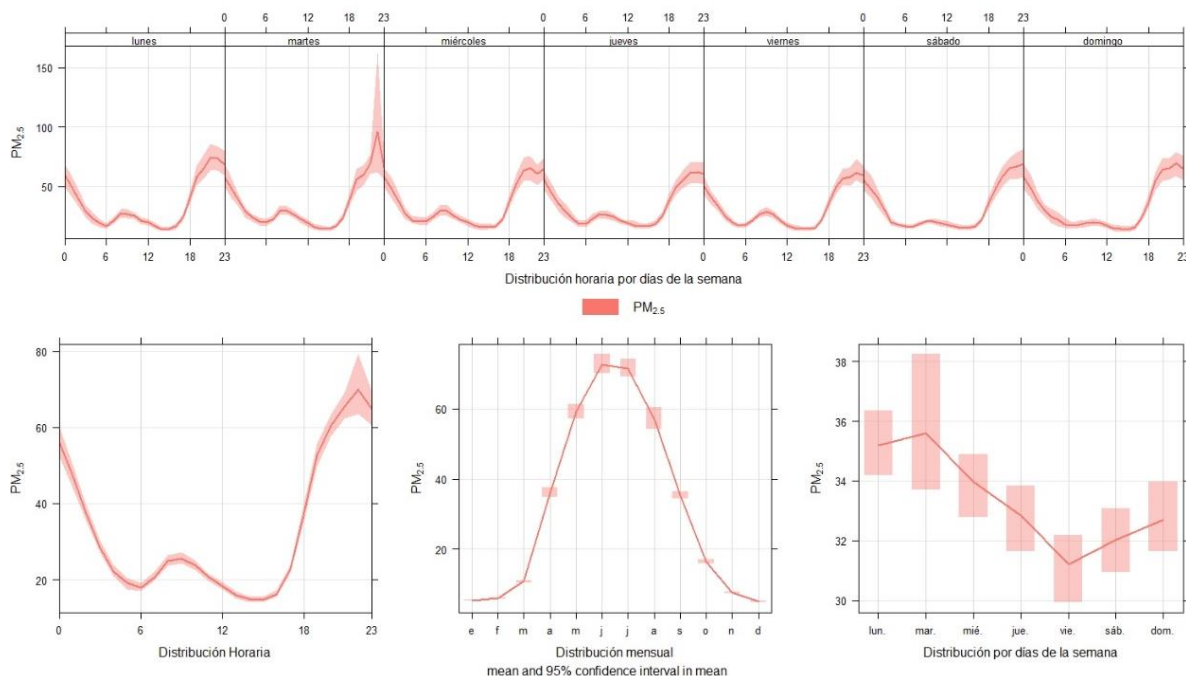


Figura 21. Gráfica distribuciones horarias, diarias y mensuales del MP2,5 - Estación Las Encinas  
Fuente: elaboración propia

La Figura 22 permite observar las correlaciones entre las variables meteorológicas más determinantes que inciden en la calidad del aire. Se seleccionó la data de la Estación Las Encinas, para los 3 últimos años (2017-2019). Este último año, en donde se aprecian menores concentraciones de material particulado, se han observado condiciones meteorológicas más adversas para la calidad del aire, tal es el caso de la velocidad del viento, en donde al año 2019 el 95% de las observaciones se encuentran bajo las 4,5 m/s, mientras que para los años 2017 y 2018 los valores se sitúan entre los 8 y 5,5 m/s, respectivamente. Asimismo, ocurre con las precipitaciones, observándose para el año 2019 menor cantidad de mm de agua caída. El análisis de correlación indica que a pesar de que el año 2019 se observó como un año con menores velocidades de viento y menores precipitaciones, se presentaron menores concentraciones de MP2,5, lo que evidencia que los menores índices de contaminación no obedecerían a las condiciones meteorológicas necesariamente.

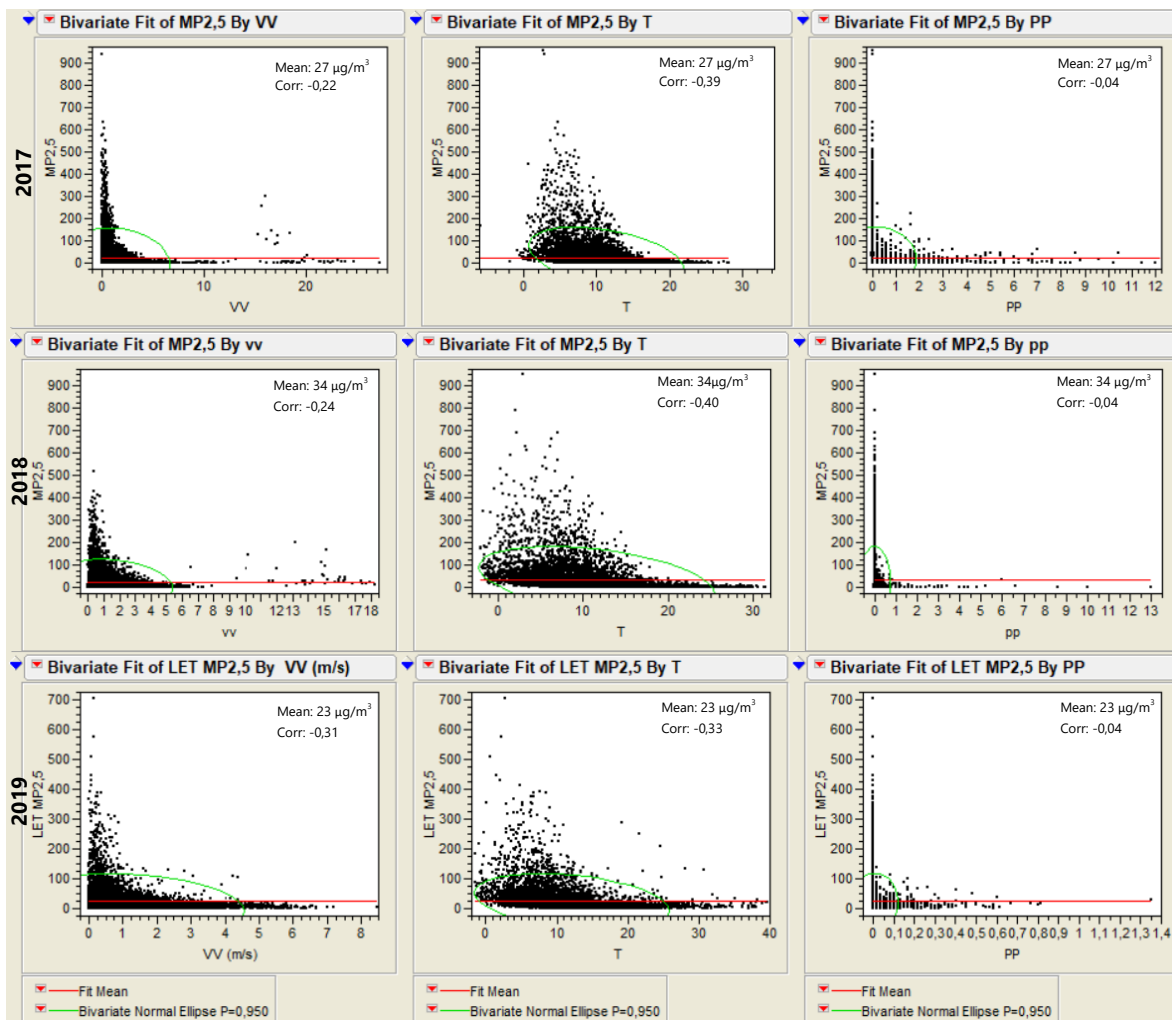


Figura 22. Correlación de variables meteorológicas y calidad del aire

Fuente: elaboración propia

## 6.2 ACTIVIDAD 2). ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO

### 6.2.1 Cumplimiento normativo periodo 2012-2019

#### 6.2.1.1 Evaluación Norma Diaria

##### Material Particulado Respirable MP10

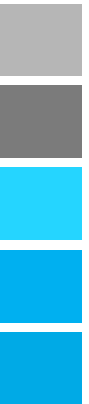
Según la información sistematizada de los datos del monitoreo de calidad del aire provenientes de las estaciones de monitoreo, es posible evaluar el cumplimiento de la norma diaria MP10 según los niveles establecidos. El gráfico del P98 de los valores de concentración de 24 horas para cada año en evaluación se presenta a continuación en la Figura 23.

Según se observa en la Figura 23, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas en la Estación Las Encinas presenta una clara tendencia a disminución. En el periodo 2013-2015 se observa una reducción de este indicador, observándose un leve aumento en el año 2016, luego 2018 y 2019 nuevamente se observa disminución. Es importante destacar que para el año 2019, el indicador de norma diaria representado por el P98 para el año 2019 se encuentra bajo el límite normativo de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  de MP10, alcanzando un valor de  $121 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , encontrándose en condición de latencia (83% respecto a la norma).

Luego, los resultados observados en la Estación Museo Ferroviario se observan con baja variación interanual en el periodo 2012-2016, pero sobre la norma, a excepción del año 2015 en donde se registra el valor más bajo de P98 situándose bajo el límite normativo, alcanzando un valor de  $143 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . Luego, con el cambio de ubicación de la estación hacia Cerro Ñielol, se observa que los valores medidas bajan considerablemente, y se encuentran bajo el límite normativo, alcanzando  $118$  y  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , para los años 2018 y 2019 respectivamente. El año 2017 no se cuenta con el número mínimo de datos de monitoreo por lo que no se considera válido.

Para el caso de los resultados observados en la Estación Padre Las Casas, durante el periodo 2013-2015 no se observa una tendencia clara hacia la reducción o aumento del percentil 98, luego a partir del año 2016 es posible un sostenido aumento, alcanzando su mayor valor al año 2018, con una concentración de  $259 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  de MP10. Luego, para el año 2018 se observa una reducción encontrándose el valor cerca del límite de norma, con  $159 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

La peor condición se presenta para todos los años del periodo en la Estación Padre Las Casas a excepción del año 2012, que solo presenta el indicador válido para la Estación Museo Ferroviario.



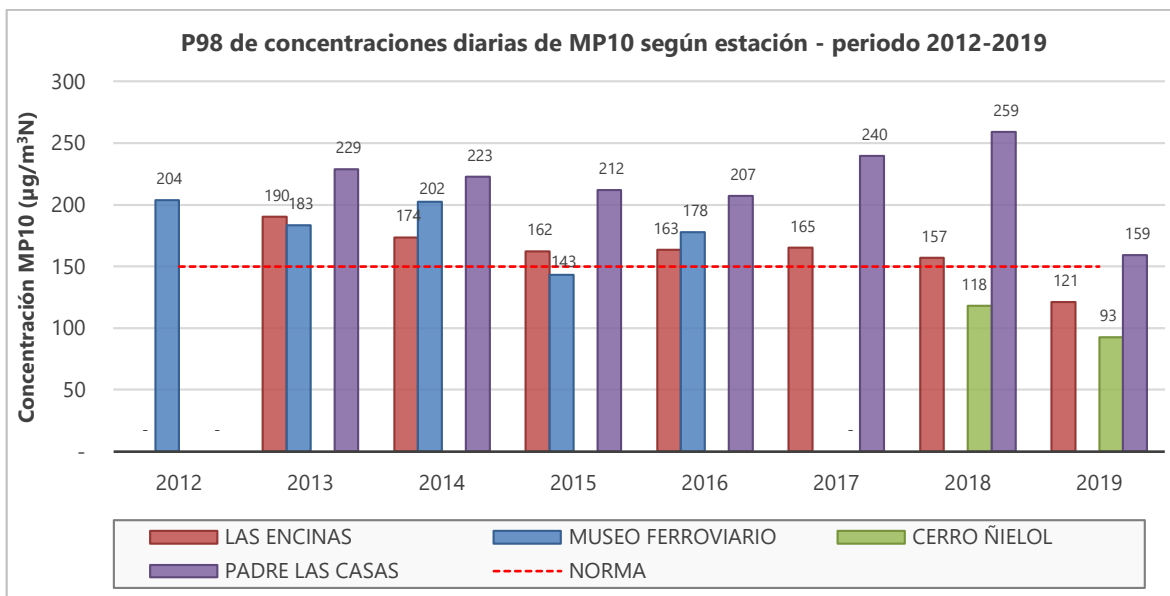


Figura 23. P98 de concentraciones de MP10 de 24 horas

Fuente: Elaboración propia

### Material Particulado Respirable MP2,5

Según la información sistematizada de los datos del monitoreo de calidad del aire provenientes de las estaciones de monitoreo, es posible evaluar el cumplimiento de la norma diaria MP2,5 según los niveles establecidos. El gráfico del P98 de los valores de concentración de 24 horas para cada año en evaluación se presenta a continuación en la Figura 24.

Según se observa en la Figura 24, el Percentil 98 de las concentraciones diarias registradas en la Estación Las Encinas presenta disminución entre el periodo 2013-2015, para luego aumentar la concentración durante 2016 y 2017. Para los años 2018 y 2019 se observa una reducción, alcanzándose este último año el valor más bajo del periodo evaluado, alcanzando un valor de P98 de 106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La Estación ubicada en Museo Ferroviario presenta una sostenida reducción entre los años 2012-2015, luego presenta un aumento para el año 2016. Tras el cambio de ubicación de la estación, hacia Cerro Ñielol se registran los valores más bajos del monitoreo, alcanzando al año 2019 una concentración de 79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En cambio, la Estación Padre Las Casas, presenta los mayores valores de P98 para este contaminante observándose un aumento sostenido entre los años 2015 y 2018, observándose una reducción de este indicador en el año 2019, en donde alcanza un valor de 158  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

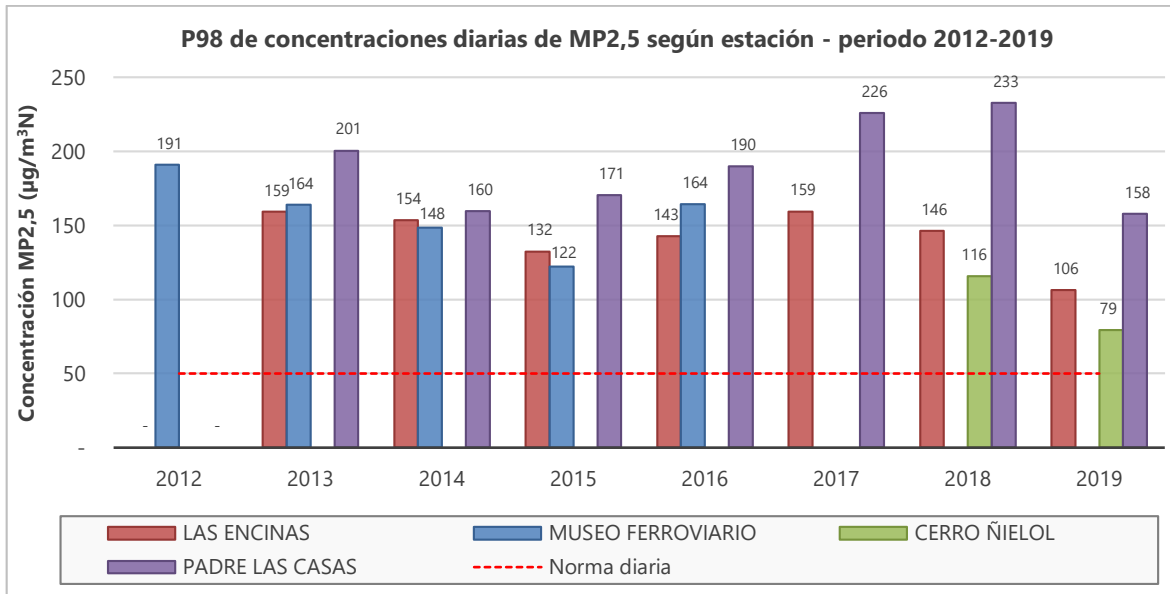


Figura 24. P98 de concentraciones de MP2,5 de 24 horas

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1.2 Evaluación Norma Anual

#### Material Particulado Respirable MP10

La Figura 25 presenta los promedios anuales de MP10 según estación de monitoreo para los años 2012 a 2019. Se observa una clara disminución de los promedios anuales, encontrándose valores bajo los 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para los años 2017, 2018 y 2019 en las estaciones Las Encinas y Ñielol. Padre Las Casas presenta la peor condición, sin embargo, para el año 2019 se observa un valor de promedio anual bajo los 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , alcanzando un valor de 47  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

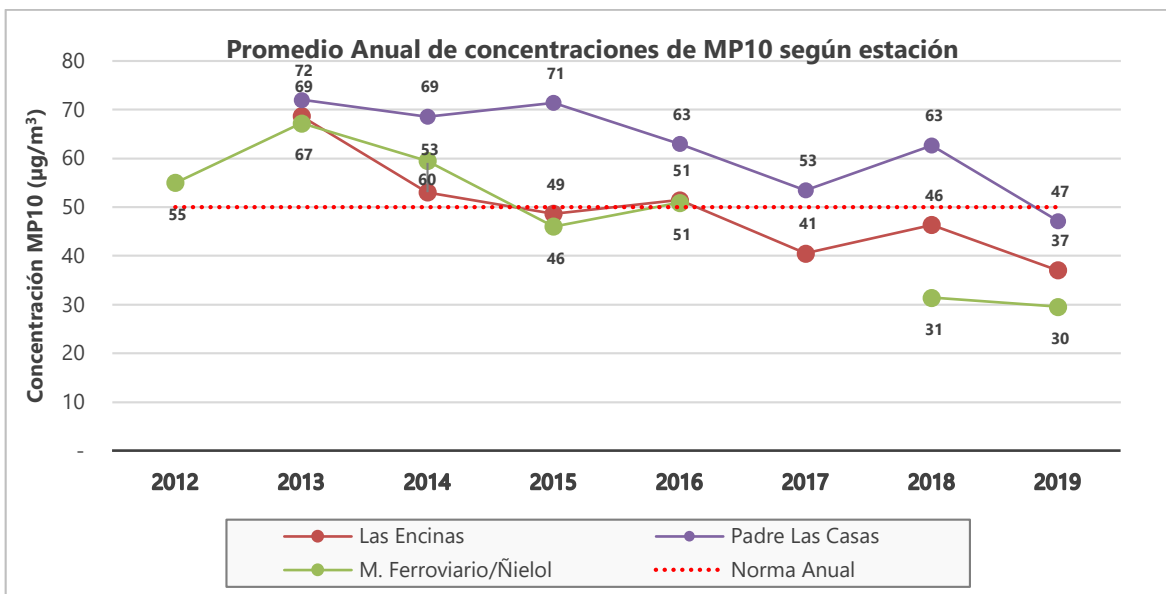


Figura 25. Promedio anual de concentraciones de MP10

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cumplimiento de norma anual se observa que para los últimos 3 periodos evaluados los registros de promedio trianual en la estación Las Encinas se encuentran bajo el límite normativo de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , situándose en el nivel de latencia (entre 80% y 94% respecto a la norma). Para la estación de Padre Las Casas, el valor se encuentra sobre la norma en todos los periodos analizados.

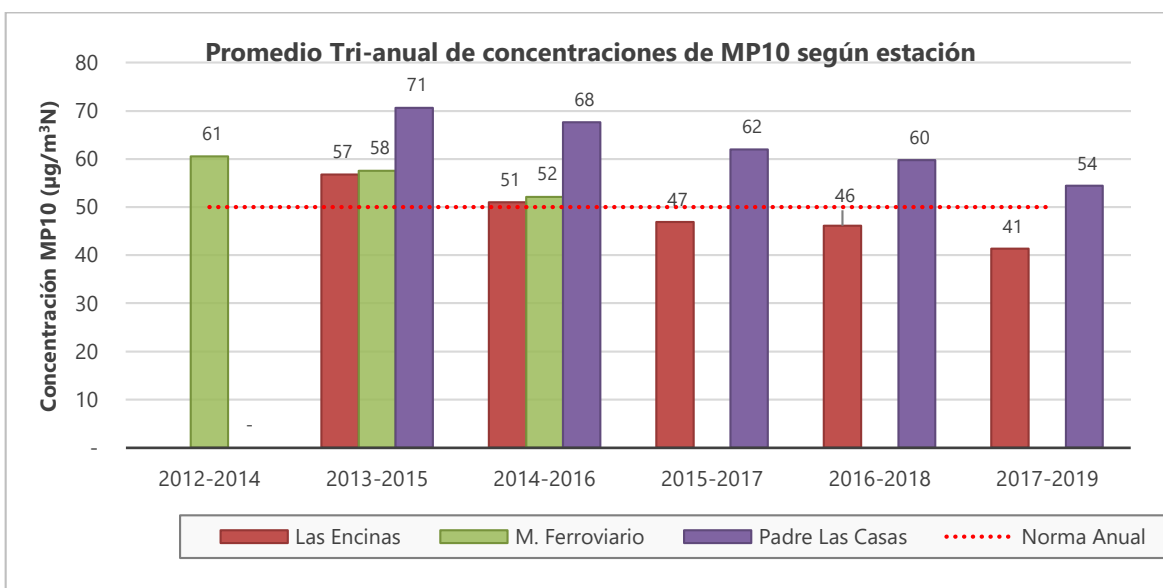


Figura 26. Promedio trianual de concentraciones de MP10

Fuente: Elaboración propia

## Material Particulado Respirable MP2,5

La Figura 27 presenta los promedios anuales de MP2,5 según estación de monitoreo para los años 2012 a 2019.

Los resultados no presentan una tendencia clara a la reducción o disminución de las concentraciones anuales en el periodo evaluado.

Todas las estaciones registran el menor valor como promedio anual durante el año 2019. La estación Ñielol presenta un valor de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  encontrándose bajo los  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mientras que la Estación Las Encinas se encuentra en un valor de  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La peor condición se presenta en la Estación Padre Las Casas en todos los años evaluados.

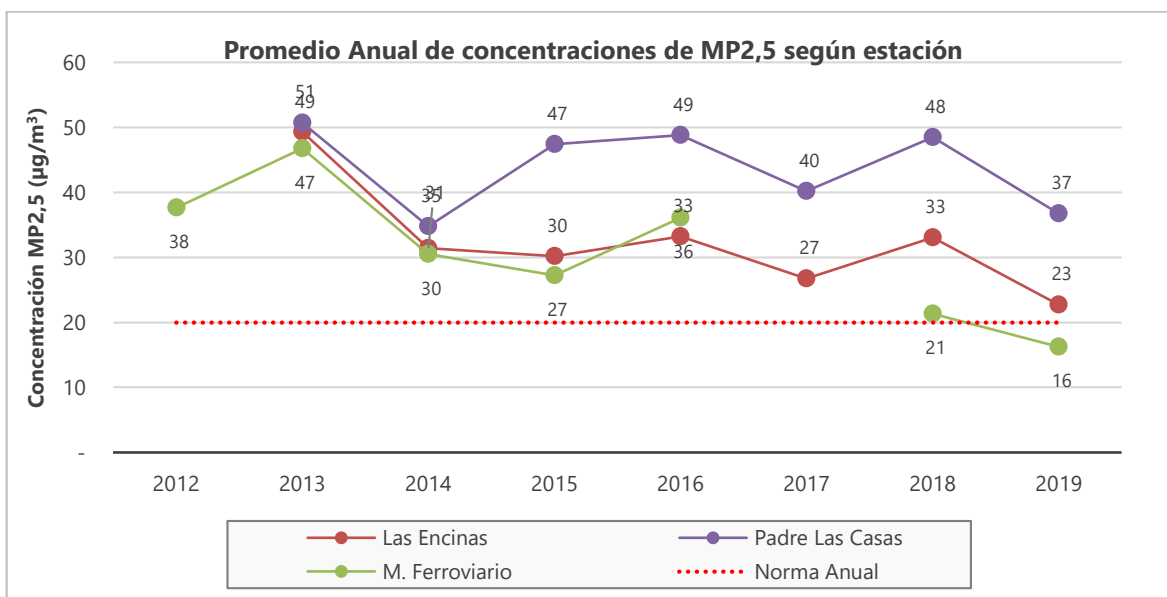


Figura 27. Promedio anual de concentraciones de MP2,5

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cumplimiento de norma anual se observa una disminución del promedio trianual para el periodo 2013-2015, 2014-2016 y 2015-2017 en la Estación Las Encinas. El menor valor para este indicador se obtiene en el periodo trianual 2017-2019 con  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La estación de Padre Las Casas, presenta valores de promedio trianual relativamente constantes, encontrándose en menor valor en el periodo 2017-2019 con un promedio de  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

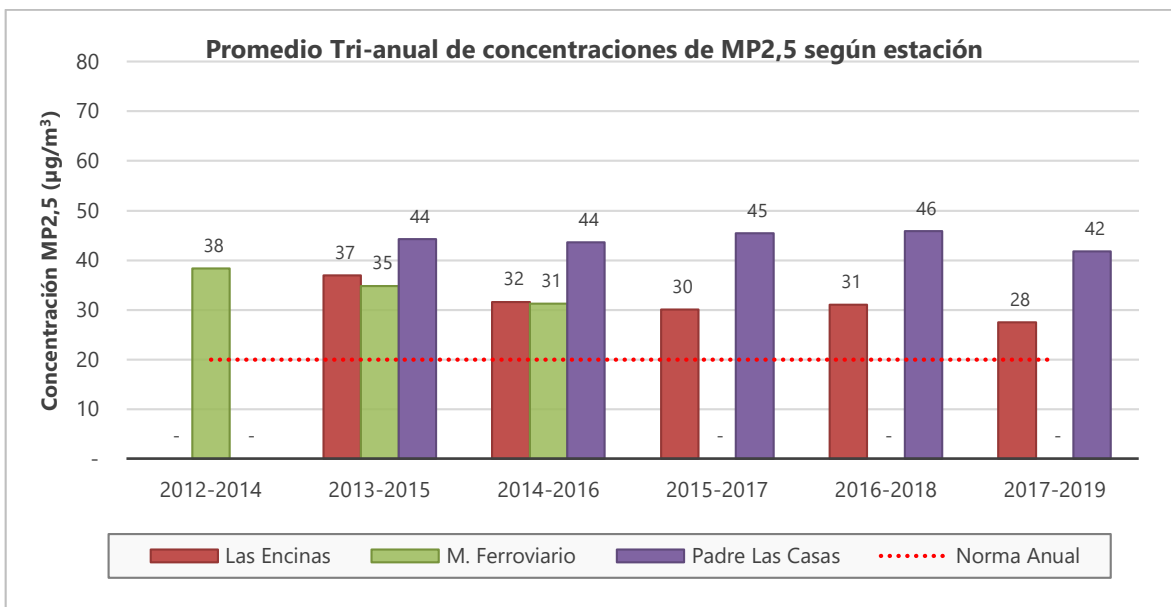


Figura 28. Promedio trianual de concentraciones de MP10

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1.3 Episodios de Contaminación

#### Material Particulado Respirable MP10

La Figura 29 presenta el número de episodios de contaminación para MP10, entre los años 2012-2019, encontrándose baja ocurrencia de Emergencias. Se encuentra una tendencia variable en los años evaluados, sin poder definirse una reducción o aumento sostenido. Para el año 2019 se observa la menor ocurrencia de episodios.

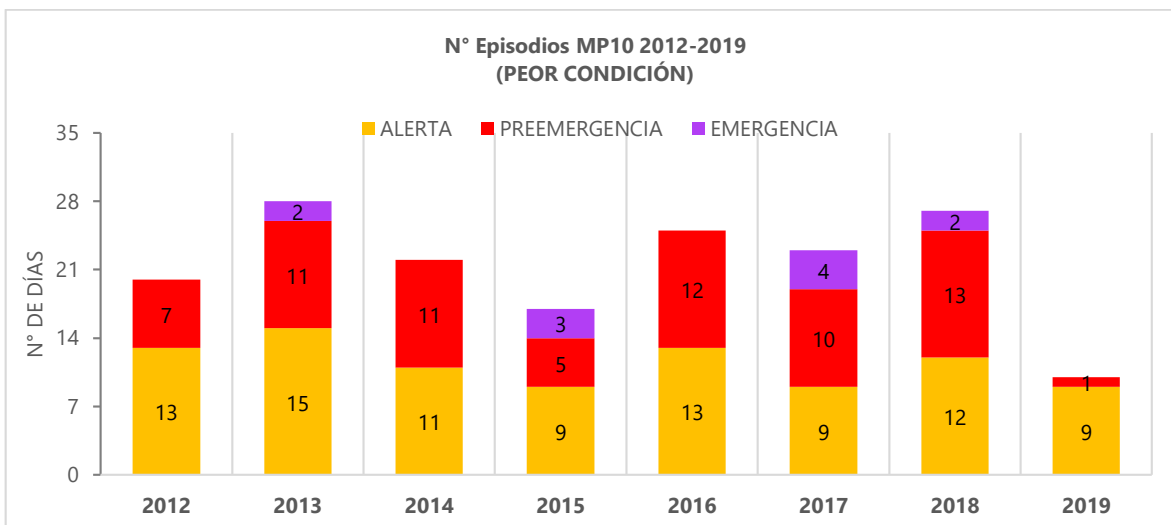


Figura 29. Días de episodio de contaminación por MP10 periodo 2012-2019 (PEOR CONDICIÓN)

Fuente: Elaboración propia

La Figura 30 presenta de manera comparativa los días de episodio para Padre Las Casas, Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol, para el periodo 2012-2019, observándose que la peor condición se registra en la Estación Padre Las Casas, mientras que la estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol presentan tendencia a la disminución de los episodios en el periodo evaluado.

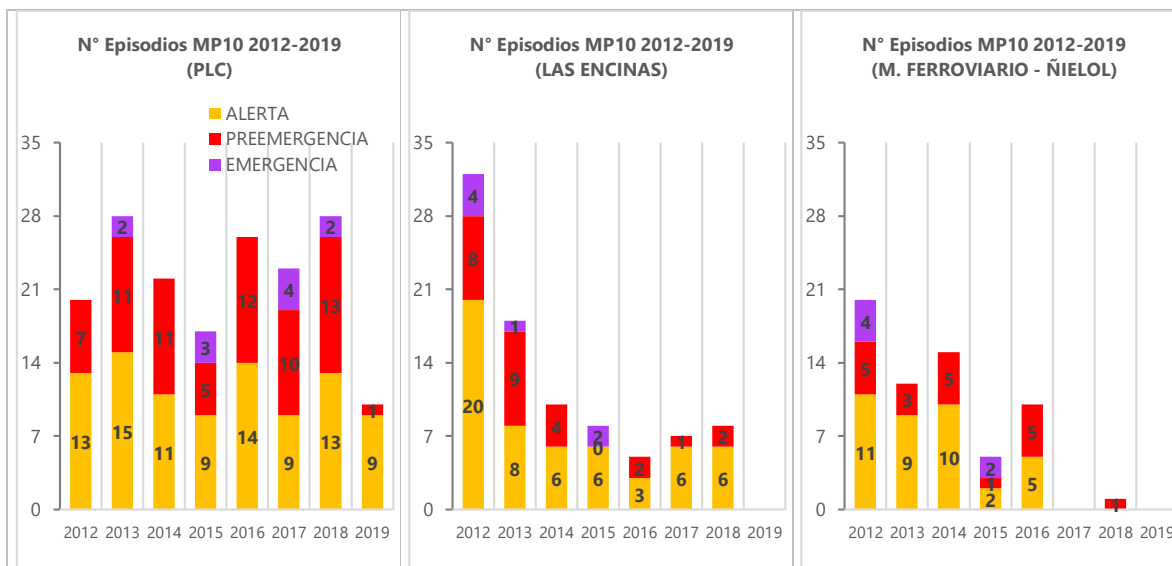


Figura 30. Días de episodio de contaminación por MP10 periodo 2012-2019 según Estación

Fuente: Elaboración propia

En relación al número de horas en condición de emergencia, la gráfica presenta la información para la estación que entregue la peor condición. Se observa una disminución a partir de año 2015.

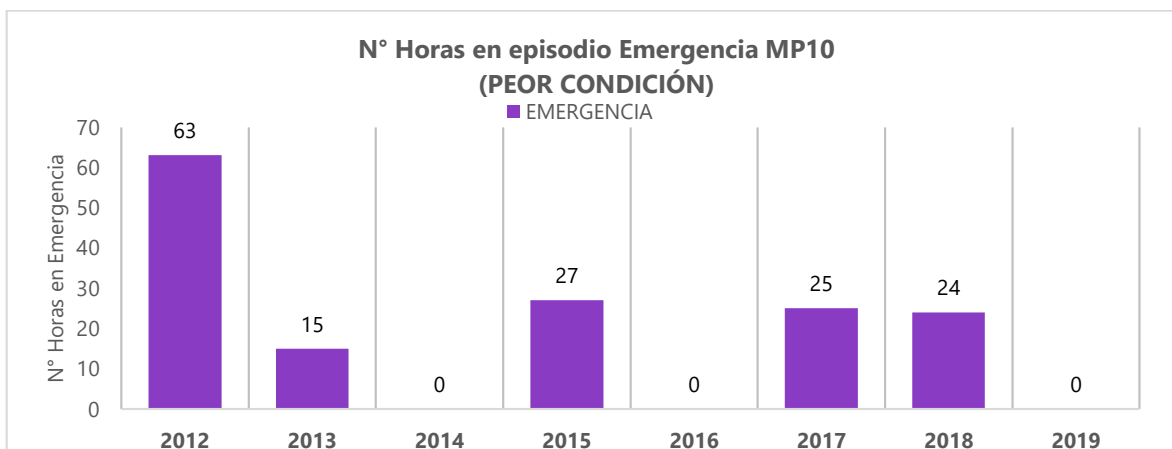


Figura 31. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 PEOR CONDICIÓN

Fuente: Elaboración propia

De manera comparativa, en la Figura 32 se presenta el número de horas en condición de emergencia para MP10 en el periodo 2012 a 2019 según estación. Solo el año 2012 la estación Las Encinas presenta la peor condición. Ese año la estación Padre Las Casas no presenta horas en esta condición.

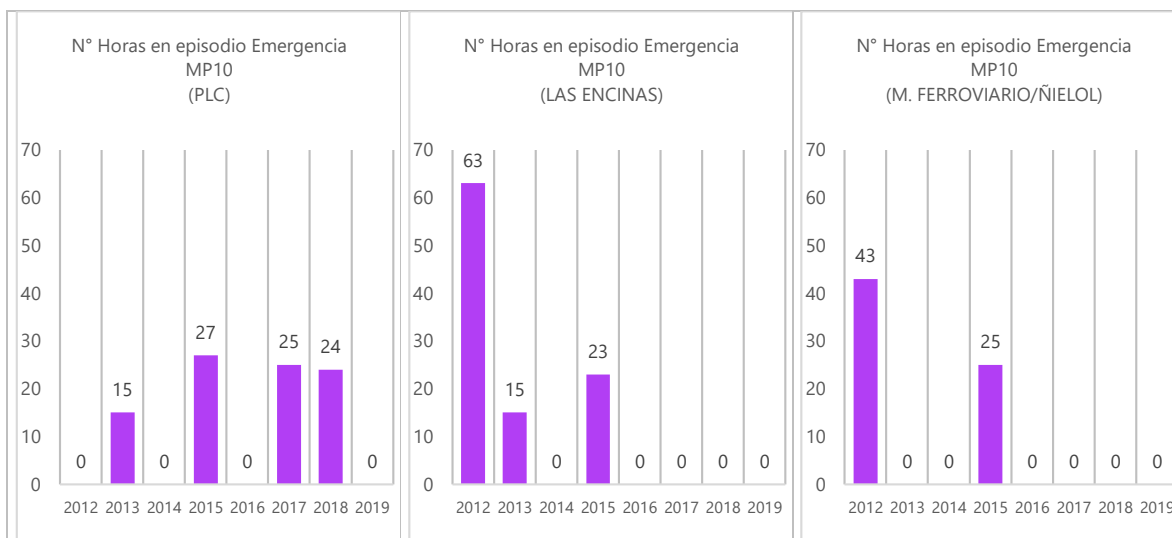


Figura 32. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 según Estación

Fuente: Elaboración propia

### Material Particulado Respirable MP2,5

La Figura 33 presenta la ocurrencia de episodios de contaminación en condición de alerta, preemergencia y emergencia. Se observan resultados variables en el periodo evaluado, sin observarse tendencia clara a la reducción o disminución.

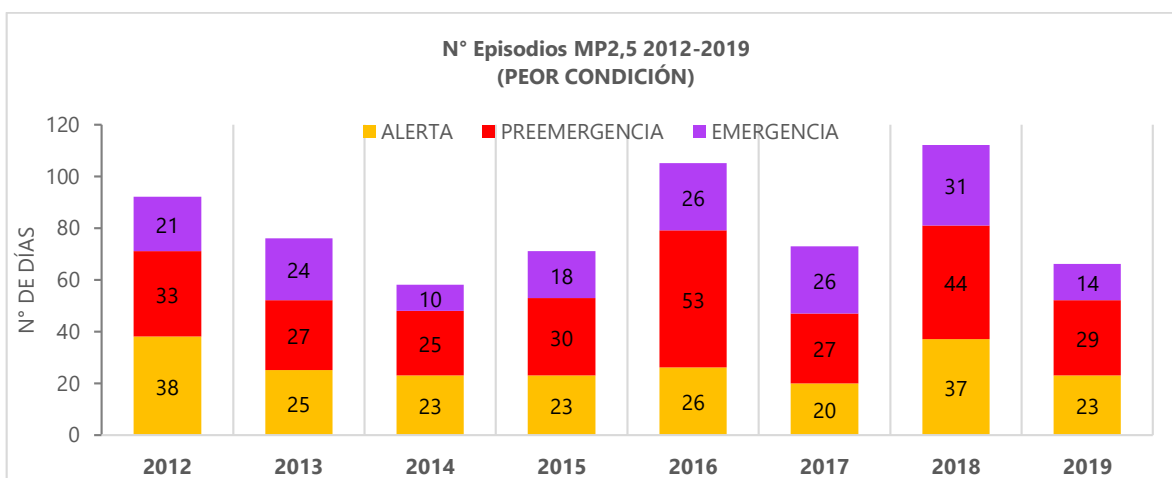


Figura 33. Días de episodio de contaminación por MP2,5 periodo 2012-2019 PEOR CONDICIÓN

Fuente: Elaboración propia

De manera comparativa, la Figura 34 presenta los días de episodio para MP2,5 Padre Las Casas, Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol, para el periodo 2012-2019, observándose que la peor condición se registra en la Estación Padre Las Casas, mientras que la estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol presentan tendencia a la disminución de los episodios en el periodo evaluado.

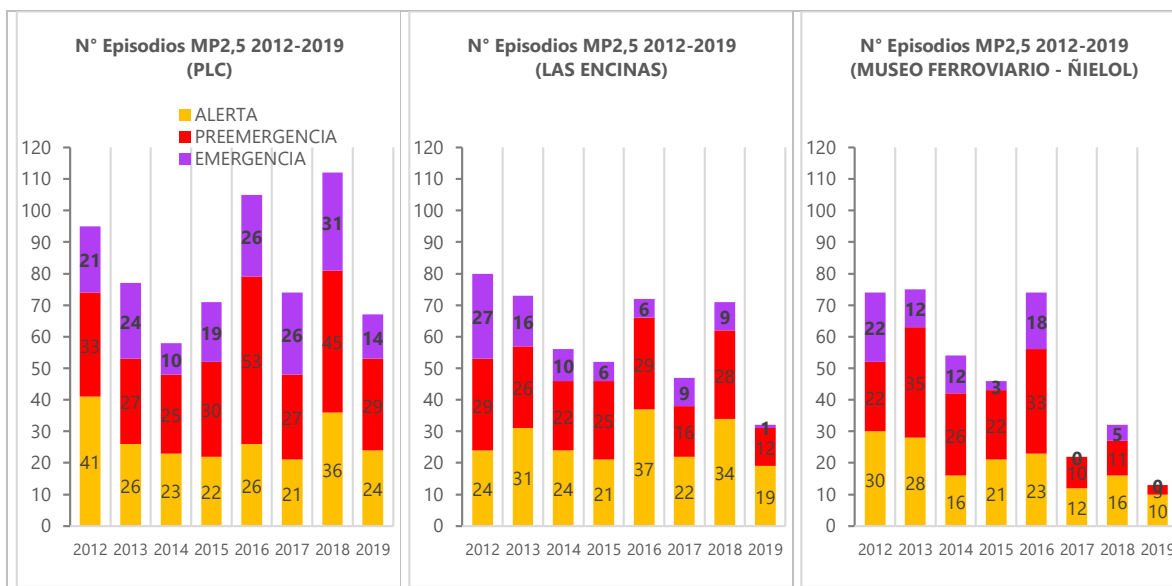


Figura 34. Días de episodio de contaminación por MP2,5 periodo 2012-2019 según Estación

Fuente: Elaboración propia

La Figura 35 presenta el número de horas en condición de emergencia para MP2,5 encontrándose un aumento desde el año 2014 hasta el año 2018. Para el año 2019 se observa una importante reducción, alcanzando 172 horas en esta condición.

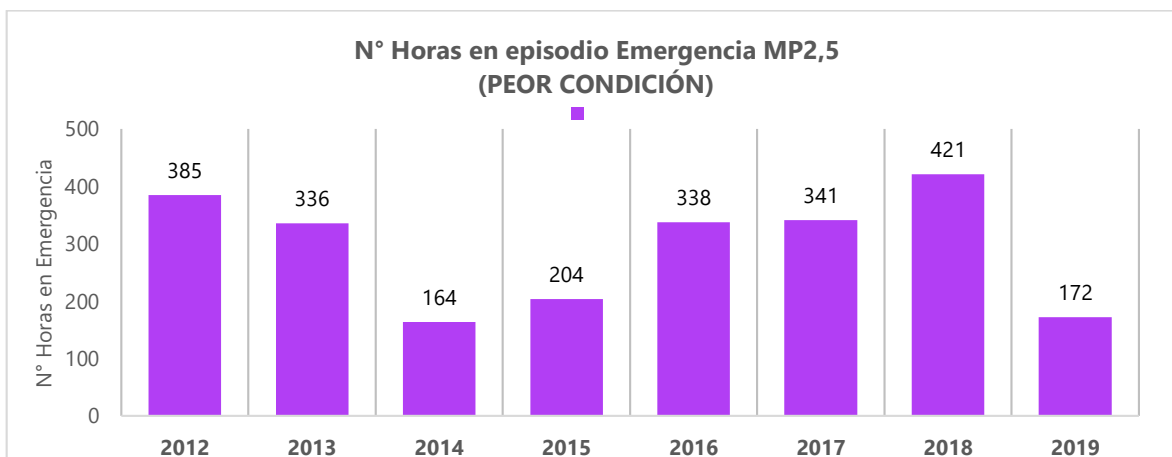


Figura 35. N° de Horas en Episodio de Emergencia por MP2,5 periodo 2012-2019

Fuente: Elaboración propia

De manera comparativa, en la Figura 36 se presenta el número de horas en condición de emergencia para MP2,5 en el periodo 2012 a 2019 según estación. Solo el año 2012 la estación Las Encinas presenta la peor condición. Comparativamente, la estación Padre Las Casas, en general, es la que presenta la peor condición, mostrando valores muy superiores respecto a las otras estaciones.

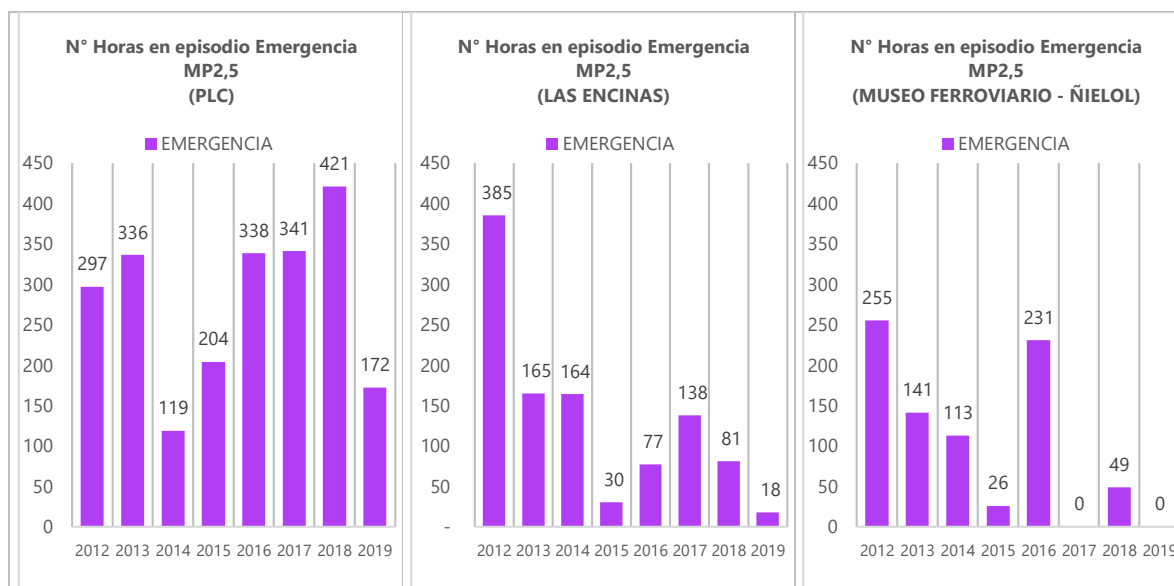


Figura 36. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 según Estación

Fuente: Elaboración propia

## 6.2.2 Análisis Indicadores del PDA

El PDA, además de considerar como meta el cumplimiento de la norma para MP10 y MP2,5, establece cuatro indicadores que buscan demostrar que las medidas implementadas tienen un efecto positivo en la calidad del aire de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. La descripción de cada indicador se presenta a continuación, junto con la forma de estimación y los resultados para cada estación, en el periodo 2012 a 2019. Es importante precisar que, para el caso de la Estación Museo Ferroviario o Ñielol, se nombrará como Estación "Museo Ferroviario/Ñielol" cuando los resultados hagan referencia al periodo completo de evaluación (2012-2019), y se nombrarán de manera separada cuando el resultado haga referencia a la antigua ubicación en Museo Ferroviario (año 2012-2016) o a la nueva ubicación en Cerro Ñielol (2017-2019).

**Indicador 1)** Disminución de la duración de los episodios para MP10 y MP2,5, lo que se puede medir de acuerdo a la disminución del número de horas continuas para promedios móviles de 24 horas por sobre los  $195 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.

Para calcular este indicador se considera el número total de horas sobre los  $195 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para promedios móviles de 24 horas, para el caso del MP10 y de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el MP2,5 durante un año de medición en el periodo 2012 -2019. Es decir, se considera las horas en Alerta, Pre emergencia y Emergencia.

La Tabla 78 presenta los resultados para cada estación, en el periodo evaluado para los dos contaminantes.

Tabla 78. Resultados Indicador 1. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5

Indicador N°1	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>INDICADOR: N° Horas continuas para promedio móvil 24h sobre <math>195 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> de MP10</b>								
Las Encinas	375	219	144	47	74	103	61	0
Museo Ferroviario/Ñielol	164	131	125	59	148	0	22	0
Padre Las Casas	258	336	346	204	319	304	397	95
<b>INDICADOR: N° Horas continuas para promedio móvil 24h sobre <math>80 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> de MP2,5</b>								
Las Encinas	1.336	1.073	881	834	1.116	750	1.136	422
Museo Ferroviario/Ñielol	1.073	1.184	883	718	1.277	296	436	161
Padre Las Casas	1.656	1.183	942	1.211	1.948	1.236	1.794	1.169

La Figura 37 presenta la representación gráfica del indicador de número de horas en episodio para MP10 considerando la peor condición, apreciándose una tendencia a la disminución de este indicador entre los años 2012 y 2019. Los valores máximos y mínimos registrados se observan para el año 2018 y 2019, correspondiente 397 y 95 horas respectivamente.

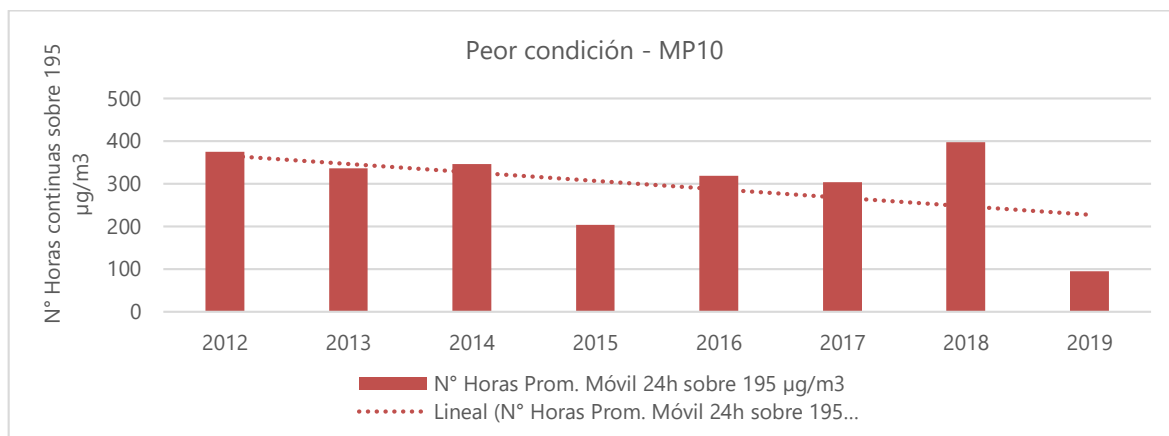


Figura 37. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 - Peor Condición

Fuente: Elaboración propia

Luego, la Figura 38 presenta los resultados por estación, siendo posible observar que en todas las estaciones existe una tendencia hacia la disminución de las horas en episodio para MP10. Los mayores valores del indicador se registran para la Estación Padre Las Casas, mientras que los menores se observan en museo ferroviario (2012-2015). Se observa, además, valores mínimos para el año 2019, sin registrarse horas con concentraciones sobre los 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP10 en la estación Las Encinas y Ñielol.

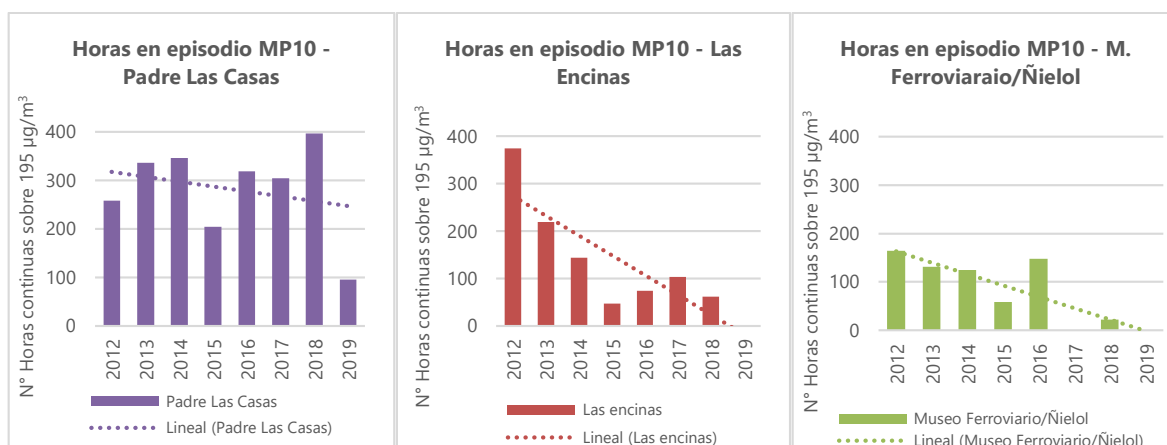


Figura 38. N° de Horas en Emergencia por MP10 periodo 2012-2019 según Estación  
Fuente: Elaboración propia

El indicador de horas en episodio para el MP2,5 muestra, a diferencia del MP10, una tendencia al aumento en el periodo evaluado 2012-2019, considerando la peor condición, tal como se observa en la Figura 39.

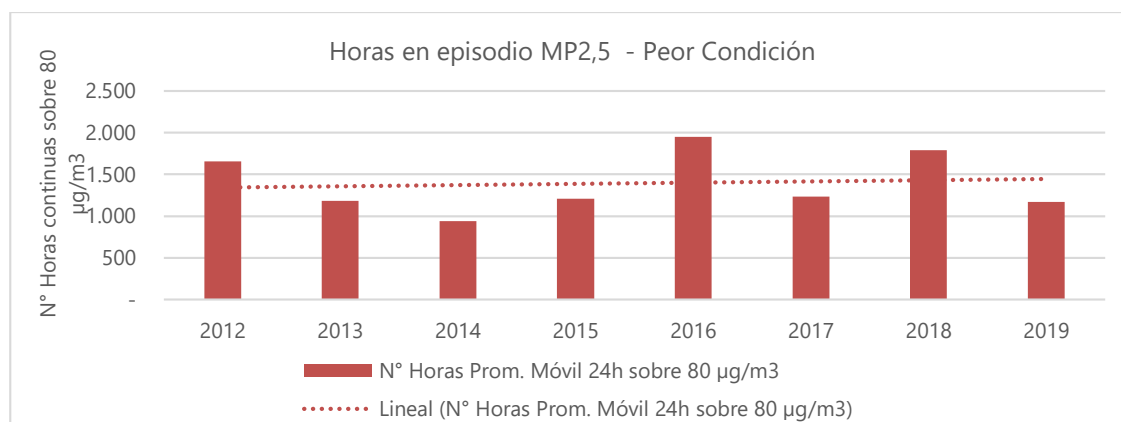


Figura 39. Horas en episodio de contaminación para MP2,5 – Peor Condición  
Fuente: Elaboración propia

Luego, la Figura 40 presenta el indicador de horas en episodio según estación, a modo de comparación, en donde se aprecia la tendencia al aumento está marcada por los resultados obtenidos en la Estación Padre Las Casas, que representa la peor condición, sin embargo las estaciones Las Encinas y Museo Ferroviario (hasta 2016) y Ñielol (2017-2019) presentan una

tendencia a la disminución de horas en condición de episodio, encontrándose los valores mínimos para el año 2019.

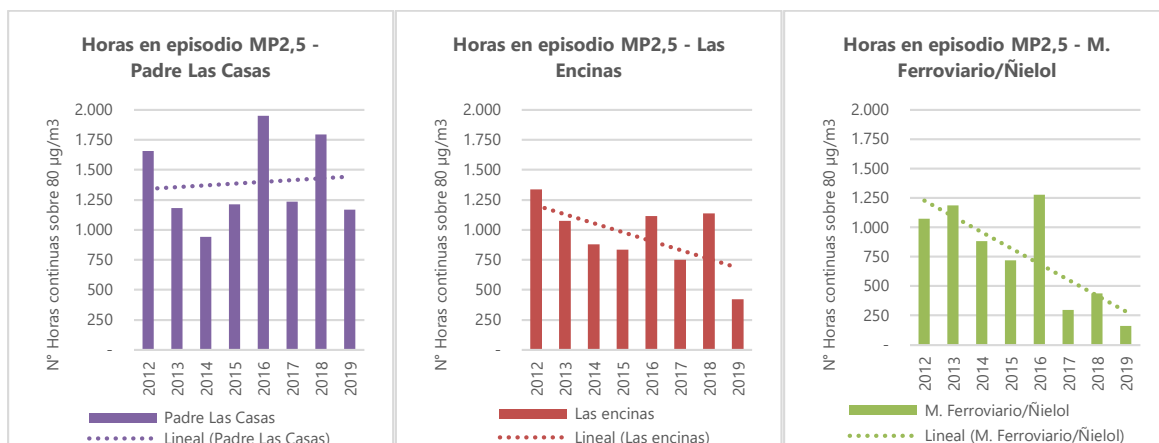


Figura 40. Horas en episodio de contaminación para MP2,5 según estación

Fuente: Elaboración propia

En resumen, respecto a la disminución de la duración de los episodios, es posible establecer que se observa una reducción de las horas en condición de episodio en el periodo evaluado, respecto al contaminante MP10 en las 3 estaciones de monitoreo. Mientras que para el MP2,5 esta tendencia disminución se aprecia solo en la Estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol.

**Indicador 2)** Disminución del número de episodios para MP2,5 y MP10 en categoría Emergencia y Pre emergencia.

El indicador se estima de acuerdo al número de días en condición de Emergencia y Pre emergencia en cada estación, para cada año de evaluación. La Tabla 79 presenta los resultados según estación para el periodo 2012-2019.

Tabla 79. Resultados Indicador 2. N° Episodios Emergencia y Preemergencia

Indicador N°2	Categoría	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>INDICADOR: N° de días en categoría Emergencia y Pre emergencia MP10</b>									
Las Encinas	Emergencia	4	1	0	2	0	0	0	0
	Pre emergencia	8	9	4	0	2	1	2	0
Museo Ferroviario/Ñielol	Emergencia	4	0	0	2	0	0	0	0
	Pre emergencia	5	3	5	1	5	0	1	0
Padre Las Casas	Emergencia	0	2	0	3	0	4	2	0
	Pre emergencia	7	11	11	5	12	10	13	1
<b>INDICADOR: N° de días en categoría Emergencia y Pre emergencia MP2,5</b>									
Las Encinas	Emergencia	27	16	10	6	6	9	9	1
	Pre emergencia	29	26	22	25	29	16	28	12
Museo Ferroviario/Ñielol	Emergencia	22	12	12	3	18	-	5	-
	Pre emergencia	22	35	26	22	33	10	11	3
Padre Las Casas	Emergencia	21	24	10	19	26	26	31	14
	Pre emergencia	33	27	25	30	53	27	45	29

Las gráficas presentadas en la Figura 41, permiten observar la evolución de la tendencia de los episodios de Emergencia y Pre emergencia para el periodo 2012-2019 según estación para el contaminante MP10. En general, la peor condición se registra en la Estación Padre Las Casas, sin mostrar una tendencia clara entre el año 2012 y 2018, luego el año 2019, se observa una considerable disminución para ambos tipos de episodio.

Para la Estación Las Encinas se observa una reducción sostenida del número de episodios de Pre emergencia y de Emergencia. La Estación Museo Ferroviario en su ubicación antigua registra una tendencia poco clara hacia el aumento o la reducción, mientras que a partir del año 2017 en la ubicación de cerro Ñielol se registra una importante baja en la ocurrencia de este tipo de episodios.

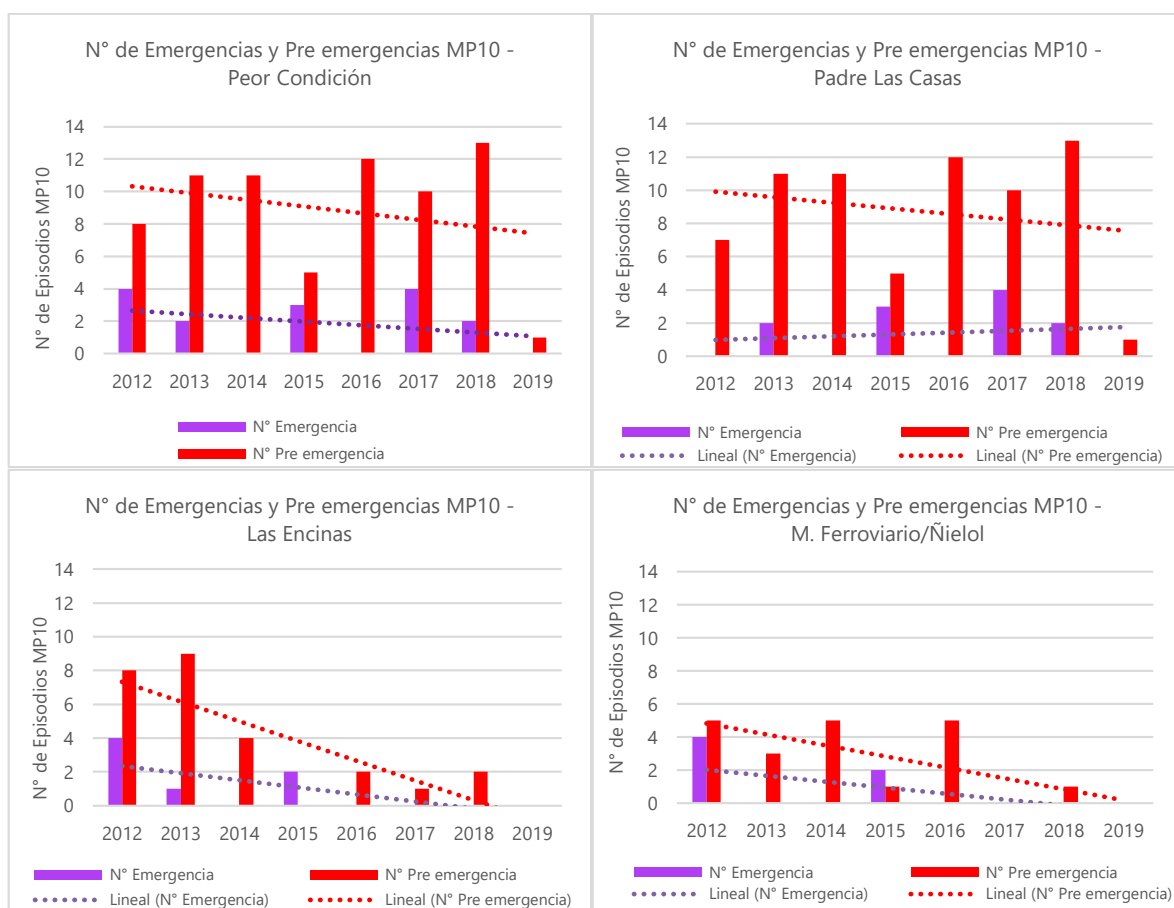


Figura 41. N° Episodios de Emergencia y Pre emergencia MP10 según estación

Las gráficas presentadas en la Figura 42, permiten observar la evolución de la tendencia de los episodios de Emergencia y Pre emergencia para el periodo 2012-2019 según estación para el contaminante MP2,5. En general, la peor condición se registra en la Estación Padre Las Casas, la que, a diferencia de lo observado para el MP10, presenta una clara tendencia al aumento, tanto para episodios de Emergencia como de Pre emergencia en el periodo

evaluado. La Estación Las Encinas, por el contrario, muestra tendencia a la disminución para la ocurrencia de ambos contaminantes, encontrándose valores mínimos para el año 2019. Mientras que la Estación Museo Ferroviario hasta el año 2016 presenta una tendencia variable respecto a ambos episodios, la que luego experimenta una importante reducción posterior al cambio a su actual ubicación en cerro Ñielol, registrado el número más bajo de ocurrencia de Emergencias y Pre emergencias. En resumen, respecto a la ocurrencia de episodios de Emergencias y Pre emergencias se observa una tendencia al aumento en la Estación Padre Las Casas y una tendencia a la disminución para el registro de la Estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol.

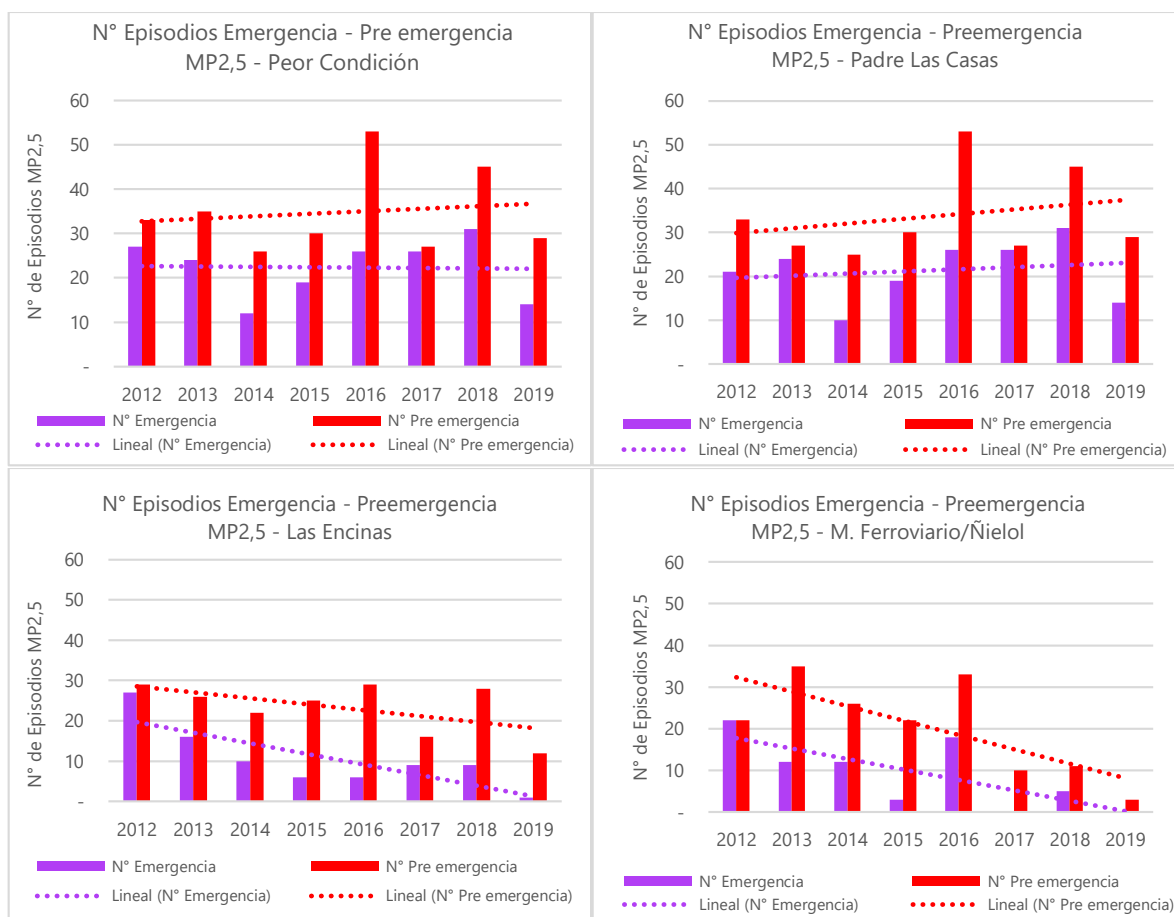


Figura 42. N° Episodios de Emergencia y Pre emergencia MP2,5 según estación

En resumen, respecto a la disminución del número de episodios para MP2,5 y MP10 en categoría Emergencia y Pre emergencia, se puede apreciar que en el periodo evaluado se observa una tendencia a la reducción para el contaminante MP10 en todas las estaciones. Sin embargo, para el contaminante MP2,5 esta disminución se observa solo en la Estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol.

**Indicador 3) Disminución de las máximas concentraciones diarias percentil 98** cada año para MP10 y MP2,5.

Este indicador se estima mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias de MP10 y MP2,5 para cada año entre 2012 y 2019, por lo tanto, equivale al indicador de cumplimiento de norma diaria.

La Tabla 80 presenta el resultado de este indicador, según año de evaluación y según estación de monitoreo, para los contaminantes MP10 y MP2,5.

Tabla 80. Resultados Indicador 3. Disminución de las máximas concentraciones diarias (P98)

Indicador N°3	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
INDICADOR: P98 concentraciones de <b>MP10</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
Las Encinas	n.v.	190	174	162	163	165	157	121
Museo Ferroviario/Ñielol	204	183	202	143	178	n.v.	118	93
Padre Las Casas	n.v.	229	223	212	207	240	259	159
INDICADOR: P98 concentraciones de <b>MP2,5</b> $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
Las Encinas	n.v.	159	154	132	143	159	146	106
Museo Ferroviario/Ñielol	191	164	148	122	164	-	116	79
Padre Las Casas	n.v.	201	160	171	190	226	233	158

Según se observa en la Figura 43, el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en la peor condición, presenta una tendencia levemente hacia la disminución, a lo largo del periodo evaluado, moviéndose en un rango entre 159 y 259  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP10. Esta peor condición está marcada casi en su totalidad por el registro de la Estación Padre Las Casas, a excepción del año 2012 que se registra el mayor valor en la Estación Museo Ferroviario, año en que la Estación Padre Las Casas y Las Encinas no cuenta con datos suficientes para la estimación de este indicador.

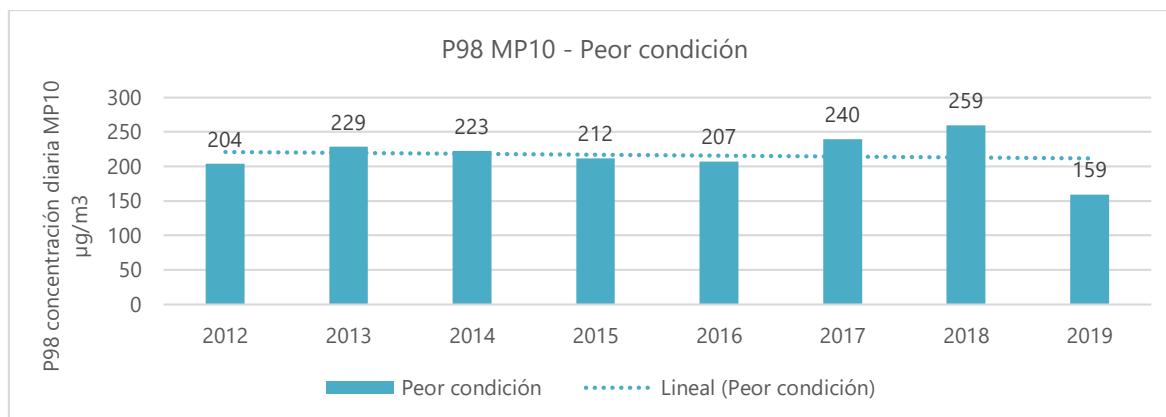


Figura 43. P98 de las concentraciones diarias para MP10 – Peor condición

Fuente: Elaboración propia

Comparativamente, los mayores registros del P98 de las concentraciones diarias de MP10 se observan con tendencia a la disminución para todas las estaciones entre los años 2012 y 2019, registrándose para este último los valores más bajos del periodo, pasando incluso de nivel saturación a latencia en las Estaciones de Las Encinas y Cerro Ñielol.

Al igual que los demás indicadores, el cambio de ubicación de la Estación desde Museo Ferroviario a Cerro Ñielol incide en que se registran menores valores de concentración de MP10 lo que índice en que se obtengan los indicadores más bajos. En resumen, respecto a la disminución de las máximas concentraciones diarias, representadas por el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas es posible indicar que efectivamente se aprecia una disminución de este indicador en el periodo evaluado para las 3 estaciones.

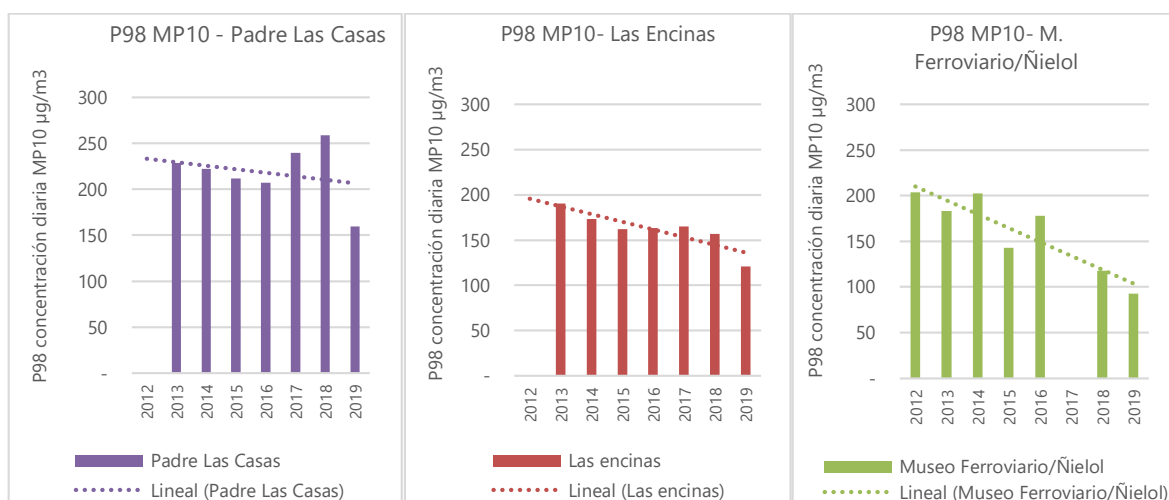


Figura 44. P98 de las concentraciones diarias para MP10 – Según estación

Fuente: Elaboración propia

Respecto al contaminante MP2,5, como peor condición, se observa una leve tendencia al aumento en el periodo evaluado para el Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, moviéndose en un rango entre 158 y 233 µg/m<sup>3</sup> de MP2,5. Esta peor condición está marcada casi en su totalidad por el registro de la Estación Padre Las Casas, a excepción del año 2012 que se registra el mayor valor en la Estación Museo Ferroviario, año en que la Estación Padre Las Casas y Las Encinas no cuenta con datos suficientes para la estimación de este indicador.

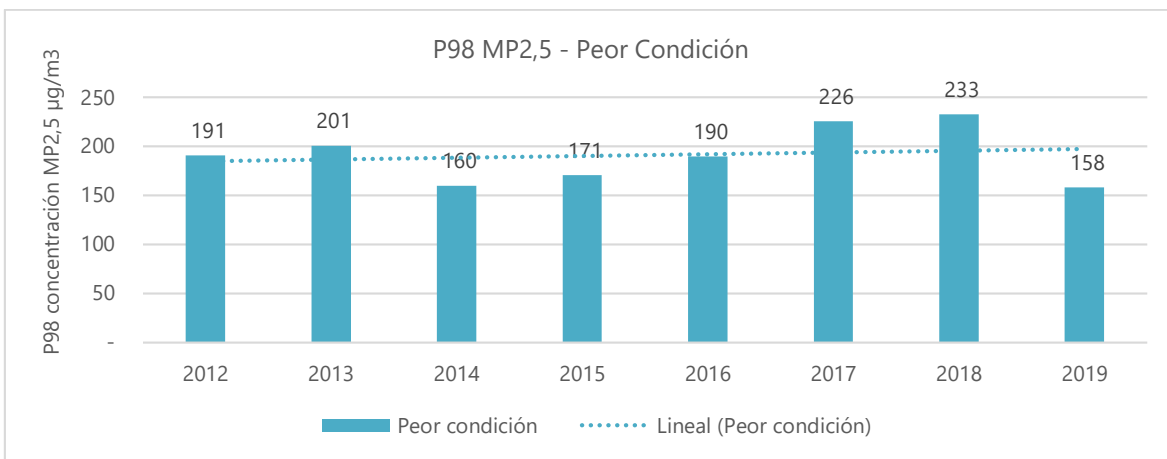


Figura 45. P98 de las concentraciones diarias para MP2,5 – Peor episodio

Fuente: Elaboración propia

Al observar el indicador en las 3 estaciones, según se muestra en la Figura 46, la Estación Padre Las Casas presenta los mayores valores para el P98 de las concentraciones diarias de MP2,5 y presenta una tendencia al aumento en el periodo evaluado, mientras que las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol presenta tendencia hacia la disminución, registrándose los menores valores al año 2019.

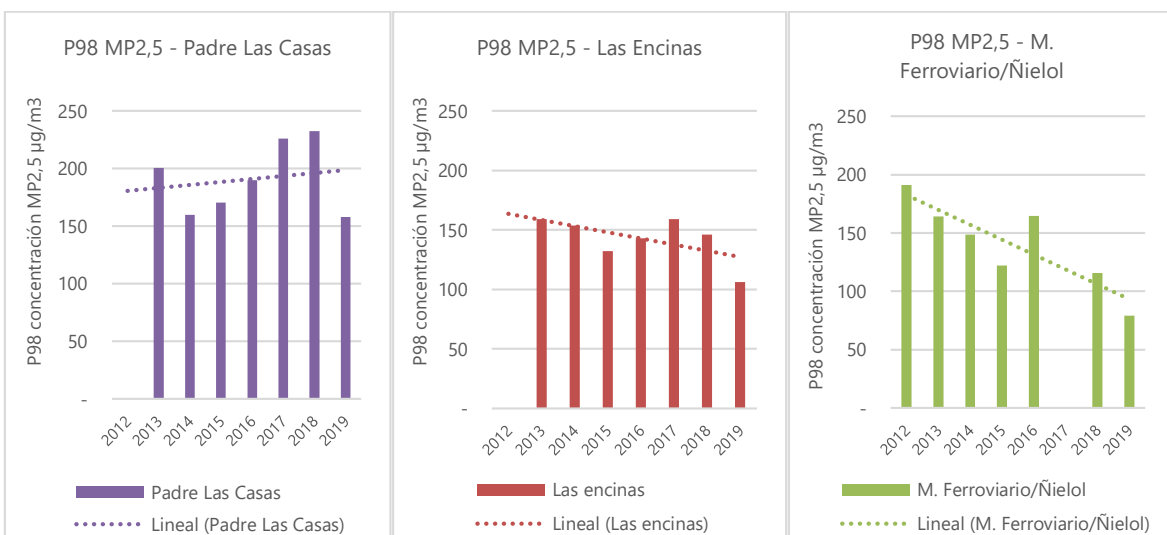


Figura 46. P98 de las concentraciones diarias para MP2,5 – Según estación

Fuente: Elaboración propia

En resumen, respecto a la disminución de las máximas concentraciones diarias, expresadas como el percentil 98 para MP10 y MP2,5, se puede apreciar, en el periodo evaluado, una tendencia a la reducción para el contaminante MP10 en todas las estaciones. Sin embargo, para el contaminante MP2,5 esta disminución se observa solo en la Estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol.

**Indicador 4)** Disminución de las máximas concentraciones horarias para MP10 y MP2,5, registradas entre las 18:00 y 24:00 horas.

Para calcular este indicador se calcula la máxima concentración horaria entre las 18:00 y 24:00 horas para cada día en el periodo GEC, es decir, entre el 01 de abril y el 30 de septiembre de cada año. Posteriormente, se calcula el promedio de los máximos diarios en el horario indicado, para cada año en evaluación. Los resultados de este indicador se presentan en la Tabla 81, para cada estación para MP10 y MP2,5.

Tabla 81. Resultados Indicador 1. Disminución de los episodios para MP10 y MP2,5

Indicador N°4	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>INDICADOR: Máximas concentraciones horarias entre 18:00 y 24:00 - MP10</b>								
Las Encinas	247	206	185	168	203	158	189	134
Museo Ferroviario/Ñielol	196	203	213	162	219	104	119	81
Padre Las Casas	222	254	270	237	301	262	303	206
<b>INDICADOR: Máximas concentraciones horarias entre 18:00 y 24:00 - MP2,5</b>								
Las Encinas	202	179	164	145	176	147	176	101
Museo Ferroviario/Ñielol	177	183	170	143	206	95	113	71
Padre Las Casas	203	206	196	211	270	242	274	200

Las máximas concentraciones horarias entre las 18:00 y 24:00 horas en el periodo GEC presentan tendencia a la disminución para la Estación Las Encinas y Museo Ferroviario/Ñielol. Mientras que en Padre Las Casas el indicador muestra tendencia al aumento, sin embargo, para el año 2019 se observa una importante disminución para MP10 y MP2,5. Entre las 3 estaciones se observan marcadas diferencias para este indicador, registrándose por ejemplo para el mismo año (2018) un valor promedio de 303  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Padre Las Casas y de 119 y 189  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para Las Encinas y Cerro Ñielol, respectivamente.

A lo largo del periodo evaluado los valores se observan fluctuantes entre cada año, moviéndose entre valores mínimos de 81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (año 2019, Estación Ñielol) y valores máximos de 303  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (año 2018, Estación Padre Las Casas) para el MP10, mientras que para el MP2,5 los valores fluctúan entre 71 (año 2019, Estación Ñielol) y 274  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (2018 Estación Padre Las Casas).

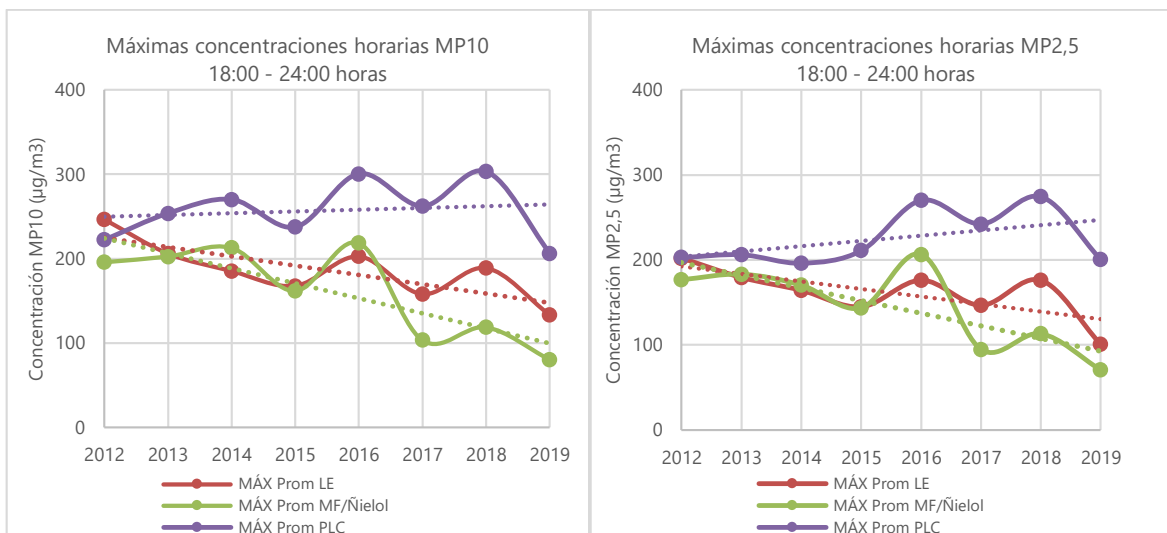


Figura 47. Máximas concentraciones horarias para MP10 y MP2,5 entre las 18:00-24:00 promedio anual periodo 2012-2019

Fuente: Elaboración propia

Al observar las concentraciones horarias de MP10 y MP2,5 entre las 18:00 y 24:00 horas en cada periodo GEC, entre los años 2012 y 2019, para las 3 estaciones es posible visualizar los valores a partir de los cuales se obtiene el indicador antes descrito. Respecto al MP10, se puede observar que las mayores concentraciones se registran en Padre Las Casas y que sus valores máximos alcanzan valores cercanos a los 1.400 µg/m<sup>3</sup> como promedio horario, registrando solo el año 2012 y 2019 una reducción bajo los 800 µg/m<sup>3</sup> como valores máximos. Las Encinas registra valores máximos en torno a los 1.000 µg/m<sup>3</sup>, sin embargo, estos valores son esporádicos, ya que la nube de datos se concentra bajo los 400 µg/m<sup>3</sup>. Para la estación Museo Ferroviario los valores se aprecian relativamente constantes entre los años 2012 y 2016, luego, tras el cambio de ubicación de la estación, a Cerro Ñielol, los valores bajaron y se concentran bajo los 400 µg/m<sup>3</sup>.

Respecto al MP2,5, los máximos horarios entre las 18:00 y 24:00 horas se observan más altos en la estación Padre Las Casas, tal como se ha observado para los demás indicadores. Los valores máximos se observan en torno a los 1.200 µg/m<sup>3</sup> para Padre Las Casas, sin embargo, la nube de datos se concentra bajo los 600 µg/m<sup>3</sup>. Mientras que para la Estación Las Encinas, los valores se concentran bajo los 400 µg/m<sup>3</sup> al igual en que en Museo Ferroviario/Ñielol.

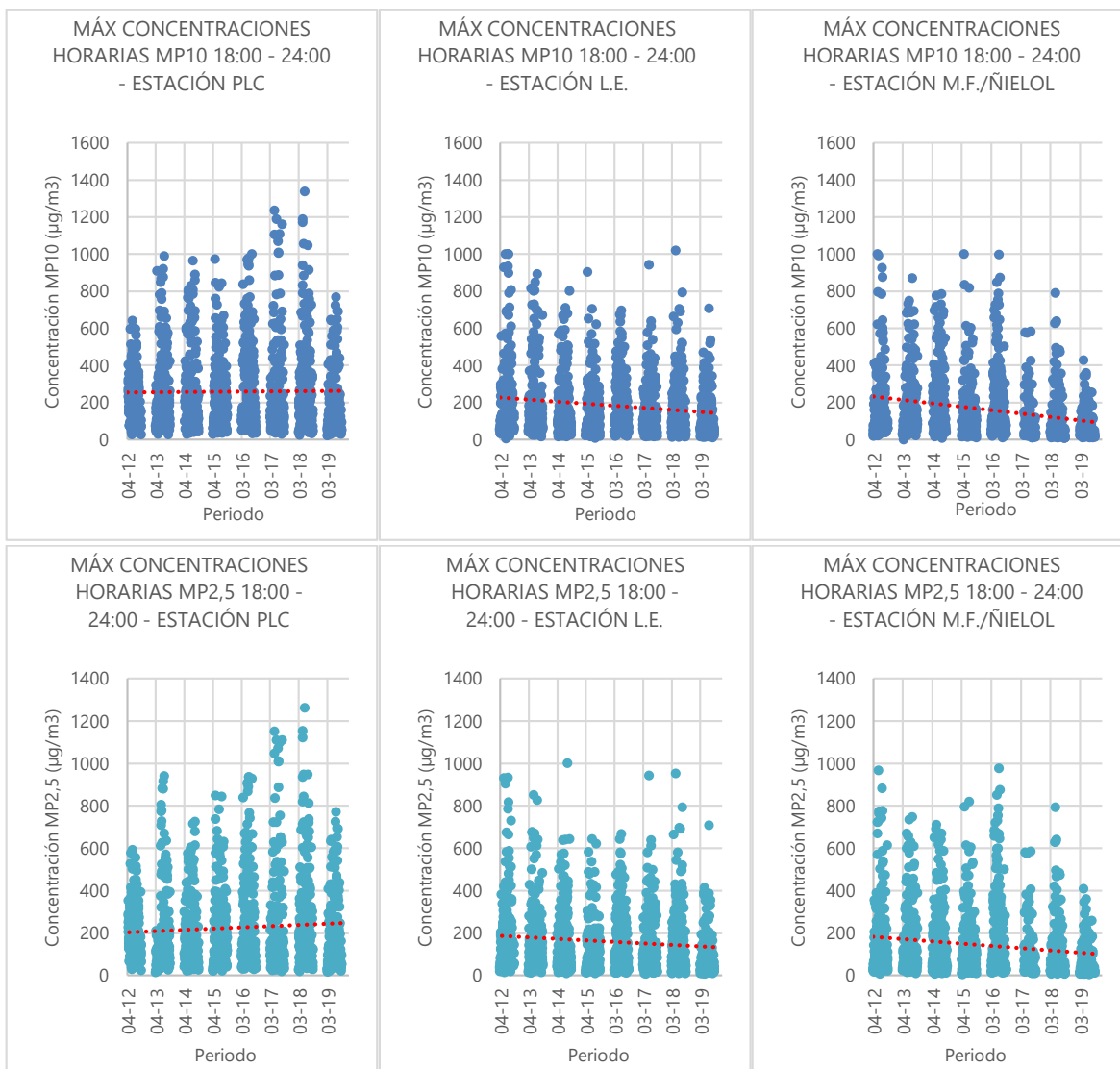


Figura 48. Máximas concentraciones horarias entre 18:00 y 24:00 horas para MP2,5 periodo 2012-2019

Fuente: Elaboración propia

En resumen, para el indicador asociado a la disminución de las máximas concentraciones horarias observadas entre las 18:00 y 24:00 horas, la estación Las Encinas y Cerro Ñielol presentan esta tendencia a la disminución en el periodo evaluado, tanto para MP10 como para MP2,5, mientras que la Estación Padre Las Casas presenta una tendencia al aumento, aunque para el año 2019 registra una importante baja.

### 6.3 ACTIVIDAD 3). ANÁLISIS DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES

El área de estudio cuenta con 6 estudios específicos que determinan inventario de emisiones y sus correspondientes actualizaciones, los que se indican a continuación:

- Inventario de emisiones Región de la Araucanía, año base 2000. CENMA
- Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2004. Pedro Sanhueza E.I.R.L.
- Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2005. DICTUC.
- Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2009. CENMA.
- Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2013. SICAM Ingeniería.
- Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. SICAM Ingeniería.

La Figura 49 presenta una comparación entre los distintos inventarios de emisiones, para la fuente de combustión residencial de leña, considerando el MP10 como contaminante de referencia para el análisis. Es posible observar que para el inventario de emisiones año base 2000 esta fuente presenta una participación menor en relación al inventario total, alcanzando el 24%, esto debido a que la estimación de fuentes de área asociada a quemas fue muy relevante. Durante el año 2009 se observa la mayor estimación de emisiones proveniente de la combustión residencial de leña alcanzando un 94% del inventario total, lo que puede atribuirse a una sobreestimación del consumo de leña producto del empleo de un factor de conversión de densidad de la leña, sin diferenciar entre seca y húmeda, lo cual fue discutido en el inventario de emisiones para Temuco y Padre Las Casas, año base 2014<sup>9</sup>. Luego, a partir del año 2013 se desarrolló una actualización metodológica para la estimación de la fuente combustión residencial de leña, considerando modificaciones de los factores de emisión y de las variables de cálculo para la obtención de los niveles de actividad, lo que explica la reducción de emisiones a partir del año 2013.

<sup>9</sup> Analizado en el documento "Recopilación y selección de Factores de Emisión para su aplicación representativa en inventarios de emisión para la fuente Combustión Residencial de Leña. SICAM Ingeniería, 2014.

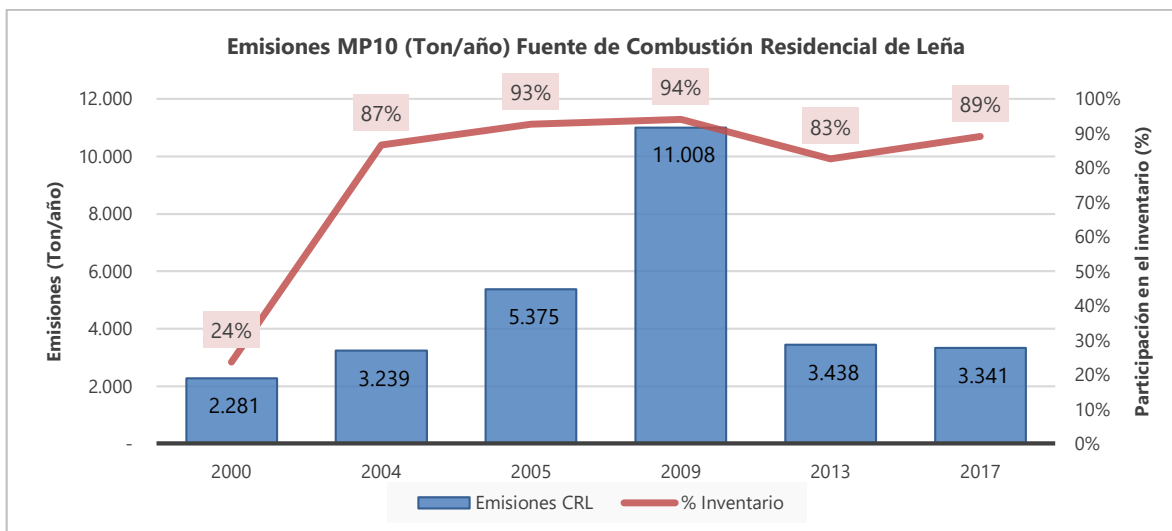


Figura 49. Comparación de inventario de emisiones de combustión residencial de leña  
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 82 y Tabla 83 presentan el resultado de las actualizaciones del inventario de emisiones para Temuco y Padre Las Casas, año base 2013 y 2017 respectivamente, según categoría de fuente. Se observa que entre ambos inventarios existe una diferencia de 285 y 341 ton/año para MP2,5 y MP10, respectivamente. Se observa una reducción en torno al 8% de MP al año base 2017 respecto del 2013, lo que evidencia un estancamiento en las emisiones. La principal baja se observa en fuentes de área, asociadas principalmente a quemas e incendios forestales (57,4% y 64,5% de reducción para MP10 y MP2,5 respectivamente). De modo opuesto, las fuentes móviles representan un aumento cercano el 90% para material particulado. Respecto a las fuentes puntuales, situación que obedece principalmente al cambio de combustible de leña a pellet, gas o petróleo, además de la implementación de sistemas de control.

Tabla 82. Inventario de emisiones año base 2013 Temuco y Padre Las Casas

Categoría	MP10	MP2,5	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COVs	NH <sub>3</sub>
Fuentes Puntuales	264,9	184,6	645,8	284,9	232,6	71,4	-
Combustión Residencial Leña	3.438,0	3.200,9	76.426,9	640,2	611,0	47.333,3	
Fuentes de Área -Otras	333,7	284,9	2.854,0	106,1	2.649,4	22,5	544,3
Fuentes Móviles	51,7	45,7	27,4	1.674,0	6.569,7	1.801,9	17,3
<b>Total</b>	<b>4.088,3</b>	<b>3.716,1</b>	<b>79.954,2</b>	<b>2.705,2</b>	<b>10.062,7</b>	<b>49.229,0</b>	<b>561,6</b>

Fuente: SICAM Ingeniería

Tabla 83. Inventario de emisiones año base 2017 Temuco y Padre Las Casas

Sub-Categoría	MP10	MP2,5	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	COVs	NH <sub>3</sub>
Fuentes Puntuales	163,2	133,3	589,3	870,0	936,0	18,1	-
Comb. Residencial Leña	3.341,3	3.110,7	17,4	689,2	72.157,7	38.632,3	-
Fuentes Área	142,2	101,2	40,5	74,7	1.129,6	3.194,2	1.324,0
Fuentes Móviles	101,2	86,1	24,6	1.987,7	6.247,1	-	87,8
<b>Total</b>	<b>3.747,8</b>	<b>3.431,4</b>	<b>671,8</b>	<b>3.621,6</b>	<b>80.470,4</b>	<b>41.844,6</b>	<b>1.411,7</b>

Fuente: SICAM Ingeniería

Como se aprecia en las gráficas de distribución de emisiones (Figura 50) indican una participación de las fuentes de combustión residencial de leña de 86,1% y 90,7% para los años base 2013 y 2017 respectivamente. Para estos mismos años, las fuentes puntuales participan con un 5,0% y un 3,9% respectivamente, mostrando una relevancia menor en el área de estudio.

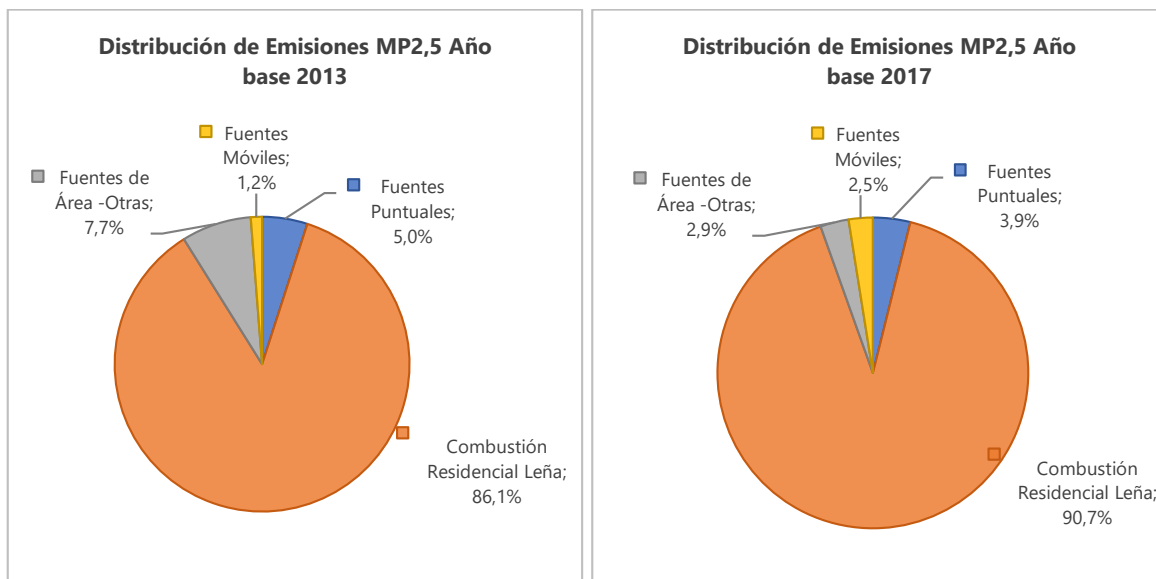


Figura 50. Distribución de emisiones MP2,5 año base 2017  
Fuente: Elaboración propia

El último inventario de emisiones, año base 2017, fue proyectado al año base 2025, año que fue fijado en el PDA como meta de cumplimiento de norma para salir del estado de saturación, describiendo 2 escenarios, uno pasivo que considera la implementación de las medidas del PDA de manera parcial respecto a las metas de cumplimiento, y un escenario ideal, que considera la ejecución del PDA de acuerdo a todos los plazos y metas de cumplimiento establecidas.

Considerando el actual nivel de implementación del PDA, podemos definir que el escenario pasivo que fue proyectado, podría ser un inventario representativo de la situación al año 2025.

Tabla 84. Proyección del Inventario de emisiones año 2025 – Escenario pasivo

Sub-Categoría	MP10	MP2,5	SOX	NOX	CO	COVS	NH3
Fuentes Puntuales	192	154	771	991	1.085	21	2
Comb. Residencial Leña	2.335	2.125	9	485	49.164	30.462	
Fuentes Área	153	99	48	80	1.091	3.467	1.537
Fuentes Móviles	173	149	28	3.467	8.823		128
<b>Total</b>	<b>2.852</b>	<b>2.526</b>	<b>856</b>	<b>5.023</b>	<b>60.164</b>	<b>33.950</b>	<b>1.668</b>

Fuente: Inventario de Emisiones año base 2017, SICAM Ingeniería

Tabla 85. Proyección del Inventario de emisiones año 2025 – Escenario ideal

Sub-Categoría	MP10	MP2,5	SOX	NOX	CO	COVS	NH3
Fuentes Puntuales	145	128	640	943	901	19	1
Comb. Residencial Leña	1.690	1.528	9	376	36.048	21.860	
Fuentes Área	153	99	48	80	1.091	3.467	1.537
Fuentes Móviles	137	116	28	2.813	8.823		128
<b>Total</b>	<b>2.124</b>	<b>1.872</b>	<b>725</b>	<b>4.211</b>	<b>46.863</b>	<b>25.346</b>	<b>1.667</b>

Fuente: Inventario de Emisiones año base 2017, SICAM Ingeniería

#### 6.4 ACTIVIDAD 4). ESTIMACIÓN DEL APORTE DE LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES

Para las medidas implementadas, estructurales y complementarias, fue posible estimar su impacto en la reducción de emisiones, y a partir de ello, determinar el impacto, primero, a la categoría de fuente, y luego, al global o agregado del PDA en la reducción de emisiones. Para esto, la metodología utilizada consideró una proyección del inventario de emisiones atmosféricas al año 2019, utilizando como base los datos disponibles en el inventario del año base 2013 y 2017, y los antecedentes referidos al avance en la implementación de medidas sistematizados en el presente estudio.

En el escenario sin PDA, la proyección del inventario considera que las fuentes puntuales no reducen sus emisiones, conservando las emisiones ya estimadas para el año base 2013. Las fuentes de área otras no experimentan cambios en un escenario con y sin PDA ya que las medidas relacionadas, no generan impacto en reducción de emisiones. . Las fuentes móviles consideran que un escenario base contendría las emisiones reducidas por el Programa de Recambio de Buses. Con estas consideraciones, se tiene que el impacto en la reducción de emisiones se concentra en la fuente combustión residencial de leña, con un 25,1% respecto de la misma fuente, y un 22,6% respecto del inventario global.

Tabla 86. Impacto del PDA en la reducción de emisiones de MP2,5, según categoría de fuentes.

Fuente	Proyección de emisiones MP2,5 – Año base 2019		Emisiones Reducidas PDA (Ton/año)	% Reducción respecto a fuente proyectada	% Reducción respecto a total proyectado
	Escenario PDA	Escenario sin PDA			
Fuentes Puntuales	133	185	52	28,1%	1,4%
Combustión Residencial Leña	2.524	3.369	845	25,1%	22,6%
Fuentes de Área -Otras	101	101	-	0,0%	0,0%
Fuentes Móviles	86	87	1,3	1,5%	0,0%
<b>Total</b>	<b>2.844</b>	<b>3.742</b>	<b>898,3</b>	<b>n/a</b>	<b>24,0%</b>

Fuente: elaboración propia.

Luego, en la Tabla 87 se presenta el aporte a la reducción de emisiones de cada una de las principales medidas asociadas a la fuente combustión residencial de leña.

Tabla 87. Reducción de emisiones escenario con y sin PDA – Medidas estructurales CRL

Escenario	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Escenario Línea Base (ton/año)	3.534	3.496	3.461	3.426	3.396	3.369
Escenario PDA (ton/año)	3.534	3.394	3.183	2.961	2.750	2.524
% reducción	-	2,9%	8,1%	13,7%	19,1%	25,1%
Medida implementada	Aporte a la reducción de Emisiones de MP2.5 respecto de línea base					
	(Ton/año) *	(%)*				
Subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes	111	11,0 %				
Aumento en la penetración de uso de leña seca	197	19,5 %				
Programa de recambio de calefactores, PRC	292	28,9 %				
Recambio particular de calefactores	145	14,4%				
Mejora en las prácticas de operación de los calefactores a leña	207	20,5 %				
Recambio de calefactores a través de proyectos evaluados SEIA	8	0,8 %				
Implementación de la Norma térmica para viviendas nuevas	17	1,7 %				

\* El aporte de cada medida, se calcula sobre el año base 2014. Luego, la suma de aportes de cada medida es inferior a la reducción total, lo que se deriva de aportes que se producen por la sinergia entre medidas.

## 6.5 ACTIVIDAD 5). DETERMINACIÓN DE NUEVAS METAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

El análisis del nivel de implementación actual del PDA y el cumplimiento de las metas propuestas que permiten mejorar los índices de calidad del aire indicará la necesidad de establecer nuevas metas de reducción de emisiones, para lo cual se deberán plantear distintos escenarios de evaluación.

En este sentido, lo primero es evaluar la reducción de emisiones factible de conseguir en el actual horizonte de implementación del PDA, año 2025, para lo cual se considera 2 alternativas o escenarios de proyección, a saber: continuar con la actual tasa de implementación de medidas del PDA, denominado “escenario pasivo” o conservador, por cuanto se encuentra lejos de las metas establecidas inicialmente, o bien, acelerar dicha tasa de implementación hasta lograr el cumplimiento establecido para el periodo, por lo que se denominada “escenario ideal”.

Si los resultados obtenidos indican que, bajo ninguno de los escenarios anteriormente definidos, pasivo o ideal, se logra una mejora significativa de los índices de calidad del aire al año meta 2025, que permitan salir de la zona de saturación, entonces se debe considerar ampliar el horizonte de implementación del PDA, y definir nuevas metas para la correspondiente ejecución de medidas. En efecto, en la evaluación se consideró 2 alternativas para un nuevo horizonte de implementación del PDA, a saber: escenario ideal 2027, y escenario pasivo 2030, que implican extender a dichos años, los escenarios anteriormente definidos (pasivo e ideal, 2025).

Los escenarios de proyección, pasivo o ideal, que permiten estimar las emisiones futuras de MP2,5 asociadas al sector combustión residencial de leña, acorde a un determinado nivel de

implementación de medidas del PDA, consideran, para su configuración, una serie de supuestos y alcances que necesariamente deben cumplirse para lograr el impacto esperado. En general, cada escenario se configura, para el horizonte de evaluación, a partir de consideraciones determinantes referidas a la penetración del uso de leña y su calidad, el stock y distribución de artefactos en uso, y la demanda térmica de las viviendas. Luego, existen medidas que por su impacto moldean o definen estos aspectos, tal es el caso del Programa de Recambio de Calefactores en la proyección del stock y distribución de artefactos en uso, o el Subsidio de Mejoramiento Térmico de viviendas en la demanda de leña. Sin embargo, existen otras medidas que tienen impacto significativo en estas mismas variables, aunque de manera más indirecta, como es el caso de medidas que promueven la renovación tecnológica a partir de la educación ambiental y/o la restricción asociada al uso de calefactores a leña de baja eficiencia y altas emisiones, o el impacto de la diversificación tecnológica y reducción de la demanda térmica que se consigue mediante exigencias específicas para nuevos proyectos inmobiliarios. De esta manera, para lograr la reducción de emisiones de MP<sub>2,5</sub> proyectada en cada escenario, es estrictamente necesario que el PDA pueda garantizar el cumplimiento de estas medidas consideradas en segunda línea.

Para cada escenario de evaluación se proyectaron emisiones, para los cuales se determinó su equivalencia en concentraciones mediante modelación de dispersión atmosférica del material particulado a través del protocolo WRF-Calpuff, lo que permite realizar la evaluación normativa respecto al contaminante en estudio. El primer paso para el desarrollo de esta actividad fue validar el modelo, considerando un inventario de emisiones año base 2019 y contrastar su resultado con los índices de calidad del aire registrados en las estaciones de monitoreo oficiales de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. El desarrollo de esta validación se presenta en el Anexo 8 del presente estudio.

### 6.5.1.1 Modelación Escenario Pasivo PDA - 2025

#### Escenario 1. Pasivo PDA – 2025

Tasa de implementación actual en el horizonte de evaluación año meta 2025

La evaluación de un escenario proyectado al año 2025 con la tasa de implementación actual, permite establecer la necesidad de actualización del PDA, en relación a sus medidas, metas y horizonte de evaluación mediante el análisis técnico de cómo esta tasa de implementación se traduce en emisiones y concentraciones de MP<sub>2,5</sub>. Para lo cual se define un escenario de análisis denominado Pasivo PDA 2025, que considera el horizonte de evaluación al año 2025, a la tasa de implementación actual. Para este escenario se determinan las emisiones, considerando las variables principales que se indican en la Tabla 88.

Tabla 88. Principales de variables de evaluación escenario Pasivo PDA 2025

Medida	Tasa promedio registrada 2015-2019	Tasa proyectada 2020-2025
Tasa de recambio anual PRC	2.038 recambios/año*	2.000 recambios/año
Tasa anual de Subsidios Térmicos	3.349 subsidios/año	3.500 subsidios/año
% leña seca	25% (2015) – 41% (2019)	76,9% (2025) **
Operación artefacto (Tiraje Cerrado/Tiraje Abierto)	31,8% / 68,2% (2015) 27,1% / 72,9% (2019)	20% / 80% (2025)

\* Excluye el año 2015 por ser inusual respecto al promedio entre 2016-2019

\*\* El porcentaje se obtiene mediante el aumento de la demanda de leña seca a una tasa anual constante.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 89 presenta la estimación del inventario año base 2019 según la tasa actual de implementación y el inventario proyectado al año 2025 manteniendo esta tasa de implementación. La fuente variable corresponde a la combustión residencial de leña, dejando sin variación las demás fuentes (se conservan valores del inventario de emisiones año base 2017). Los resultados indican una reducción en torno al 37% desde el año 2019 al año meta 2025.

Tabla 89. Escenario Pasivo PDA 2025

Fuente	Inventario 2019	Inventario 2025
	Escenario PDA	Pasivo PDA
Fuentes Puntuales	133	133
<b>Combustión Residencial Leña</b>	<b>2.524</b>	<b>1.476</b>
Fuentes de Área -Otras	101	101
Fuentes Móviles	86	86
<b>Total</b>	<b>2.844</b>	<b>1.796</b>

Fuente: Elaboración propia

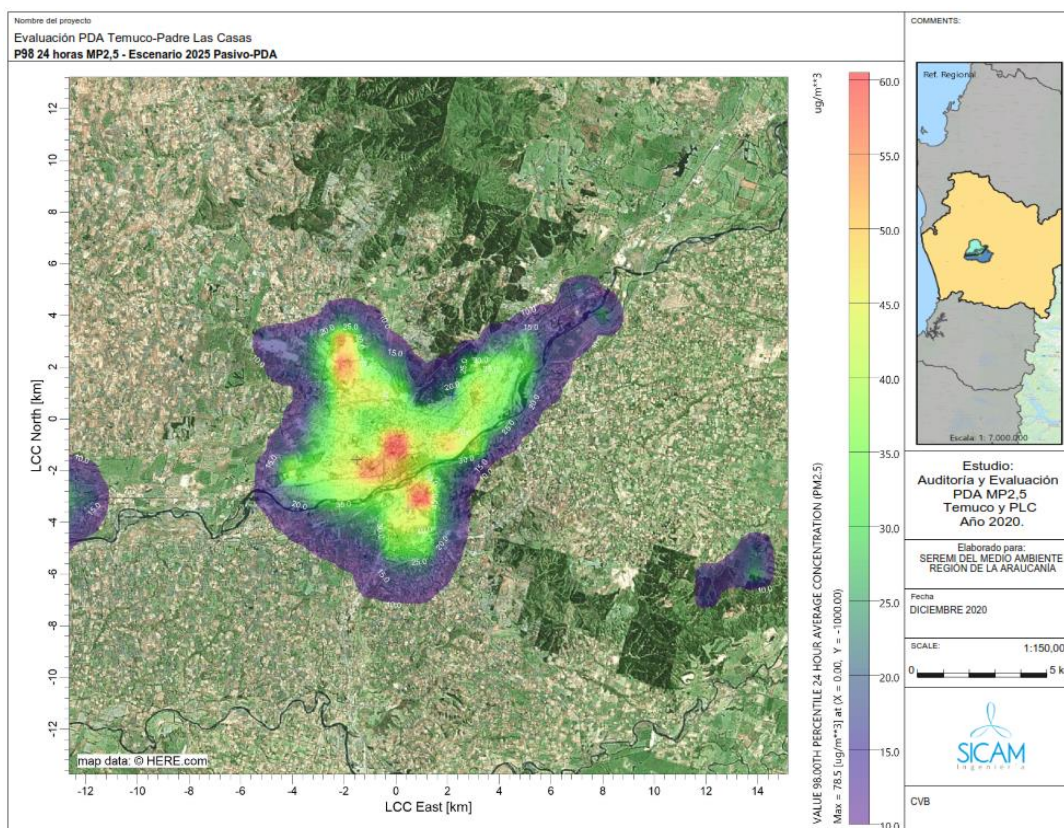
Este escenario proyectado fue modelado mediante software de dispersión de contaminantes atmosféricos. La siguiente figura presenta los resultados de la modelación para los parámetros P98 24 horas y promedio anual de MP2,5 en el área de estudio. Para el análisis normativo se extraen los valores determinados en las estaciones de monitoreo más representativas de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Luego, un resumen de estos parámetros se presenta en la Tabla 90.

Los resultados indican que, si el PDA se sigue ejecutando a la tasa de implementación actual, las emisiones proyectadas al año 2025 no permiten bajar las concentraciones de material particulado a niveles que cumplan con la norma en toda la zona saturada. Esto se observa en el parámetro P98 en la estación Padre Las Casas, un valor de 65,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP2,5 encontrándose sobre el valor norma de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para el promedio anual, el valor obtenido se encuentra bajo la norma de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mientras que en la Estación Las Encinas debería cumplirse el límite normativo tanto para P98 de promedio 24 horas como promedio anual. Sin embargo, se aprecian algunas zonas en la Figura 51 con índices sobre la norma.

Tabla 90. Concentraciones MP2,5 modeladas - Escenario Pasivo PDA 2025

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Límite norma	Estación Las Encinas	Estación PLC
P98 24 horas	50	48,7	<b>65,3</b>
Promedio anual	20	11,7	18,5

Fuente: Elaboración propia



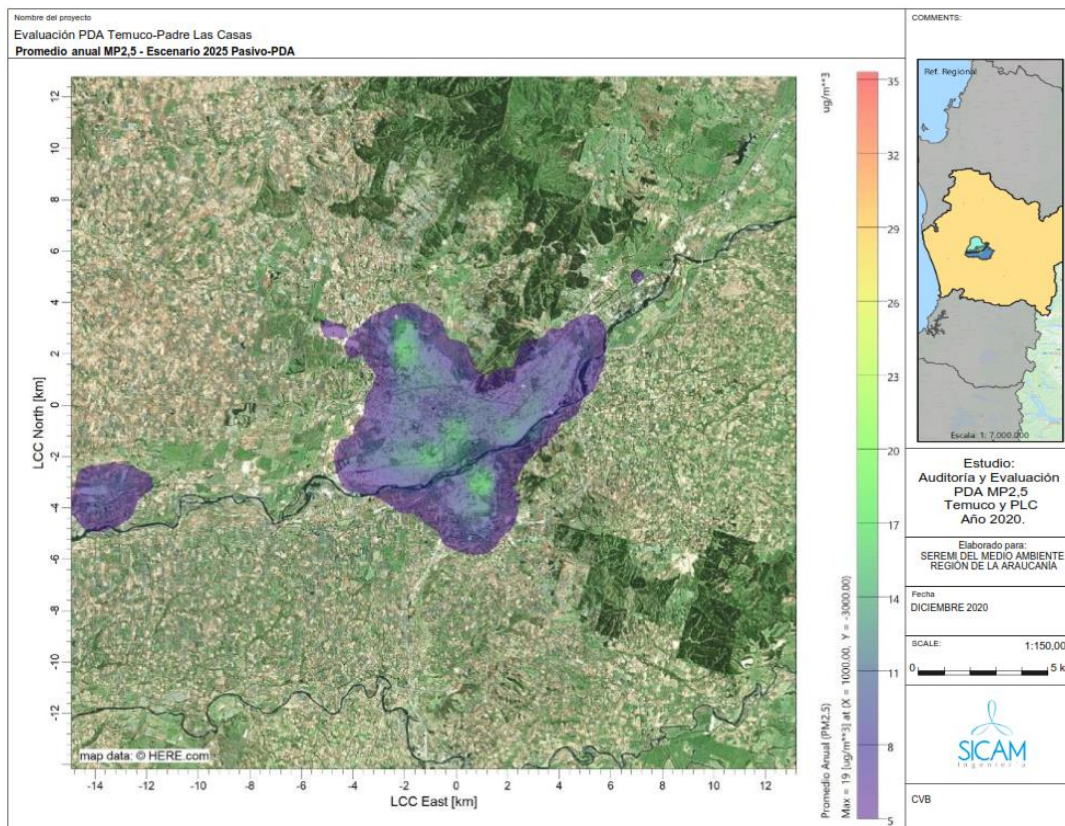


Figura 51. Modelación MP2,5 – Escenario Pasivo PDA 2025

Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.1.2 Modelación Escenario Ideal PDA - 2025

#### Escenario 2. Ideal PDA – 2025

Tasa de implementación acelerada en el horizonte de evaluación año meta 2025

Este escenario de evaluación plantea la necesidad de acelerar la tasa de implementación del PDA, para cumplir con las metas esperadas, al año meta 2025. Para este escenario denominado Ideal PDA 2025, se proyectaron las emisiones al año 2025, considerando los supuestos principales que se indican en la Tabla 91.

Tabla 91. Principales de variables de evaluación escenario Ideal PDA 2025

Medida	Tasa promedio registrada 2015-2019	Tasa proyectada 2020-2025
Tasa de recambio anual PRC	2.038 recambios/año*	3.000 recambios/año
Tasa anual de Subsidios Térmicos	3.349 subsidios/año	4.000 subsidios/año
% leña seca	25% (2015) – 41% (2019)	78,3% (2025) **
Operación artefacto (Tiraje Cerrado/Tiraje Abierto)	31,8% / 68,2% (2015) 27,1% / 72,9% (2019)	20% / 80% (2025)

\* Excluye el año 2015 por ser inusual respecto al promedio entre 2016-2019

\*\* El porcentaje se obtiene mediante el aumento de la demanda de leña seca a una tasa anual constante.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92 presenta la estimación del inventario año 2019 según la tasa actual de implementación y el inventario proyectado al año 2025 con tasa de implementación acelerada. Los resultados indican una reducción en torno al 44% desde el año 2019 al 2025.

Tabla 92. Escenario Ideal PDA 2025

Fuente	Inventario 2019	Inventario 2025
	Escenario PDA	Ideal PDA
Fuentes Puntuales	133	133
<b>Combustión Residencial Leña</b>	<b>2.524</b>	<b>1.273</b>
Fuentes de Área -Otras	101	101
Fuentes Móviles	86	86
Total	<b>2.844</b>	<b>1.593</b>

Fuente: Elaboración propia

La Figura 52 presenta los resultados de la modelación para los parámetros P98 24 horas y promedio anual de MP2,5 en el área de estudio. Para el análisis normativo (Tabla 93) se extraen los valores modelados en las estaciones de monitoreo Las Encinas y Padre Las Casas. Los resultados indican que, al acelerar la tasa de implementación del PDA, las emisiones proyectadas al año 2025 aun no permitirían bajar las concentraciones de MP2,5 a niveles que cumplan con la norma en toda la zona saturada. Esto se observa en el parámetro P98 en la estación Padre Las Casas, un valor de 57,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de MP2,5 encontrándose sobre el valor norma de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para el promedio anual, la concentración se encuentra bajo la norma de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mientras que en la estación Las Encinas debería cumplirse el límite normativo tanto para P98 promedio 24 horas como promedio anual.

Tabla 93. Concentraciones modeladas Escenario Ideal PDA 2025

Parámetro de calidad del aire	Límite norma	Estación Las Encinas	Estación Padre Las Casas
P98 modelado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50	43,0	57,2
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20	11,0	16,4

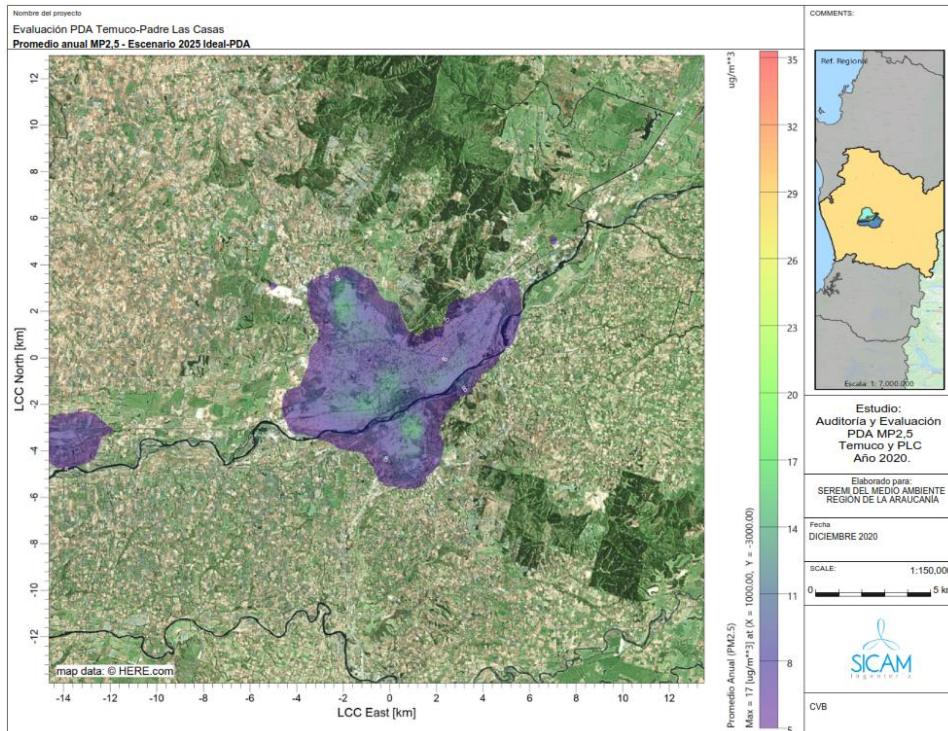
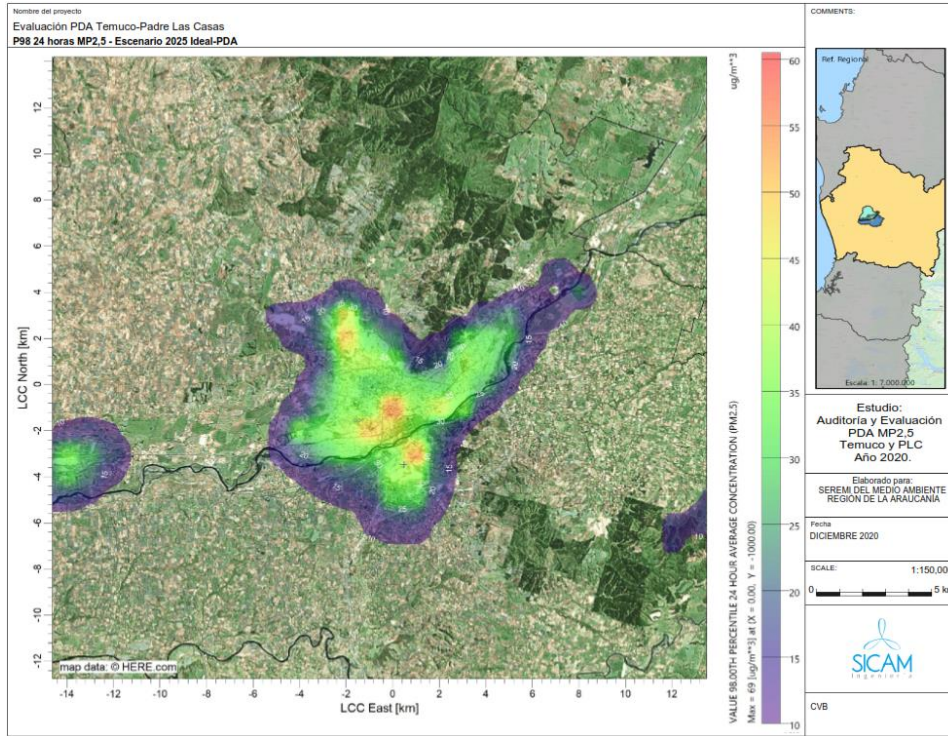


Figura 52. Modelación MP2,5 – Escenario Ideal PDA 2025  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la evaluación de los escenarios propuestos indican que, a la tasa de implementación actual, no se cumpliría con los niveles de concentración de MP2,5 en toda la zona para salir del estado de saturación. Luego, con la tasa de implementación acelerada, aun no se evidencia de manera definitiva el cumplimiento de los niveles de concentración de MP2,5 en toda la zona saturada, o se encontraría su cumplimiento muy cercano al límite. Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar dos escenarios adicionales, en donde se mantenga la tasa de implementación actual, pero se amplíe el año meta hasta el año 2030 o bien, que se acelere la tasa de implementación, pero año meta se amplíe solo al año 2027.

### 6.5.1.3 Modelación Escenarios Adicionales

#### Escenario 3. Ideal PDA – 2027

Tasa de implementación acelerada ampliando el horizonte de evaluación al año meta 2027

Este escenario plantea continuar con la tasa acelerada de implementación del PDA, pero aumentar en 2 años el horizonte de evaluación al año meta al 2027. Corresponde a un escenario que permite obtener resultados favorables en términos de concentraciones, sin ampliar considerablemente el año meta.

Tabla 94. Principales de variables de evaluación escenario Ideal PDA 2027

Medida	Promedio 2015-2019	Tasa anual 2020-2025	Delta medidas
Tasa de recambio anual PRC	2.038 recambios/año*	3.000 recambios/año	Permite alcanzar al año 2027 un total de <b>32.748 recambios (+5.748)</b>
Tasa anual de Subsidios Térmicos	3.349 subsidios/año	4.000 subsidios/año	Permite alcanzar al año 2027 un total de <b>48.744 subsidios (+8.744)</b>
% leña seca	25% (2015) – 41% (2019)	78,3% (2025)	Se mantiene
Operación artefacto (Tiraje Cerrado/Tiraje Abierto)	31,8% / 68,2% (2015) 27,1% / 72,9% (2019)	20% / 80% (2025)	Se mantiene

\* Excluye el año 2015 por ser inusual respecto al promedio entre 2016-2019

Fuente: Elaboración propia

Con las variables indicadas en la Tabla 94, se estimó un escenario de emisiones al año meta 2027, con la tasa de implementación acelerada, respecto a la fuente combustión residencial de leña, dejando constantes otras fuentes de emisión a los valores del último inventario de emisiones (año base 2017), presentados en la Tabla 95. Los resultados indican una reducción en torno al 50% desde el año 2019 al año meta 2027.

Tabla 95. Escenario Ideal PDA 2027

Fuente	Inventario 2019	Inventario 2027
	Escenario PDA	Ideal PDA
Fuentes Puntuales	133	133
<b>Combustión Residencial Leña</b>	<b>2.524</b>	<b>1.100</b>
Fuentes de Área -Otras	101	101
Fuentes Móviles	86	86
<b>Total</b>	<b>2.844</b>	<b>1.420</b>

Fuente: Elaboración propia

#### Escenario 4. Pasivo PDA – 2030

Tasa de implementación actual ampliando el horizonte de evaluación al año meta 2030

Este escenario plantea continuar con la tasa actual de implementación del PDA, aumentando en 5 años el horizonte de evaluación, hasta el año 2030. Corresponde a un escenario que permite obtener resultados favorables en términos de concentraciones, pero amplía considerablemente el año meta.

Tabla 96. Principales de variables de evaluación escenario pasivo PDA 2030

Medida	Promedio 2015-2019	Tasa anual 2020-2025	Delta medidas
Tasa de recambio anual PRC	2.038 recambios/año*	2.000 recambios/año	Permite alcanzar al año 2027 un total de <b>30.748 recambios (+3.748)</b>
Tasa anual de Subsidios Térmicos	3.349 subsidios/año	3.500 subsidios/año	Permite alcanzar al año 2027 un total de <b>55.244 subsidios (15.244)</b>
% leña seca	25% (2015) – 41% (2019)	78,3% (2025)	Se mantiene
Operación artefacto (Tiraje Cerrado/Tiraje Abierto)	31,8% / 68,2% (2015) 27,1% / 72,9% (2019)	20% / 80% (2025)	Se mantiene

\* Excluye el año 2015 por ser inusual respecto al promedio entre 2016-2019

Fuente: Elaboración propia

Con las variables indicadas en la Tabla 96, se estimó un escenario de emisiones al año 2030, con la tasa de implementación actual, respecto a la fuente combustión residencial de leña, dejando constantes otras fuentes de emisión a los valores del último inventario de emisiones (año base 2017), tal como se observa en la Tabla 97. Los resultados indican una reducción en torno al 48% desde el año 2019 al año meta 2030.

Tabla 97. Escenario pasivo PDA 2030

Fuente	Inventario 2019	Inventario 2030
	Escenario PDA	Pasivo PDA
Fuentes Puntuales	133	133
<b>Combustión Residencial Leña</b>	<b>2.524</b>	<b>1.150</b>
Fuentes de Área -Otras	101	101
Fuentes Móviles	86	86
<b>Total</b>	<b>2.844</b>	<b>1.470</b>

Fuente: Elaboración propia

Los dos escenarios adicionales de evaluación dan como resultado un nivel de emisiones de material particulado muy similar, con valores de 1.420 y 1.470 ton/año de MP2,5 para el escenario 3 y escenario 4, respectivamente.

Por lo tanto, se consideró la emisión del escenario 3 para realizar la modelación de dispersión de contaminantes, cuyos resultados son válidos para ambos escenarios. Los resultados, presentados en la Figura 53, entrega los valores de los parámetros P98 promedio 24 horas y promedio anual de MP2,5 en el área de estudio. La Tabla 98 presenta el resumen de las concentraciones para el análisis normativo, para lo cual se extraen los valores modelados en las estaciones de monitoreo Las Encinas y Padre Las Casas. Los resultados indican que se cumple con los niveles normativos en toda la zona, por lo tanto, para lograr salir del estado de saturación, es válido continuar con la tasa de implementación actual, pero ampliar el año meta al 2030 o bien, acelerar la tasa de implementación aumentando el año meta, solo al 2027.

Tabla 98. Concentraciones modeladas Escenarios Adicionales

Parámetro de calidad del aire	Límite norma	Estación Las Encinas	Estación Padre Las Casas
P98 modelado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50	37,4	49,6
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20	9,4	14,4

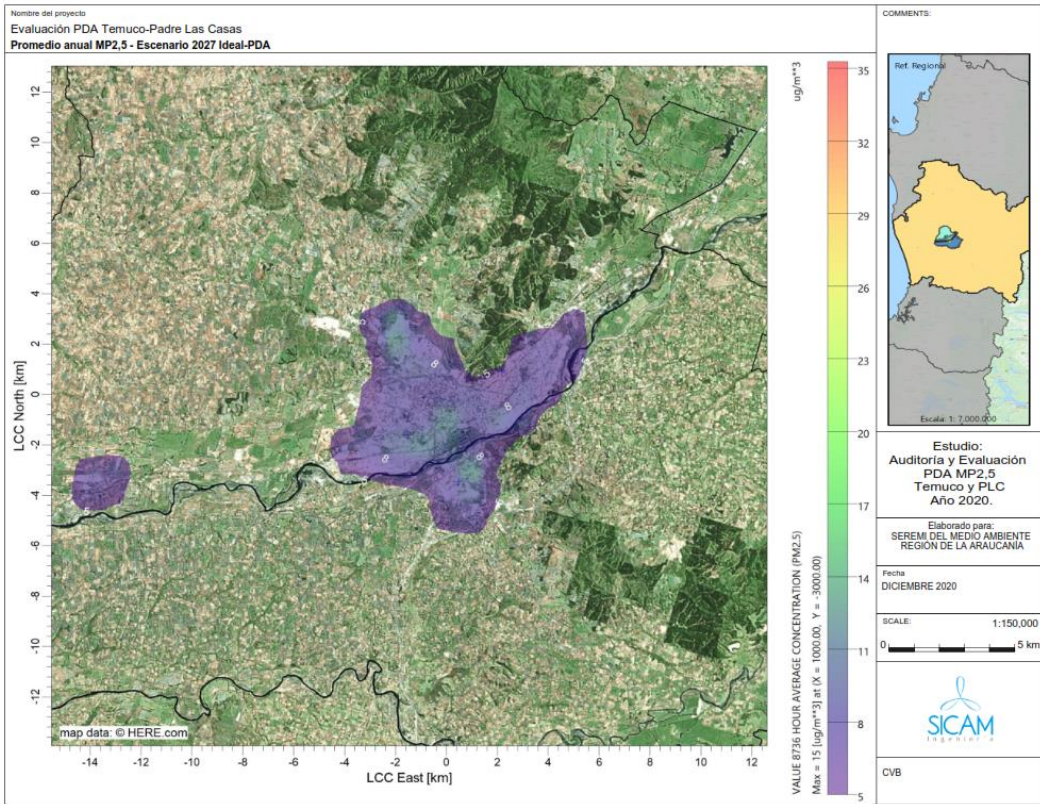
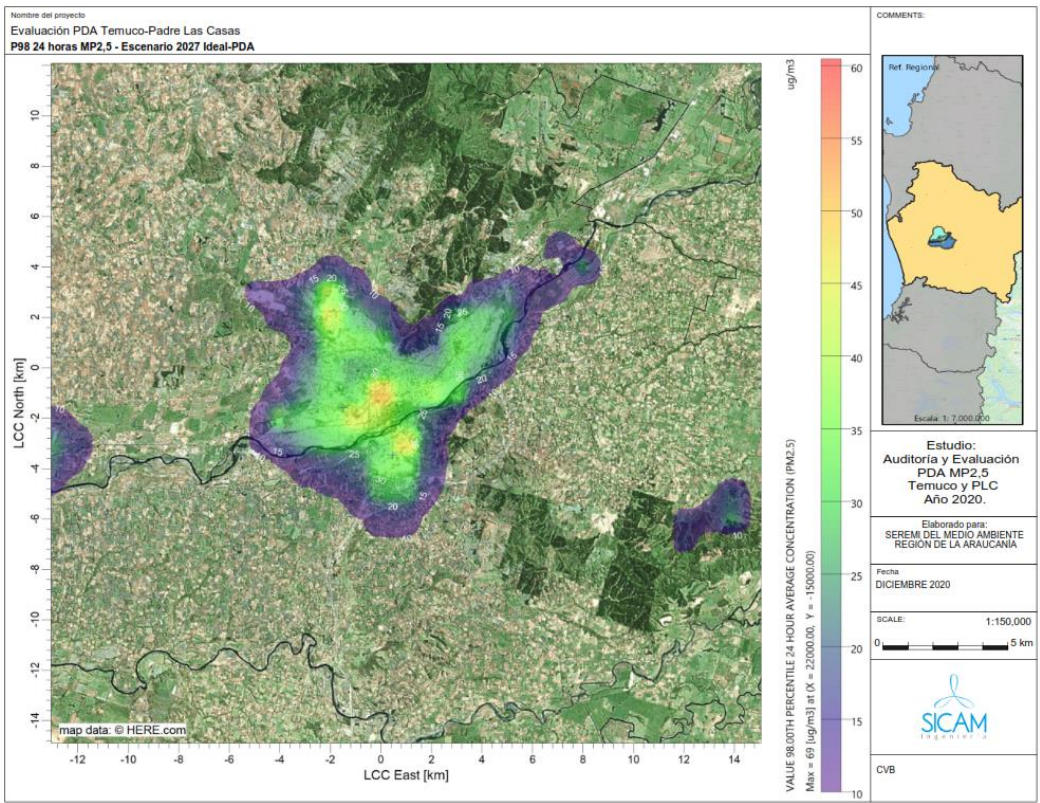


Figura 53. Modelación MP2,5 – Escenario Ideal PDA 2027  
Fuente: Elaboración propia

## 7 OBJETIVO C). PROPUESTA DE LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo expone un análisis que sistematiza y resume los resultados del estudio, en términos de la verificación del nivel de avance y cumplimiento de metas del PDA, además de su impacto en emisiones y concentraciones. Este análisis permite definir la necesidad de actualización del PDA como instrumento de gestión, además de determinar dónde se deben priorizar los esfuerzos para lograr cumplir los índices de calidad del aire que permitan a las comunas de Temuco y Padre Las Casas del estado de saturación.

### 7.1 ACTIVIDAD 1). DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE ACTUALIZACIÓN DEL PDA

El análisis de los distintos escenarios proyectados, según tasas de cumplimiento de metas del PDA, permite determinar que existe la necesidad de actualización de este instrumento, según se puede apreciar en el resumen de escenarios presentado en la Tabla 99, en términos de nuevas metas de reducción y en nuevos horizontes de ejecución.

Los resultados proyectados al año 2025 para PDA, mediante un escenario pasivo o conservador, con una tasa de implementación similar a la actual, las emisiones de material particulado alcanzadas no permiten mejorar los índices de calidad del aire de manera que las comunas de Temuco y Padre Las Casas salgan del estado de saturación. Dado este caso, el análisis posterior plantea acelerar la tasa de implementación del PDA para el mismo horizonte de cumplimiento, año 2025, en cuyo caso, si bien se logra alcanzar mayores reducciones en las emisiones y concentraciones de MP2.5, estas no son suficientes para cumplir con los índices establecidos en la norma.

A partir del análisis anterior, se considera necesario ampliar el horizonte de implementación del PDA, y establecer un año meta de cumplimiento de los índices de calidad del aire, según el escenario de implementación de medidas sugerido. En efecto, en el presente trabajo se desarrolló una estimación de emisiones bajo los siguientes escenarios:

Escenario pasivo: año 2030, manteniendo actual tasa de implementación de medidas.

Escenario ideal: año 2027, acelerando la actual tasa de implementación de medidas.

Los resultados obtenidos para estos escenarios de proyección indican que, en ambos casos se alcanza un nivel de emisiones similar, que se traducen en valores de concentración de MP2.5 que permiten cumplir con la norma establecida, y logran sacar a las comunas de Temuco y Padre Las Casas del estado de saturación.

Tabla 99. Resumen de escenarios proyectados

Fuente	Inventario 2025	Inventario 2025	Inventario 2027	Inventario 2030
	Pasivo PDA	Ideal PDA	Ideal PDA	Pasivo PDA
Fuentes Puntuales	133	133	133	133
<b>Combustión Residencial Leña</b>	<b>1.476</b>	<b>1.273</b>	<b>1.100</b>	<b>1.150</b>
Fuentes de Área -Otras	101	101	101	101
Fuentes Móviles	86	86	86	86
<b>Total</b>	<b>1.796</b>	<b>1.593</b>	<b>1.420</b>	<b>1.470</b>

Parámetro de calidad del aire	Concentración MP							
	L.E.	PLC	L.E.	PLC	L.E.	PLC	L.E.	PLC
P98 modelado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	48,7	65,3	43,0	57,2	37,4	49,6	37,4	49,6
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	11,7	18,5	11,0	16,4	9,4	14,4	9,4	14,4

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, el análisis concluye en la necesidad de extender el horizonte de implementación del PDA MP2,5 TPLC, estableciendo un foco más tenaz en el sector regulado de mayor impacto en las emisiones de MP2,5, la combustión residencial de leña, en cuanto a las medidas.

## 7.2 ACTIVIDAD 2). DETERMINACIÓN LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS

Se ha identificado, en términos generales, que el PDA MP2,5 TPLC sistematiza el trabajo multisectorial de diversas entidades, tanto públicas como privadas, con algún grado de competencia en los ámbitos y/o alcances que aborda este instrumento de gestión ambiental. En efecto, en la ejecución del PDA participan 18 instituciones públicas, que tienen a su cargo la implementación de 91 medidas, organizadas según su tipología, en 10 capítulos, y estos a su vez, en 2 grandes bloques, referidos a medidas estructurales y medidas complementarias.

Luego, la evaluación técnica realizada indica que la implementación del PDA MP2,5 TPLC ha permitido una reducción sostenida de las emisiones de MP2,5, alcanzando al quinto año una reducción del 24,0% respecto de la proyección de la línea de base al año 2019 (sin PDA). En la Tabla 100 se presenta la reducción de emisiones según fuente.

Tabla 100. Reducción de emisiones escenario con y sin PDA – Inventario general

Fuente	Inventario 2019 Escenario PDA	Inventario 2019 Escenario sin PDA	Reducción (Ton/año)	% aporte en la reducción respecto al inventario
Fuentes Puntuales	133	185	52	1,4%
Combustión Residencial Leña	2.524	3.369	845	22,6%
Fuentes de Área -Otras	101	101	-	0,0%
Fuentes Móviles	86	87	1,3	0,0%
<b>Total</b>	<b>2.844</b>	<b>3.742</b>	<b>898,3</b>	<b>24,0%</b>

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a lo mostrado en la Tabla 100, resulta evidente que el mayor aporte a la reducción de emisiones proviene de la fuente combustión residencial de leña, y al mismo tiempo, es la única fuente con un potencial real para continuar contribuyendo a esta reducción para cumplir con las metas del PDA. De esta manera, junto con la confirmación de la necesidad de actualizar el actual PDA MP2,5 TPLC, se presenta una propuesta respecto de la orientación que debería tomar dicha actualización.

En efecto, según se muestra en la Figura 54, el PDA MP2,5 TPLC debe reajustar su enfoque hacia la fuente combustión residencial de leña, ya que si bien, es el sector que concentra el mayor número de medidas, esto no necesariamente significa que los recursos, humanos y presupuestarios, estén consecuentemente asignados, diluyéndose muchas veces en la implementación de medidas de nulo o bajo impacto en la reducción de emisiones, perdiendo eficiencia en el control del instrumento.

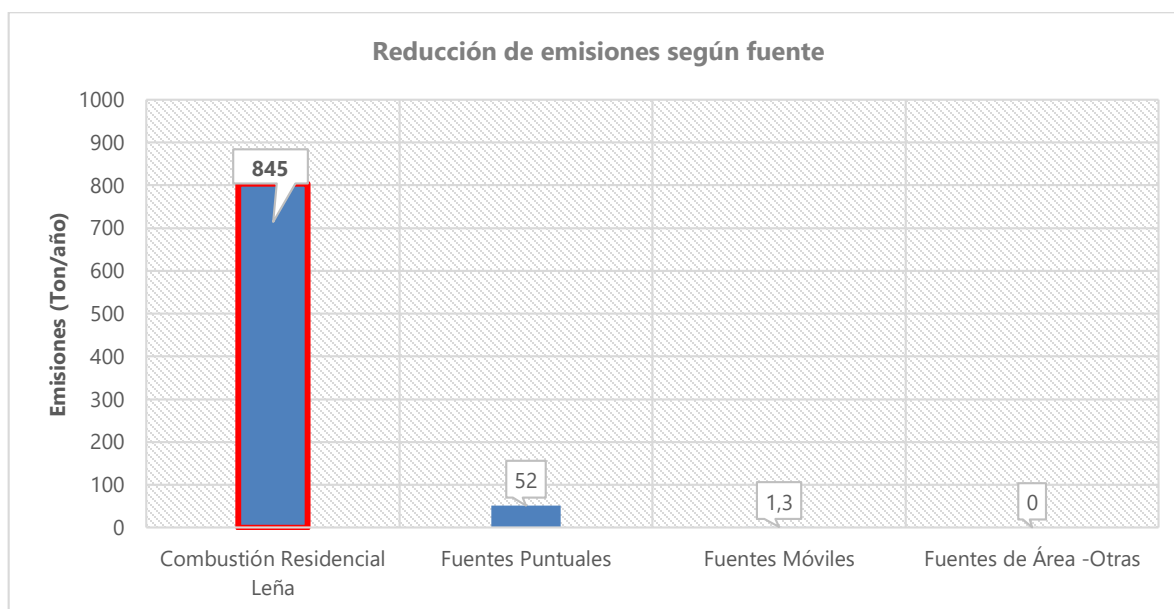


Figura 54. Aporte en la reducción de emisiones según fuente de emisión

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, se definen algunas líneas de acción que podrían optimizar la efectividad de las medidas.

En primer lugar, se requiere ajustar el alcance de algunas de las principales medidas asociadas al sector residencial, que han demostrado un impacto significativo en la reducción de emisiones luego de haber sido implementadas a través del PDA MP2,5 TPLC, pero cuyo avance ha sido insuficiente. Para lo cual se proponen nuevas metas de ejecución y extensión del horizonte de implementación.

Tabla 101. Líneas de acción – Mejoramiento de artefactos: Programa de Recambio de Calefactores

Sector regulado	Mejoramiento de los artefactos de combustión residencial PROGRAMA DE RECAMBIO DE CALEFACTORES															
Propuesta de línea de acción	En este sector regulado, la medida de mayor impacto corresponde al Programa de Recambio de Calefactores, el cual tiene en el periodo de evaluación un avance del 32,4% respecto de la meta propuesta, siendo su tasa de implementación más baja que lo requerido para su cumplimiento (promedio 2.000 artefactos/año). Para esta medida se propone aumentar el horizonte de ejecución y aumentar la meta de cantidad de artefactos recambiados, ya sea para el año meta 2027 (tasa acelerada de 3.000 artefactos/año) o al año meta 2030 (tasa actual 2.000 recambios/año). Cualquiera de estos dos escenarios entrega resultados que permiten lograr la reducción de emisiones que contribuye a reducir los índices de calidad del aire necesarios para cumplir con las normas de material particulado.															
Año PDA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Actual PDA 2025	27.000 calefactores – 5 años															
Ideal PDA 2027	33.000 calefactores – 12 años															
Pasivo PDA 2030	31.000 calefactores – 15 años															

\* La evaluación de escenarios considera el recambio solo por artefactos de tecnología diferente a leña.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102. Líneas de acción – Mejoramiento de artefactos: Aspectos generales

Sector regulado	Mejoramiento de los artefactos de combustión residencial ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<p>El sector mejoramiento de artefactos de combustión residencial establece, además del Programa de Recambio de Calefactores una serie de medidas tendientes a la prohibición gradual de artefactos de menor tecnología, mejoramiento de cocinas a leña, entre otros. En este sentido es importante que una actualización del PDA asegure su permanencia en el tiempo, manteniendo actividades de fiscalización efectivas.</p> <p>Por otra parte, se considera relevante incluir otros aspectos no considerados en el actual PDA, que se mencionan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Evaluación de la tasa de retención de nuevas tecnologías:</b> Se recomienda una evaluación en el tiempo de la retención de artefactos en viviendas beneficiarias del Programa de Recambio de Calefactores y viviendas nuevas de proyecto inmobiliarios regulados por SEIA. Esto es, verificar mediante seguimiento periódico (anual, trianual, etc.) que las viviendas que adquieren una tecnología eficiente mantengan este artefacto y no hayan retornado al uso de leña, o bien se haya incorporado un segundo artefacto a leña. Estos aspectos son relevantes para cumplir con las proyecciones de los escenarios de emisiones.</li> <li>- <b>Evaluación del factor de emisión de artefactos certificados en condiciones reales de operación:</b> Se recomienda la determinación de factores de emisión en condiciones reales de operación para nuevas tecnologías de combustión a leña (calefactores y</li> </ul>

cocinas certificadas), que ocupan un lugar cada vez más relevante en la distribución del parque de artefactos. Este es un aspecto relevante para la construcción de escenarios de emisiones que actualmente solo provienen de condiciones controladas bajo laboratorio de ensayo.

- **Promover mejoras en artefactos de combustión a leña:** La evaluación indica en el mejor escenario al año 2030 el parque de artefactos contará con unos 40 mil equipos a leña (40% del parque), la fracción más relevante corresponderá a calefactores con templador certificados, para los cuales se desconoce la tasa de emisión en condiciones reales de operación. El actual escenario de la norma de calefactores no deja espacio a mejoras en el ámbito de la combustión de leña, por lo que se recomienda la promoción de nuevas tecnologías a leña que aseguren menores tasas de emisión en condiciones reales de operación, no solo a través de ensayos en condiciones controladas.
- **Diversificar mecanismos de Recambio de Calefactores:** Incorporar líneas específicas para el Programa de Recambio de Calefactores, además de los llamados masivos que se realizan actualmente. Esto es, por ejemplo, la entrega simultánea del Programa de Recambio de calefactores y el Subsidio Térmico, en donde la combinación de los 2 beneficios genera una sinergia y da mayor soporte a la adopción de nuevas tecnologías de combustión en las viviendas. Ejecutar Programas de Recambio de Calefactores focalizados en determinados sectores, priorizados según índices de calidad del aire.
- **Etiquetado para mantención de calefactores:** La correcta mantención de los equipos recambiados, de tecnología diferente a leña es fundamental para sostener el buen funcionamiento de los equipos y permiten mantener a los usuarios conformes con el uso de los nuevos calefactores evitando problemas técnicos y desperfectos de funcionamiento en el mediano y largo plazo. Es muy importante remarcar la importancia de las mantenciones periódicas en los calefactores, para lo cual se recomienda un etiquetado en los equipos recambiados que permitan indicar la fecha de la última mantención y recomendación de la próxima fecha por técnicos autorizados, lo que relevará la importancia de esta actividad en los beneficiarios del Programa.

\* La evaluación de escenarios considera el recambio solo por artefactos de tecnología diferente a leña.

Fuente: Elaboración propia

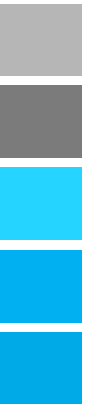


Tabla 103. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Subsidios

Sector regulado	Mejoramiento térmico de las viviendas SUBSIDIO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO																
Propuesta de línea de acción	En este sector regulado, la medida para la cual se evalúa su impacto corresponde al Subsidio de Mejoramiento Térmico de viviendas, el cual tiene, en el periodo de evaluación, un avance del 41,9% respecto de la meta propuesta, con una tasa de implementación adecuada para cumplir la meta al año 2025. Para esta medida se propone aumentar el horizonte de ejecución y aumentar la meta de cantidad de subsidios ejecutados, ya sea para el año meta 2027 (tasa acelerada de 4.000 subsidios/año) o al año meta 2030 (tasa actual 3.500 recambios/año). Cualquiera de estos dos escenarios entrega resultados que permiten lograr la reducción de emisiones que contribuye a reducir los índices de calidad del aire necesarios para cumplir con las normas de material particulado.																
Año PDA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Actual PDA 2025	40.000 subsidios – 10 años																
Ideal PDA 2027	49.000 subsidios – 12 años																
Pasivo PDA 2030	55.000 subsidios – 15 años																

Tabla 104. Líneas de acción – Mejoramiento térmico de viviendas: Aspectos generales

Sector regulado	Mejoramiento térmico de las viviendas ASPECTOS GENERALES																
Propuesta de línea de acción	<p>Para este sector regulado se recomiendan las siguientes líneas de acción, respecto al fortalecimiento de medidas que ya se consideran en el PDA o bien de algunos aspectos que deberían ser considerados en la actualización de este instrumento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Mecanismos de fiscalización de estándares térmicos:</b> Para el sector de mejoramiento térmico de viviendas uno de los aspectos de mayor relevancia considerados en el PDA tiene que ver con la definición y exigencia de estándares térmicos para las viviendas beneficiarias del subsidio aislamiento térmica y para viviendas nuevas en la zona saturada. Es de suma relevancia que el nuevo PDA establezca mecanismos efectivos de verificación de los estándares térmicos que aseguren el efecto esperado respecto a la menor demanda energética de la vivienda.</li> </ul>																

Tabla 105. Líneas de acción – Mejoramiento de la calidad de la leña

Sector regulado	Mejoramiento de la calidad de la leña																
Propuesta de línea de acción	<p>El PDA prohíbe uso y comercialización de leña húmeda. La evaluación realizada en el AGIES del PDA supone una adopción tal de esta medida, que al año 2020 se alcanzaría un uso del 80% de leña en estado seca. Se estima que al año 2019 el porcentaje de leña seca en uso es del 41%.</p> <p>Para este sector regulado las líneas de acción apuntan a ampliar al horizonte de ejecución, recomendando <b>definir en el PDA una meta de adopción de la medida de al menos un 80%</b> de leña seca al año 2025, lo cual se debe mantener en el horizonte de evaluación ampliado al 2027 o 2030.</p> <p>El que la actualización del PDA establezca una meta de leña seca a alcanzar permitirá que este sector tenga necesariamente que establecer mecanismos más eficientes de seguimiento de la calidad de la leña, de manera tal que se compruebe con antecedentes concretos cuál es efectivamente la humedad de la leña consumida en la zona saturada.</p> <p>Otras medidas asociadas a este sector que deben considerarse en una futura actualización se mencionan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Monitoreo periódico</b> (mensual, estacional) de la calidad de la leña en viviendas con un plan sectorizado y con muestreo representativo de la zona de estudio.</li> <li>- <b>Seguimiento efectivo de los proyectos</b> de producción y comercialización que han recibido financiamiento para el mejoramiento de la calidad de la leña, que permitan establecer cuánta leña seca se produce por monto financiado, cuánta leña seca se aporta al mercado de la zona saturada, entre otros.</li> <li>- <b>Mayor promoción hacia la formalización</b> del mercado de la leña.</li> <li>- El PDA debe definir <b>Programas con financiamiento específico</b> para mejorar la oferta de leña seca en la zona saturada, que incluya metas de aporte de leña seca al mercado de la zona saturada, acorde a la demanda requerida. Se debe asignar a cada institución responsable de estas medidas volúmenes específicos o porcentajes de cobertura de la demanda de leña seca.</li> <li>- <b>Infraestructura de almacenamiento del combustible:</b> Se recomienda realizar un catastro de la infraestructura de almacenamiento del combustible, ya sea de leña o pellet disponible en las comunas de la zona saturada, lo que permite mantener la calidad del combustible. Si esta infraestructura es deficiente, repercute en la calidad de la leña o pellet y por lo tanto en mayores emisiones. Este catastro podría definir si es necesario invertir recursos en proporcionar mejores condiciones de almacenamiento en las viviendas que lo requieran.</li> </ul>																
Año PDA	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Actual PDA 2025	80% leña seca – 20% leña húmeda (AGIES)																
Ideal PDA 2027	80% leña seca – 20% leña húmeda - al año 2025											Se mantiene 80%					
Pasivo PDA 2030	80% leña seca – 20% leña húmeda - al año 2025											Se mantiene 80%					

Tabla 106. Líneas de acción – Educación y Participación Ciudadana: Aspectos generales

Sector regulado	Mejoramiento térmico de las viviendas ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<p>Para este sector regulado se recomiendan las siguientes líneas de acción, respecto al fortalecimiento de medidas que ya se consideran en el PDA o bien de algunos aspectos que deberían ser considerados en la actualización de este instrumento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Campañas de educación focalizada en sectores</li> <li>- Campaña de difusión de amplio alcance</li> <li>- Promover mejoras operacionales de equipos de combustión residencial de leña, educando en aspectos determinantes para la generación de mayores emisiones, tales como uso del tiraje, diversificación hacia nuevas tecnologías, calidad de la leña utilizada. Una campaña enfocada en mejorar estos aspectos puede contribuir de manera considerable en la reducción de emisiones.</li> <li>- Campaña difusión asociada a correcta y oportuna mantención de equipos recambiados, para evitar problemas técnicos de mediano y largo plazo.</li> <li>- Campaña de sensibilización respecto a efectos en salud de la contaminación atmosférica.</li> </ul>

Tabla 107. Líneas de acción – Medidas complementarias y estudios

Sector regulado	Medidas complementarias ASPECTOS GENERALES
Propuesta de línea de acción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Red de sensores de calidad del aire sectorizado en las comunas de Temuco y Padre Las Casas:</b> La implementación de esta medida permitirá conocer los índices de calidad del aire de manera desagregada por sector en las comunas de la zona saturada. Esta información puede ser utilizada para priorizar sectores, en los cuales se puede intervenir de manera más intensiva con campañas de educación focalizadas, Programas de Recambio de Calefactores sectorizados, inversión en infraestructura de almacenamiento de leña, entre otras.</li> <li>- <b>Desarrollo de estudios técnicos para validación de factores de impacto en emisión:</b> Se recomienda el desarrollo de estudios que permitan reducir la incertidumbre asociada al impacto en emisiones de diversos factores tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Caracterización periódica de las condiciones de operación de los calefactores en viviendas (uso del tiraje) para ajustar estimación de emisiones y focalizar medidas de manera oportuna.</li> <li>▪ Determinar la reducción efectiva del consumo de leña en viviendas que han sido beneficiarias de subsidios de aislación térmica, considerando la evolución de los distintos estándares térmicos por el PDA.</li> <li>▪ Seguimiento periódico de la calidad de la leña utilizadas en viviendas de la zona saturada (según detalle indicado en Tabla 106)</li> <li>▪ Determinación de factores de emisión en condiciones reales de operación de calefactores certificados (según detalle indicado en Tabla 103).</li> </ul> </li> </ul>

### 7.3 ACTIVIDAD 3). ANÁLISIS PRELIMINAR DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Se realizó una estimación de emisiones de MP2.5 para evaluar el impacto de las principales medidas asociadas al sector residencial, para ambos escenarios proyectados, ideal 2027 y pasivo 2030. Para cada escenario de evaluación se planteó el cumplimiento de metas asociados a las principales medidas y se estimó la reducción de emisiones respecto a la línea base en los años de evaluación. Los resultados presentados en la Tabla 109, indican que se podría alcanzar hasta un 65% de reducción de emisiones de MP2,5 respecto a un escenario línea base (sin PDA), al año 2027 y 2030, respectivamente.

Tabla 108. Análisis preliminar de reducción de emisiones del sector residencial.

Escenario Línea Base	2014	2019	2027	2030
Emisiones MP2.5 (Ton/año)	3.534	3.369	3.226	3.203
Escenario PDA	Base	Actual PDA	Ideal PDA	Pasivo PDA
Emisiones MP2.5 (Ton/año)	3.534	2.524	1.100	1.150
Reducción Emis. MP2.5 (Ton/año)	-	845	2.126	2.053
Reducción (%)	-	25,1%	65,9%	64,1%

Fuente: Elaboración propia

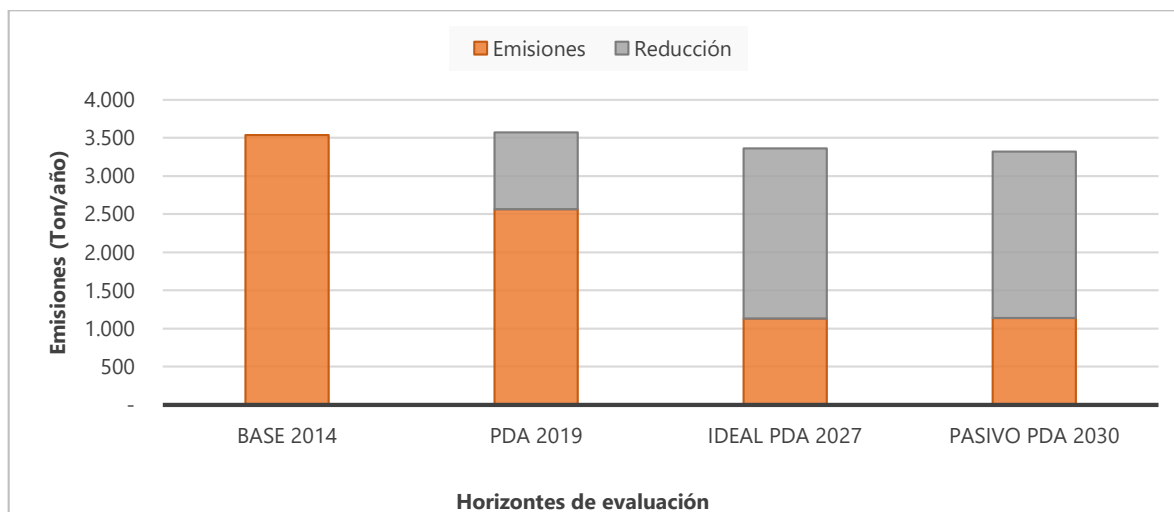


Figura 55. Aporte en la reducción de emisiones según fuente de emisión.

Fuente: Elaboración propia

Luego, en la Tabla 110, se presenta una aproximación a la reducción de emisiones de MP2.5 que aportan cada una de las principales medidas propuestas. Considerar que estas medidas son parte del actual PDA, que han demostrado mayor impacto en la reducción de emisiones de MP2.5 y para las cuales se han propuesto ajustes en el horizonte y nivel o tasa de implementación. De igual manera, considerar que para el horizonte 2027 y 2030, las medidas

correspondientes al uso de leña seca y recambio de calefactores son responsables de los mayores aportes.

Tabla 109. Análisis preliminar del potencial de reducción de emisiones de MP2.5, según medidas.

Escenario Medidas	Emisiones			% Reducción		
	PDA 2019	Ideal PDA 2027	Pasivo PDA 2030	PDA 2019	Ideal PDA 2027	Pasivo PDA 2030
Mejoramiento térmico de viviendas	111	157	188	11,0%	6,4%	7,9%
Uso de leña seca	197	431	464	19,5%	17,7%	19,4%
Programa Recambio Calefactores	292	690	630	28,9%	28,3%	26,4%
Prácticas de Operación Artefactos	207	305	351	20,5%	12,5%	14,7%

Fuente: Elaboración propia.

\* El aporte de cada medida, se calcula sobre el año base 2014. Luego, la suma de aportes de cada medida es inferior a la reducción total, lo que se deriva de aportes que se producen por la sinergia entre medidas.

#### 7.4 ACTIVIDAD 4). PRIORIZAR LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS

Como ya se ha identificado, el actual PDA MP2,5 TPLC sistematiza el trabajo multisectorial de diversas entidades. En efecto, son 18 instituciones públicas vinculadas directamente en la ejecución de más de 91 medidas, además de actores del ámbito privado y/o particular, con incidencia directa en la ejecución, ya sea como entes regulados o como proveedores del algún bien o servicio asociado a la implementación de dicho instrumento de gestión ambiental.



Figura 56. Instituciones públicas que participan de la implementación del PDA

De lo anterior, resulta evidente que, para lograr desarrollar de manera oportuna, y alcanzar con éxito los objetivos de un Plan de Descontaminación Atmosférica, requieren, además de los recursos pecuniarios, de un esfuerzo significativo de gestión y coordinación multisectorial. De esta manera, en la medida que se logre hacer más eficiente la

implementación y éxito del PDA, se estará un paso más cerca de alcanzar los objetivos de descontaminación.

Como síntesis del presente estudio, se tiene que, sin duda, la línea de acción y medidas que deben ser priorizadas son aquellas que se relacionan con el control de la fuente de área combustión residencial de leña. Es necesario enfocar los esfuerzos en materia de gestión y recursos económicos en medidas que generan impacto en la reducción de emisiones, abordando la principal fuente de material particulado en el área, siendo recomendable incluso, re direccionar recursos utilizados en otros sectores o líneas de acción del actual PDA, cuya incidencia es menor en la reducción de emisiones, como es el caso de los recursos utilizados en medidas del sector transporte.

De esta manera, las medidas asociadas al mejoramiento de los artefactos, el mejoramiento de la calidad de la leña y el mejoramiento térmico de la vivienda, deben seguir siendo prioritarios y se deben disponer los recursos necesarios para el cumplimiento de metas del PDA, y las metas proyectadas que se indican en el presente estudio.

- Subsidio de mejoramiento térmico de viviendas
- Programa de recambio de calefactores a leña.
- Mejoramiento de la calidad de la leña.
- Educación ambiental en calidad del aire.

Otro aspecto a relevar corresponde a la Educación Ambiental en la temática de calidad del aire. Esta línea de acción corresponde a un aspecto transversal, que impacta en todos los factores asociados a la combustión residencial de leña, entre los cuales se destaca:

- Prácticas de operación de los artefactos utilizadas por el usuario, principalmente, en términos de manipulación de tiraje, pero también de mantenimiento y limpieza.
- Acciones orientadas al uso de leña de calidad, tales como la compra anticipada y almacenamiento apropiado, para facilitar su secado y conservación.
- Facilitar, mediante el acercamiento y promoción de características reales y favorables de nuevas tecnologías, la adopción de otros combustibles y sistemas de calefacción, propendiendo a la renovación del actual parque de artefactos, mediante iniciativas particulares que se sumen a los esfuerzos del programa de recambio de calefactores.
- Incentivar y sensibilizar acerca de las ventajas de una vivienda mejorada térmicamente, para mejorar confort térmico y disminuir las emisiones a partir de una menor demanda térmica.

En la tabla siguiente se muestra una priorización de líneas de acción y medidas a considerar en la actualización del PDA.

Tabla 110. Líneas de acción y medidas prioritarias para el nuevo PDA.

Líneas de acción prioritarias	Medidas en ejecución normal	Medidas priorizadas
Eficiencia térmica de viviendas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subsidio de mejoramiento térmico para viviendas existentes</li> <li>- Norma de aislación térmica para viviendas nuevas.</li> <li>- Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes.</b></li> <li>- <b>Programa de capacitación y acreditación en aspectos técnicos referidos a la eficiencia energética de la vivienda</b></li> </ul>
	<p>Las medidas establecidas en la línea de mejoramiento térmico de viviendas apuntan a lograr una disminución de la demanda térmica o energética de la vivienda, lo que se traduce en un aporte directo a la reducción de emisiones de MP2.5, cuando aquellas viviendas utilizan leña como combustible de calefacción, pero también hacen una contribución significativa y determinante al permitir o facilitar la migración a otros sistemas de calefacción que no utilizan leña, y darle sustento a medidas que si generan una reducción directa de emisiones de MP2.5, como es el caso del programa de recambio de calefactores. De esta manera, se establece que las medidas asociadas a esta línea deben continuar aplicándose, especialmente las referidas a viviendas nuevas, pero se considerará prioritario, los aportes que se pueden hacer a través del subsidio de mejoramiento térmico, porque es el único mecanismo que permitirá avanzar de manera fuerte y controlada en el mejoramiento térmico del parque de viviendas existentes.</p>	
Mejoramiento de la calidad de los artefactos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa de recambio de calefactores</li> <li>- Restricción al uso de artefactos no certificados (calefactores y cocinas sin norma)</li> <li>- Prohibición de humos visibles</li> <li>- Oficina para el recambio de calefactores</li> <li>- Prohibición de uso de artefactos en instalaciones no residenciales, y organismos de administración del estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Programa de recambio de calefactores.</b></li> <li>- NOTA 2.</li> </ul>
	<p>NOTA 2. La renovación del actual parque de artefactos a leña existente, especialmente por tecnologías diferentes a leña, representa la mayor bajada de emisiones de MP2.5. De esta manera, todas las medidas vigentes en esta línea representan un aporte a la reducción de emisiones, y deben continuar aplicándose, ya que todas ellas promueven la renovación de los actuales artefactos por otros más eficientes y menos contaminantes, pero se considerará prioritario para el PDA, fortalecer el actual programa de recambio de calefactores, porque es un mecanismo que permite acelerar la tasa de recambio natural y garantizar menores emisiones de MP2.5 al considerar tecnologías de bajas o nulas emisiones.</p>	



<p>Mejoramiento de la calidad de la leña</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exigencia de comercialización y uso leña seca</li> <li>- Registro de comerciantes de leña</li> <li>- Operación de mesa de fiscalización forestal</li> <li>- Programas de apoyo y fomento para la producción y comercialización de leña seca.</li> <li>- Reporte mensual de leña seca</li> <li>- Desarrollo de una Política Nacional y Regional sobre Calefacción y Uso de la Leña.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Definir Programas con financiamiento específico para mejorar la oferta de leña seca en la zona saturada, que incluya metas de aporte de leña seca al mercado de la zona saturada, acorde a la demanda requerida.</b></li> <li>- <b>Exigencia de comercialización de leña seca</b></li> <li>- <b>Exigencia de uso de leña seca</b></li> </ul> <p>NOTA 3.</p>
	<p>NOTA 3. Las medidas en esta línea se orientan a fortalecer la oferta y uso de leña seca, no obstante, según los resultados presentados, han sido insuficientes y/o no han permitido alcanzar los resultados esperados. De esta manera, para la actualización del PDA MP2.5 TLPC, se considerará prioritario las medidas que permitan garantizar el uso de leña seca, debiendo establecerse mecanismos para su logro, con avances cuantificables en el horizonte de evaluación establecido.</p>	

Fuente: Elaboración propia



## 7.5 ACTIVIDAD 6). IDENTIFICAR PUNTOS CRÍTICOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PDA

La identificación de puntos críticos está orientada a determinar en cada uno de los sectores regulados analizados previamente, los factores internos o externos que puedan ocasionar riesgos en la ejecución de las medidas comprometidas en lo que resta del periodo de ejecución y/o en los nuevos horizontes de evaluación propuestos y que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos trazados en el PDA.

### Identificación de Riesgos

Los riesgos identificados se clasifican de acuerdo a su origen y tipología, de acuerdo a lo indicado en el Documento Técnico para Gestión de Riesgos en el Sector Público, que a su vez se basa en la NCh-ISO 31000:2012 y en menor medida en el marco COSO II<sup>10</sup>, para gestión de riesgos corporativos.

Tabla 111. Clasificación de Riesgo según origen

ORIGEN	DESCRIPCIÓN
INTERNO	Aquellos riesgos que se originan al interior de la organización gubernamental.
EXTERNO	Aquellos riesgos cuya fuente de origen está en situaciones fuera del ámbito gubernamental.

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público.

Por otra parte, los riesgos se clasifican según su tipo, de acuerdo a las especificaciones presentadas en la Tabla 111.

Tabla 112. Clasificación de Riesgo según tipología

TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
ECONÓMICOS	Se relacionan con elementos financieros, comerciales y presupuestarios.
SOCIALES	Se relacionan con elementos de comunidad social, cultural, demográfica, comportamientos sociales.
TECNOLÓGICOS	Acerca de las tecnologías involucradas en los mecanismos de generación de oferta.
ESTRATÉGICOS	Aspectos claves para el desarrollo de la Organización, que se relaciona con decisiones superiores o política de Gobierno.
PROCESOS	Elementos que se relacionan con los distintos aspectos de los procesos que desarrolla la organización o empresa, ya sea desde el ámbito administrativo o productivo.

<sup>10</sup> *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*

LEGAL	Aspectos de cumplimiento y de conformidad del actuar de la organización con la normativa pública general y específica aplicable a ésta.
PERSONAS	Aspectos relacionados al personal de la Organización, desde su ingreso hasta su egreso del mismo.
IMAGEN	Aspectos relacionados con el perfil de la Organización y la reputación social del mismo. Percepción de la comunidad del actuar de la Organización.
SISTEMAS	Relacionado con los sistemas de información de la Organización, las tecnologías que posee y los datos que maneja.

Fuente: Elaboración propia en base a adaptación del Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público

## Clasificación De Los Riesgos Identificados

La clasificación de los riesgos identificados se enfoca en examinar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos y las consecuencias potenciales en relación a la valoración de su impacto. Esta probabilidad e impacto se conjugan para generar la severidad del riesgo, de acuerdo a los criterios planteados.

### Clasificación de la probabilidad

La clasificación de la probabilidad de ocurrencia del riesgo se clasifica según las categorías indicadas en la Tabla 113, en donde se asigna el valor y la descripción del riesgo.

Tabla 113. Clasificación de la probabilidad del riesgo

Categoría	Valor	Descripción
Casi certeza	5	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy alta. Ha ocurrido u ocurrirá probablemente en la organización y no hay motivos para suponer que no ocurrirá nuevamente.
Probable	4	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es alta. Ha sucedido varias veces en áreas similares antes o es una consecuencia común en la organización.
Moderado	3	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es media. Ha sucedido ocasionalmente en el pasado, aunque de manera poco frecuente en la organización.
Improbable	2	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es baja. No existen circunstancias específicas que sugieran que esto podría pasar, pero ha sucedido antes al menos una vez en la organización.
Muy improbable	1	Riesgo cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja. Sería necesario un cambio sustancial de las circunstancias para crear el ambiente propicio para que esto ocurra, y, de todos modos es un suceso poco común.

Fuente: Adaptación en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público

## Clasificación del Impacto

La clasificación del impacto de la ocurrencia de un riesgo se presenta en la Tabla 114, según categoría y valoración.

Tabla 114. Clasificación del impacto

Categoría	Valor	Descripción
Muy alto	5	Riesgo cuya materialización dañaría gravemente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo finalmente que estos se logren en el año en curso.
Alto	4	Riesgo cuya materialización dañaría significativamente el desarrollo del proceso y el cumplimiento de los objetivos, impidiendo que se desarrollen total o parcialmente en forma normal en el año en curso.
Medio	3	Riesgo cuya materialización causaría un deterioro en el desarrollo del proceso dificultando o retrasando el cumplimiento de sus objetivos, impidiendo que éste se desarrolle parcialmente en forma normal en el año en curso.
Bajo	2	Riesgo cuya materialización causaría un bajo daño en el desarrollo del proceso y no afectaría el cumplimiento de los objetivos en el año en curso.
Muy bajo	1	Riesgo cuya materialización puede tener un pequeño o nulo efecto en el desarrollo del proceso y que no afectaría el cumplimiento de los objetivos en el año en curso.

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público



## Nivel de severidad

La Tabla 115 representa la clasificación del riesgo según su severidad, considerando la combinación de su impacto y su probabilidad de ocurrencia. El nivel de severidad, en algunos casos, a igual valor, posee distinta ponderación, lo cual está dado porque el nivel de impacto tiene una mayor incidencia en el nivel de severidad asignada, que la probabilidad de ocurrencia, ya que, tal como señala el documento de gestión de riesgos del sector público cuando un riesgo tiene un alto impacto, aun cuando su probabilidad de ocurrencia sea menor, el hecho de que se manifieste tendrá consecuencias significativas en el cumplimiento de los objetivos trazados en el proceso en cuestión.

Tabla 115. Clasificación de la severidad del riesgo

IMPACTO PROBABILIDAD	MUY ALTO (5)	ALTO (4)	MEDIO (3)	BAJO (2)	MUY BAJO (1)
CASI CERTEZA (5)	EXTREMO (25)	EXTREMO (20)	EXTREMO (15)	ALTO (10)	ALTO (5)
PROBABLE (4)	EXTREMO (20)	EXTREMO (16)	ALTO (12)	ALTO (8)	MODERADO (4)
MODERADO (3)	EXTREMO (15)	EXTREMO (12)	ALTO (9)	MODERADO (6)	BAJO (3)
IMPROBABLE (2)	EXTREMO (10)	ALTO (8)	MODERADO (6)	BAJO (4)	BAJO (2)
MUY IMPROBABLE (1)	ALTO (5)	ALTO (4)	MODERADO (3)	BAJO (2)	BAJO (1)

Fuente: Elaboración propia en base a Documento de Gestión de Riesgos del Sector Público

### 7.5.1 Evaluación de Factores de Riesgo del PDA

Para el análisis de factores de riesgo, se consideró la evaluación de las medidas de tipo estructural concentradas en la fuente combustión residencial de leña, por considerarse la de mayor relevancia en el área de estudio. El enfoque se ha orientado de manera general a las medidas más relevantes dentro de cada sector regulado, considerando el periodo que resta para la ejecución del PDA y futuras ampliaciones del horizonte de evaluación.

Los riesgos identificados por sector fueron evaluados de acuerdo a una matriz que considera la valoración del riesgo en base a los criterios establecidos precedentemente. Cada matriz considera la medida según sector, la valoración del riesgo en cuanto a su probabilidad de ocurrencia y su nivel de impacto, y la valoración de la severidad. Se incorpora además de las justificaciones asociadas a la evaluación y las correspondientes recomendaciones.

La Tabla 116, Tabla 117 y Tabla 118 presenta la matriz de riesgos identificados para los sectores Mejoramiento Térmico de Viviendas, Mejoramiento de Artefactos de Combustión y Mejoramiento de la Calidad de la Leña, respectivamente, considerando riesgos internos y externos.

Tabla 116. Matriz de riesgo – Sector Mejoramiento Térmico de la Vivienda

MEDIDA	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TIPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PROB	IMP	SEV		
<b>RIESGOS EXTERNOS</b>								
Entrega de subsidios de aislación térmica	Usuarios no pueden acceder a los subsidios	Altos copagos	Externa / Social	IMPROBABLE (1)	ALTO (4)	ALTO (8)	Se considera improbable la ocurrencia de este riesgo toda vez que anualmente los procesos cuentan con postulantes interesados suficientes para obtener a beneficiarios acorde a las metas de ejecución. Aun así, si ocurriera, tendría un impacto alto en el resultado de la medida.	Mantener las condiciones de otorgamiento de los subsidios, adaptándose según evolución en las condiciones de postulación.
Estándares para Subsidios de Aislación Térmica y Viviendas Nuevas	Fuerza de trabajo capacitada insuficiente para ejecutar obras con los estándares requeridos.	Falta de capacitación. Inexperiencia en los nuevos estándares y materiales	Externa / Personal	MODERADO (3)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (15)	Según antecedentes existe escasez de mano de obra calificada para construir con estándares térmicos. La capacitación en estándares podría ser insuficiente para la correcta ejecución de las obras.	Favorecer las instancias de capacitación asociadas al mejoramiento térmico en el rubro de la construcción, considerando toda la cadena de ejecución.
	Prestadores de Servicio de Asistencia Técnica insuficientes o inexistentes para los estándares y plazos requeridos.	Desconocimiento de los métodos y falta de equipamiento.	Externa / Proceso	PROBABLE (4)	BAJO (2)	ALTO (8)	Medidas consideran nuevos estándares con requerimientos específicos asociados a los PSAT.	Fortalecer fiscalización de las acreditaciones de los PSAT.
<b>RIESGOS INTERNOS</b>								
Entrega de subsidios de aislación térmica	Recursos destinados a la ejecución de los subsidios insuficientes en los plazos requeridos.	Cambio en las prioridades del Gobierno	Interna / Económico	IMPROBABLE (4)	ALTO (4)	ALTO (8)	Si bien los presupuestos han ido en aumento en el periodo 2016-2019, no es posible asegurar que los presupuestos se sigan asignando según lo requerido por el PDA.	Garantizar presupuestos hacia el componente térmico en el subsidio PPPF.
	Inadecuada gestión asociada a la ejecución de los Programas.	Personal insuficiente. Gran cantidad de procesos asociados	Interna / Procesos	IMPROBABLE (2)	BAJO (2)	BAJO (4)	Se cuenta con experiencia desarrollada desde el PDA MP10.	Revisión periódica de sistema de gestión y actores relevantes.
Estándares para Subsidios de Aislación Térmica y Viviendas Nuevas	Capacidad de fiscalización insuficiente que asegure los estándares establecidos por la medida.	Falta de presupuesto de la organización	Interno/ Proceso	MODERADO (3)	ALTO (4)	EXTREMO (12)	El alto número de subsidios y nuevas obras recepcionados puede ver sobrepasada la función fiscalizadora de los servicios competentes.	Revisión periódica de la capacidad de fiscalización en aspectos relacionados con la componente térmica.

\* **PROB:** Probabilidad de ocurrencia - **IMP:** Impacto - **SEV:** Severidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 117. Matriz de Riesgo – Sector Mejoramiento Artefactos

MEDIDA	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TIPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PROB	IMP	SEV		
<b>RIESGOS EXTERNOS</b>								
Programa de Recambio de Calefactores	Usuarios no interesados en acceder a los Programas.	Copagos. Prioridades particulares en otros ámbitos.	Externa / Social	MUY IMPROBABLE (1)	MUY ALTO (5)	ALTO (5)	Probabilidad de ocurrencia según perfil de usuario y arraigo a la leña. Se podría manifestar este riesgo al aumentar el alcance a este tipo de usuarios, a medida que avance la ejecución del Programa.	Fortalecer los canales de difusión y diversificar el público objetivo. Evidenciar ventajas de nuevos sistemas.
	Desinterés de adopción de nuevas tecnologías de calefacción distintas a leña.	Mercado de combustibles fósiles con precios muy fluctuantes. Mercado de quiebres de stock de combustibles como pellet. Altos costos de operación.	Externa / Económico	MODERADO (3)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (15)	Evidencia del quiebre de stock para abastecer a todos los usuarios de pellet, podría impactar en un menor interés por participar del Programa de Recambio de Calefactores.	El mercado del pellet debe dar respuesta a la mayor demanda de este combustible y así proporcionar seguridad en términos de confortabilidad al adoptar nuevas tecnologías.
	Capacidades de las empresas proveedoras insuficientes para ejecución de Programa en los plazos establecidos.	Personal insuficiente. Insolvencia. Cadena de suministros ineficiente.	Externo / Procesos	MUY IMPROBABLE (2)	MEDIO (3)	MODERADO (3)	Evolución del sistema de adquisición hace más eficiente la compra. La diversificación de oferentes asegura la adecuada oferta disponible para cubrir la demanda.	Seguimiento continuo de los procedimientos asociados a la ejecución de los Programas.
<b>RIESGOS INTERNOS</b>								
Programa de Recambio de Calefactores	Recursos destinados a la ejecución de los subsidios insuficientes en los plazos requeridos.	Cambio en las prioridades del Gobierno. PDA no asegura financiamiento de la medida.	Interna / Económico	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	Existe evidencia de que la tasa de recambio actual es muy inferior al proyectado debido a la falta de presupuesto asignado.	Procurar financiamiento sectorial para la ejecución completa de la meta de Recambio en el plazo estipulado.
	Inadecuada gestión asociada a la ejecución de los Programas.	Personal insuficiente. Gran cantidad de procesos asociados: proceso de postulación - Selección - Convenios - Copagos - Instalaciones Chatarrización	Interno / Procesos	MUY IMPROBABLE (1)	MEDIO (3)	MODERADO (3)	Improbable por experiencia desarrollada. Constante perfeccionamiento del proceso. Apoyo en oficina específica del Programa de Recambio.	Procurar disponer de un equipo de gestión continuo por el periodo de ejecución programado para el cumplimiento de la meta.

\* **PROB:** Probabilidad de ocurrencia - **IMP:** Impacto - **SEV:** Severidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118. Matriz de riesgo – Sector Mejoramiento de la Leña

MEDIDA	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TIPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PROB	IMP	SEV		
<b>RIESGOS EXTERNOS</b>								
Comercialización de "leña seca" en la zona saturada.	Stock de leña seca es insuficiente para cubrir la demanda asociada a la medida.	Infraestructura de secado insuficiente. Falta de capital de trabajo	Externa / Económico	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	Asociado a la implementación de una regulación que no considera las condiciones del mercado.	Fortalecimiento de los Programas de Fomento a toda la cadena productiva con financiamiento sectorial
	Comerciantes no cuentan con capital de trabajo necesario para enfrentar el cambio de regulación.	Mercado constituido mayoritariamente por pequeños comerciantes con bajos niveles de capitalización.	Externo / Económico	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	Se cuenta con antecedentes que indican que el mercado está constituido en su mayoría por pequeños comerciantes. Se observa alta informalidad del mercado.	Fortalecimiento de los Programas de Fomento a toda la cadena productiva con financiamiento sectorial. Promover la formalización del mercado.
	Falta de infraestructura asociada al proceso de secado de leña.	Altos costos de inversión asociados	Externo / Económico	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	Se cuenta con antecedentes que indican que el mercado está constituido en su mayoría por pequeños comerciantes. Se observa alta informalidad del mercado.	Fortalecimiento de los Programas de Fomento a toda la cadena productiva con financiamiento sectorial. Promover la asociatividad entre pequeños productores.
	Comerciantes no dispuestos a cambiar prácticas de comercialización.	Percepción de pérdida de rentabilidad. Falta de capacitación.	Externo / Proceso	PROBABLE (4)	ALTO (4)	EXTREMO (16)	Situación se proyecta en el tiempo debido a que circula en el que se desvuelve el comerciante es altamente informal.	Fortalecer los canales de difusión y capacitación de comerciantes.
Uso de leña seca	Usuarios no interesados en cambiar malas prácticas de uso asociadas a la leña.	Costumbre. Percepción errada respecto a la eficiencia del producto. Mayor costo de la leña seca	Externo / Social	PROBABLE (4)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (20)	Arraigo a ciertos mitos asociados al uso de leña húmeda, como duración, menor riesgo. Pero en Temuco y Padre Las Casas se ha avanzado en la concientización.	Fortalecer los canales de difusión. Evidenciar ventajas de uso eficiente de la leña. Promover programas de educación en la ciudadanía.
	Viviendas no cuentan con infraestructura necesaria para mantención de calidad de la leña.	Espacios disponibles en las viviendas. Falta de capacitación	Externo / Social	MODERADO (3)	ALTO (4)	EXTREMO (12)	Probabilidad moderada por cuanto existe costumbre asociada al uso de leña.	Fortalecer los canales de difusión. Evidenciar ventajas de uso eficiente de la leña. Promover programas de educación en la ciudadanía.
	Stock de leña seca es insuficiente para cubrir la demanda asociada a la medida.	Infraestructura de secado insuficiente. Falta de capital de trabajo	Externa / Económica	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	Asociado a la implementación de una regulación que no considera las condiciones del mercado.	Fortalecer los canales de difusión y diversificar el público objetivo. Promover la compra anticipada de leña.

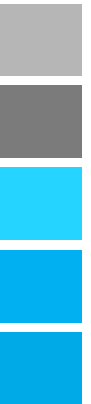
MEDIDA	RIESGO	CAUSAS	FUENTE / TIPO	EVALUACIÓN*			JUSTIFICACIÓN	RECOMENDACIONES
				PROB	IMP	SEV		
<b>RIESGOS INTERNOS</b>								
Comercialización de "leña seca" en la zona saturada.	Mecanismo ineficiente de fiscalización para la cadena de comercialización de leña.	Falta de presupuesto de la organización. Falta de articulación de diferentes actores involucrados	Interno / Proceso	CASI CERTEZA (5)	ALTO (4)	EXTREMO (20)	Evidencia observada PDA MP10 (desde 2010)	Asignación presupuestaria acorde al alcance de la medida. Fortalecimiento y articulación para fiscalizar con todos los actores relevantes mediante mesas de trabajo.
Uso de leña seca	Falta de orientación y/o acceso a la información de puntos de venta de leña seca.	No existe un mecanismo establecido para la difusión	Interno / Proceso	IMPROBABLE (2)	MEDIO (3)	MODERADO (6)	Improbable en esta zona por cuanto existe un mecanismo de control y difusión coordinado entre SEREMI de Medio Ambiente y SERNAC.	Fortalecer los canales de difusión y diversificar el público objetivo y aumentar el rango de fiscalización de puntos de venta de leña seca.
	Mecanismo ineficiente de fiscalización de la correcta adopción de la medida en las viviendas.	Falta de presupuesto de la organización.	Interno / Proceso	CASI CERTEZA (5)	ALTO (4)	EXTREMO (20)	Evidencia observada PDA MP10 (desde 2010)	Asignación presupuestaria acorde al alcance de la medida. Fortalecimiento y articulación para fiscalizar con todos los actores relevantes mediante mesas de trabajo.
Programas de Apoyo a la Producción y Comercialización de Leña Seca	Recursos destinados a la ejecución de la medida insuficientes en los plazos requeridos.	Cambio en las prioridades del Gobierno.	Interna / Económico	CASI CERTEZA (5)	MUY ALTO (5)	EXTREMO (25)	Existe evidencia de que los actuales presupuestos no generan gran aporte a los requerimientos asociados a la medida.	Procurar financiamiento sectorial acorde a los requerimientos de leña seca asociados al Plan.
	Asignación de recursos no genere el resultado esperado.	Falta de seguimiento de los beneficiarios durante la ejecución. Gasto de recursos en aspectos no relacionados con aumento de la oferta de leña seca.	Interna / Proceso	MODERADO (3)	ALTO (4)	EXTREMO (12)	Justificado en la falta de capacidad de seguimiento posterior a la entrega de recursos.	Focalizar la asignación de recursos en los aspectos que contribuyan al aumento de la leña seca.

\* **PROB:** Probabilidad de ocurrencia - **IMP:** Impacto - **SEV:** Severidad

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de riesgos del PDA de Temuco y Padre Las Casas, enfocado a los compromisos pendientes y metas propuestas en el periodo de ejecución, da cuenta de que el sector que presenta mayores puntos críticos corresponde al de Mejoramiento de la Calidad de la Leña, por cuanto casi todos los riesgos identificados se encuentran en nivel extremo, con una alta probabilidad de ocurrencia y un impacto muy alto considerando que, si se materializa, se pone en riesgo el cumplimiento de la medida. De acuerdo a los antecedentes, dicho sector, es el que presenta menor flexibilidad para adaptarse a los nuevos requerimientos, por corresponder a un mercado mayoritariamente informal y escasamente regulado. En relación al sector de Mejoramiento Térmico de Viviendas, los puntos críticos, corresponden a la falta de mano de obra calificada para ejecutar las obras de mejoramiento con los estándares requeridos y a la capacidad de fiscalización insuficiente que asegure los estándares establecidos por la medida.

Respecto al Mejoramiento de Calefactores, la medida del Programa de Recambio de Calefactores presenta puntos críticos, con riesgos identificados como "recursos destinados a la ejecución de los subsidios insuficientes en los plazos requeridos" calificado como el más crítico, y un probable desinterés de adopción de nuevas tecnologías de calefacción distintas a leña, por causas como quiebre de stock en la provisión de pellet.



## 7.6 ACTIVIDAD 5). RECOMENDAR ESTRATEGIAS DE LARGO PLAZO

En el desarrollo del presente estudio, tanto en las actividades de verificación de implementación de medidas, luego en las actividades de evaluación del impacto y cumplimiento de metas asociadas a la reducción de emisiones, y finalmente, en la priorización de líneas de acción, se ha dejado de manifiesto que el actual PDA no ha estado exento de situaciones que han mermado la oportuna implementación y lograr los compromisos de descontaminación asumidos. En efecto, según la evidencia mostrada, la tasa de implementación de medidas fue más lenta durante los primeros años de implementación del PDA, especialmente en las medidas que requerían de productos o servicios más desarrollados, como es el caso del mejoramiento térmico de viviendas, recambio de calefactores y disponibilidad para uso de leña seca. Hoy, mirando en retrospectiva, quizá no eran situaciones muy bien resueltas cuando recién se implementaba el PDA (oferta de calefactores, leña seca, mano de obra calificada en el sector inmobiliario, etc.), que literalmente afectarían la oportuna implementación de medidas, atentando con el cumplimiento de los objetivos de descontaminación.

Por otra parte, según el análisis de factores de riesgo presentado en el punto anterior, se identifica que las líneas de acción con mayor riesgo para la implementación oportuna, correspondería al Mejoramiento de la Calidad de la Leña. En efecto, mediante valoraciones cruzadas en una matriz de riesgo se logró establecer que las medidas asociadas a este sector concentraban los riesgos con mayor severidad, obteniendo el 90% la valoración de riesgo extremo, seguido, en segundo y tercer lugar, aunque muy por debajo, la línea mejoramiento de la calidad de los artefactos, con un 40%, y la línea de mejoramiento térmico de viviendas, con un 33%, en la categoría extremo, respectivamente (Figura 57).

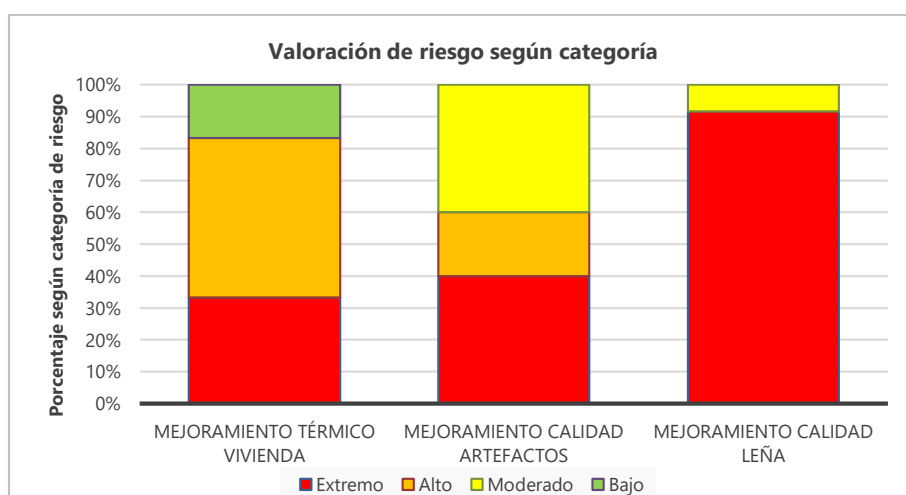
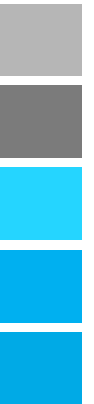


Figura 57. Valoración de factores de riesgo según sectores regulados.

Fuente: elaboración propia

A partir de lo anterior, y considerando la actualización del PDA, es de suma relevancia poder establecer las estrategias que permitan garantizar el logro de las metas de reducción de emisiones fijados para el horizonte de implementación del PDA, y junto con ello, alcanzar los niveles de calidad del aire que permitan a las comunas de Temuco y Padre Las Casas salir de la condición de saturación. A continuación, se hace una mención preliminar respecto de estrategias que deben ser consideradas en el mediano y largo plazo:

- Establecer mecanismos para fortalecer de manera real la oferta de leña seca en la zona saturada de Temuco y Padre Las Casas, con indicadores efectivos para el seguimiento y oportuna toma de decisiones.
- Garantizar partidas presupuestarias trianuales o quinquenales requeridas para la implementación oportuna de las medidas y/o líneas prioritarias.
- Desarrollar estudios o auditorias de seguimiento más periódicas, para evaluar oportunamente el nivel de cumplimiento en la implementación de medidas y del cumplimiento de metas de reducción de emisiones.



## 8 CONCLUSIONES

### Respecto a la evaluación del estado de avance del PDA y su impacto en emisiones

- i) El presente estudio evaluó el estado de implementación del actual PDA para el periodo 2016-2019, considerando que la fecha de inicio del Plan es a fines del año 2015. En este periodo se determinó el estado de cumplimiento de las medidas según institución responsable. Considerando el plazo de implementación del PDA, fue posible observar que al año 2019 el 94% de las medidas ha entrado en ejecución, como porcentaje acumulado, quedando solo 6 medidas asignadas entre los años 2020 y 2023.

En la ejecución del PDA participan 16 instituciones responsables de medidas según su ámbito de competencia, las que en general, cumplen con las actividades en términos de planificación, ejecución y reporte de cumplimiento.

Se observó que los indicadores de cumplimiento definidos por las reparticiones responsables de la ejecución del PDA no siempre obedecen a las metas de descontaminación propuestas en Plan. Tales indicadores están ajustados a las capacidades y recursos disponibles en cada institución. De esta manera, es muy improbable que no sean cumplidos. Lo mismo ocurre con la fiscalización. Las campañas correspondientes son diseñadas sin aplicar criterios estadísticos y no existen estudios de su impacto en la conducta de la población.

Por otra parte, se observa que existe escaso análisis del resultado de la ejecución de medidas. Esto ocurre en medidas de prohibición, en donde los resultados de las fiscalizaciones no se encuentran sistematizados, ni son analizados para poder focalizar esfuerzos. O en medidas de fomento con aporte de recursos en donde no se realiza un seguimiento efectivo que permita determinar el impacto de la medida en el objetivo de reducir emisiones.

De la ejecución de medidas estructurales, el sector regulado mejoramiento de artefactos es el que presenta un mayor grado de atraso en su implementación, específicamente en lo relacionado con el Programa de Recambio de Calefactores, el que al año 2019 lleva solo un 33% de la meta, esperándose a ese año al menos un 80%. El atraso en la implementación obedece principalmente a razones presupuestarias.

Dentro de las medidas que se encuentran en incumplimiento al año 2019, la más relevante corresponde a la indicada en el artículo 71, "Desarrollo de un programa de trabajo en educación Formal", en donde no se presentan avances por parte de la institución a cargo.

El análisis permite concluir que existe, en general, una correcta ejecución administrativa del PDA, en términos de ejecución de medidas según los plazos determinados, sin embargo, lo que requiere de mejoras sustantivas es el seguimiento, fiscalización y análisis de la ejecución de estas medidas.

- ii) Respecto al impacto en las emisiones, el sector combustión residencial, a partir de sus ejes estructurales, mejoramiento térmico de viviendas, recambio de calefactores y mejoramiento de la calidad de la leña, se constituye por lejos, como el sector de mayor relevancia en la reducción de emisiones de MP2,5, producto de la implementación del PDA, siendo responsable 93,8% de las emisiones de MP2,5 reducidas. Luego, al interior del sector residencial, las medidas de mayor impacto en esta reducción de emisiones de MP2,5 son el programa de recambio de calefactores (28,9%), la educación ambiental asociada a las mejores prácticas de operación de los calefactores a leña (20,5%), la mayor penetración asociada al uso de leña seca (19,5%) y, por último, al subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes (11,0%).

En las comunas de Temuco y Padre Las Casas, el sector residencial es el único que tiene incidencia significativa en la generación de emisiones de MP2,5, con el 88,9% al año 2019, y que, en atención a las características que lo definen, es el único sector que tiene real potencial para contribuir a la disminución que permita alcanzar las metas de reducción requeridas en el PDA, por lo que las líneas de acción asociadas a la actualización del PDA deben concentrarse, necesariamente, en este sector. Luego, deben priorizarse medidas referidas al programa de recambio de calefactores y educación ambiental, por su impacto directo en la reducción de emisiones, y medidas como el subsidio al mejoramiento térmico de viviendas, y el mejoramiento de la calidad de la leña, que dan un soporte determinante para que las medidas con incidencia directa en la reducción de emisiones, renovación del parque de artefactos, y de buenas prácticas de uso, puedan sostenerse en el tiempo.

- iii) Respecto al presupuesto, la disponibilidad suficiente, oportuna y equilibrada, de los recursos asignados a la implementación del PDA de Temuco y Padre Las Casas es determinante para alcanzar con éxito las metas de reducción de emisiones de MP2,5. En efecto, se ha identificado que basta no se cumpla a cabalidad solo una de estas condiciones para poner en riesgo la consecución de objetivos fijados, así, por ejemplo, la escases de recursos condicionó el avance oportuno en la implementación del programa de recambio de calefactores. Por otra parte, el desequilibrio en la asignación de recursos, observado en el financiamiento de medidas de bajo impacto (sector transporte), en desmedro de otras de mayor potencial de reducción de

emisiones que no fueron debidamente atendidas o fortalecidas (educación, oferta de leña seca). Es apremiante que en la actualización del PDA se incluya un programa presupuestario que cumpla estas condiciones, con un mecanismo que asegure su correcta ejecución año a año, cuando menos, para las líneas o medidas prioritarias.

Debe evaluarse si es pertinente distraer recursos en la implementación y fiscalización de medidas destinadas a controlar fuentes diferentes a la combustión residencial de leña, ya que si bien es efectivo que se debe prevenir que fuentes móviles y fuentes puntuales sean un problema en el futuro, proyectando las tendencias observadas en estos sectores, se prevé que es poco probable que se conviertan en fuentes relevantes de material particulado.

### Respecto a la evolución de la calidad del aire

- i) A través del análisis de la calidad del aire en las 3 estaciones de monitoreo en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, fue posible determinar el cumplimiento normativo respecto a MP10 y MP2,5. Se aprecia que la peor condición para ambos contaminantes se encuentra en la Estación Padre Las Casas, en donde se observa una tendencia al aumento de las concentraciones entre el periodo 2014-2019. Mientras que en Las Encinas y Museo Ferroviario la tendencia es a la disminución. No obstante, para el año 2019 se observan las menores concentraciones en las 3 estaciones monitoras.
- ii) Respecto al cumplimiento normativo, el contaminante MP10 se encuentra bajo la norma diaria y anual en las estaciones Las Encinas y Museo Ferroviario. Mientras que, en la estación Padre Las Casas los niveles se encuentran sobre norma para los niveles diarios (P98) y niveles anuales (promedio trianual). En relación al contaminante MP2,5 la norma diaria (P98 = 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se encuentra sobre el límite en las 3 estaciones. Mientras que para la norma anual (promedio trianual = 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se encuentra sobre el nivel máximo en la estación Las Encinas y Padre Las Casas. Museo ferroviario no cuenta con el número de datos exigido para comprobar esta norma.
- iii) El análisis de las correlaciones entre meteorología y calidad del aire permite observar que el año 2019 en donde se encuentran las menores concentraciones de MP2,5, las condiciones meteorológicas fueron desfavorables para la calidad del aire, registrándose menores velocidades de viento y menores precipitaciones que otros años, lo que debería propiciar peores condiciones de ventilación y por lo tanto, peores índices de calidad del aire. Se observó precisamente lo contrario, por lo que se podría establecer un factor distinto al meteorológico que incide en

los mejores índices de calidad del aire, atribuyéndose a la implementación del PDA.

- iv) Con el análisis anterior, se concluye que el PDA tiene un efecto sobre la reducción de las concentraciones de MP10 y MP2,5 en todas las estaciones de monitoreo de la zona saturada.

### **Respecto a la propuesta de líneas de acción y priorización de medidas**

- i) Se ha determinado, sin lugar a dudas, que es necesaria una actualización del PDA de Temuco y Padre Las Casas. El retraso que se arrastra en la implementación de medidas determinantes hace imposible que, en el horizonte de ejecución establecido inicialmente (año 2025), se puedan cumplir las metas de reducción de emisiones requeridas. Es necesario, ampliar el horizonte de ejecución, focalizar líneas de acción en el sector residencial, y redefinir metas de implementación de medidas, ampliando el alcance y/o metas del programa de recambio de calefactores y de subsidios de mejoramiento térmico de viviendas existentes, además de una fuerte componente en educación ambiental.
- ii) En términos generales, la evaluación técnica arroja los siguientes resultados:
  - El diagnóstico del problema (contaminación atmosférica por MP2,5), en cuanto a sus causas y efectos, está muy bien hecho, y la consiguiente identificación de las líneas estructurales y el diseño de medidas es acertada, sin embargo, se deben introducir cambios que las hagan más eficientes y más efectivas, potenciando la sinergia entre medidas.
  - Respecto de las medidas estructurales asociadas al sector residencial, donde se concentra la mayor reducción de emisiones de MP2,5, esto es, el programa de recambio de calefactores a leña, el subsidio de mejoramiento térmico de viviendas existentes, y la mayor penetración en el uso de leña seca, es en esta última donde se observa una mayor debilidad en diseño, ya que, si bien tiene un gran potencial de reducción de emisiones, no se han definido adecuadamente los mecanismos que permitan garantizar su oportuna implementación.
  - Según lo indicado, la línea de mejoramiento de la calidad de la leña requiere un rediseño, que permita generar las condiciones para que los usuarios finales puedan adoptar oportunamente, aquellos que no migrarán a otras alternativas de calefacción, que continuarán usando leña, y que, por cierto, continuarán siendo la mayor fracción. El rediseño debe reflejar una política de estado clara que oriente el trabajo de todas las carteras de gobierno que tienen competencias en la materia. Actualmente, el diseño de medidas para este sector, y su implementación, no se

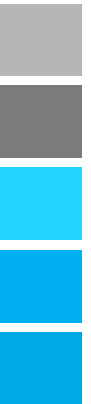
encuentran del todo alineadas con la gestión entre los ministerios de energía y de agricultura (INFOR-CONAF).

- El Programa de Difusión y Educación del PDA es insuficiente en su alcance. El Ministerio del Medio Ambiente se compromete a desarrollar anualmente este programa, elaborando una estrategia que incluya campañas públicas. Sin embargo, es claro que la extensión y profundidad de este trabajo dependerá de los recursos asignados. La información analizada y los resultados de descontaminación muestran que tales recursos asignados son insuficientes.

iii) Respecto a factores de riesgo y estrategias de largo plazo, se identificó que las líneas de acción con mayor riesgo para la implementación oportuna del PDA, correspondería al Mejoramiento de la Calidad de la Leña. En efecto, mediante valoraciones cruzadas en una matriz de riesgo se logró establecer que las medidas asociadas a este sector concentraban los riesgos con mayor severidad, obteniendo el 90% la valoración de riesgo extremo, seguido, en segundo y tercer lugar, aunque muy por debajo, la línea mejoramiento de la calidad de los artefactos, con un 40%, y la línea de mejoramiento térmico de viviendas, con un 33%, en la categoría extremo, respectivamente. Las causas que desencadenan esta valoración se vinculan, principalmente, a disponibilidad de recursos.

Se recomienda establecer estrategias para minimizar riesgos de implementación de medidas, que incluyan, entre otros:

- Mecanismos para fortalecer de manera real la oferta de leña seca en la zona saturada de Temuco y Padre Las Casas, con indicadores efectivos para el seguimiento y oportuna toma de decisiones.
- Garantizar partidas presupuestarias trianuales o quinquenales requeridas para la implementación oportuna de las medidas y/o líneas prioritarias.
- Desarrollar estudios o auditorias de seguimiento más periódicas, para evaluar y corregir oportunamente el nivel de cumplimiento en la implementación de medidas y del cumplimiento de metas de reducción de emisiones.



---

## **9 ANEXOS DIGITALES**

**9.1 ANEXO 1. BASE DE DATOS ESTADO IMPLEMENTACIÓN MEDIDAS PDA**

**9.2 ANEXO 2. ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN MEDIDAS PDA**

**9.3 ANEXO 3. ANÁLISIS DE RECURSOS**

**9.4 ANEXO 3. ANÁLISIS DE RECURSOS**

**9.5 ANEXO 4.1. MONITOREO RESULTADOS\_MP2,5**

**9.6 ANEXO 4.2. MONITOREO RESULTADOS\_MP10**

**9.7 ANEXO 5. FICHAS SERVICIOS**

**9.8 ANEXO 6. REDUCCIÓN EMISIONES GEC**

