GreenLabUC
Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.

GreenLabUC
Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A.

Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2.5 de Temuco y Padre Las Casas

Estudio solicitado por la
Subsecretaria de Medio Ambiente

INFORME FINAL

Santiago, 26 de Noviembre de 2013

Equipo de Trabajo

Luis Abdón Cifuentes Lira
lac@ing.puc.cl

Camila Cabrera
ccabrera@greenlabuc.cl

NicolásBorchersArriagada
nicolasborchers@greenlabuc.cl

Rodrigo Dittborn Cabello
rodrigodittborn@greenlabuc.cl

Tabla de Contenidos

TABLA DE CONTENIDOS **3**

LISTA DE TABLAS **6**

LISTA DE FIGURAS **13**

1. RESUMEN EJECUTIVO **15**

2. ANTECEDENTES **39**

2.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MP2.5 EN TEMUCO Y PADRE LAS CASAS 40
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A ABORDAR Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO 42

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO **44**

3.1 OBJETIVO GENERAL 44
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 44

4. METODOLOGÍA GENERAL DE EVALUACIÓN **45**

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA ANÁLISIS COSTO BENEFICIO 45
4.2 ALCANCE DE LA EVALUACIÓN 46
4.3 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS ASOCIADOS A LA SALUD PRODUCTO DE LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA 47
4.3.1 Cuantificación de Impactos a la Salud *47*
4.3.2 Valorización de los Efectos en la Salud *50*
4.4 PARÁMETROS GENERALES UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN 51

5. ESTABLECIMIENTO DE META DE REDUCCIÓN DE EMISIONES **58**

5.1 ANÁLISIS DE INVENTARIO 59
5.2 PROYECCIÓN DE LÍNEA BASE DE EMISIONES 60
5.2.1 Fuentes Puntuales *64*
5.2.2 Fuentes Areales *65*
5.2.3 Fuentes Móviles *76*
5.2.4 Fuentes Fugitivas *78*
5.2.5 Línea Base de Emisiones Agregada *80*
5.3 DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE $MP_{2,5}$ 81
5.3.1 FEC - Concentración Anual $MP_{2.5}$ *82*
5.3.1 FEC - Concentración Diaria $MP_{2.5}$ *83*
5.3.2 Línea base de concentraciones de $MP_{2,5}$ *85*
5.4 META DE REDUCCIÓN DE EMISIONES SEGÚN ESCENARIOS 86

6. IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE ABATIMIENTO DE POTENCIAL APLICACIÓN **89**

6.1 REVISIÓN DE DOCUMENTOS 90
6.1.1 Listado de Medidas entregado por SEREMI Medio Ambiente, Región de la Araucanía *90*
6.1.2 Revisión Bibliográfica Nacional *93*
6.1.3 Revisión Bibliográfica Internacional *101*

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE - CIUDAD DE CHRISTCHURCH **109**

6.2 LISTADO PRELIMINAR DE MEDIDAS A EVALUAR 113

7. LISTADO FINAL DE MEDIDAS A EVALUAR **117**

8. EVALUACIÓN DETALLADA DE MEDIDAS **128**

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.1 DESCRIPCIÓN METODOLOGÍA GENERAL DE EVALUACIÓN DE MEDIDAS 128
8.2 DESCRIPCIÓN DE SUPUESTOS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN SEGÚN MEDIDA 133
8.2.2 M2: Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción (Gas y Pellets).... 137
8.2.3 M3: Recambio de Equipos a Leña..... 140
8.2.4 M4: Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión 143
8.2.5 M5: Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes) 145
8.2.6 M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda..... 148
8.2.7 M7: Instalación de Filtros Catalizadores en Calefactores..... 151
8.2.8 M8: Recambio de Cocinas a Leña..... 154
8.2.9 M9: Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC 157
8.2.10 M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas 159
8.2.11 M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño 162
8.2.12 Supuestos generales en la evaluación de las medidas de Aislación Térmica 164
8.2.13 M16: Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas 204
8.2.14 M17: No permitir Humos visibles 211
8.2.15 M18: Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA 212
8.2.16 M19: Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación 213
8.2.17 M20: Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla normativa según zonas y tipo de episodio. 215
8.2.18 M21: Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo 220
8.3 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL MÁXIMO DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE MP2,5 SEGÚN MEDIDA 221
8.3.1 M1: Utilización de Leña Seca..... 222
8.3.2 M2: Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción 222
8.3.3 M3: Recambio de Equipos a Leña..... 223
8.3.4 M4: Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión 224
8.3.5 M5: Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes) 224
8.3.6 M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda..... 225
8.3.7 M7: Instalación de Filtros Catalizadores en Calefactores..... 226
8.3.8 M8: Recambio de Cocinas a Leña..... 226
8.3.9 M9: Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC 227
8.3.10 M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas 227
8.3.11 M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño 227
8.3.12 M12: Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF 229
8.3.13 M13: Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF 230
8.3.14 M14: Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas 232
8.3.15 M15: Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora) 233
8.3.16 M16: Establecer un límite de emisión unitario en kg/año para cada vivienda nueva construida en la ciudad de Temuco..... 233
8.3.17 M17: No permitir Humos visibles 234
8.3.18 M18: Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA 235
8.3.19 M19: Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación 235
8.3.20 M20: Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio..... 235
8.3.21 M21: Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo 236
8.3.22 Resumen de Resultados Penetración Máxima 236
8.4 MEDIDAS EVALUADAS INDEPENDIENTEMENTE SEGÚN ESCENARIOS 238
8.4.1 Escenarios de evaluación considerados..... 239
8.4.2 Resultados 244
8.5 ANÁLISIS DE IMPACTOS SOCIALES 269
8.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD JURÍDICA DE LAS MEDIDAS 272

8.7 SET DE MEDIDAS EVALUADAS CON SINERGIAS 278
8.7.1 Selección de "Paquetes" de Medidas 278
8.7.2 Resultados 281

9. CONCLUSIONES 288

10. ANEXOS 295

10.1 PROPUESTA DE MEDIDAS A EVALUAR ENTREGADO POR LA SEREMI DE MEDIO AMBIENTE DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA 295
10.2 LISTADO AMPLIADO DE MEDIDAS 305
10.3 JUSTIFICACIÓN DE NO EVALUACIÓN MEDIDAS ESPECIFICAS 308
10.4 TASA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA CADA MEDIDA INDEPENDIENTE 310
10.4.1 Reducción Anual 310
10.4.2 Reducción Diaria 313
10.5 TASA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DIARIAS PARA CADA MEDIDA SEGÚN PAQUETE RECOMENDADO (PAQUETE DE MEDIDAS 2) 316
10.6 FACTIBILIDAD JURÍDICA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS EVALUADAS 319
10.6.1 ASPECTOS GENERALES DE LA FISCALIZACIÓN DE LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE 319
10.6.2 LEÑA/OTROS COMBUSTIBLES. 326
10.6.3 EQUIPOS/ARTEFACTOS/COCINAS 337
10.6.4 AISLACIÓN TÉRMICA 359
10.6.5 EMISIONES DE VIVIENDAS Y PROYECTOS INMOBILIARIOS. 369
10.7 REPORTES REUNIONES REALIZADAS 387
10.7.1 Reuniones de Coordinación 387
10.7.2 Reuniones con Actores Claves 400
10.7.3 Jornadas de Trabajo 404

11. REFERENCIAS 407

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Lista de Tablas

Tabla 1-1 Factor Emisión Concentración – Concentración Diaria 18
Tabla 1-2 Meta de reducción de concentraciones según escenario 20
Tabla 1-3 Medidas a Evaluar que poseen Reducción de Emisiones Directas de MP2,5 22
Tabla 1-4 Instrumentos Económicos que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones .. 28
Tabla 1-5 Programas Complementarios que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones 29
Tabla 1-6Reducción % de Emisión de $MP_{2,5}$ vs Emisiones Totales MP2.5 – Escenario Agresivo, Esperado, Pasivo 30
Tabla 1-7 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Esperado – Periodo 2015 - 2025 32
Tabla 1-8 Medidas incluidas dentro del Paquete 2 – Recomendado para su inclusión en el Plan de Descontaminación de MP2.5 para la zona de Temuco y Padre las Casas 36
Tabla 2-1Límites de la norma de calidad primaria para MP2.5 40
Tabla 2-2 Percentil 98 de concentraciones diarias de MP2,5. Estación Las Encinas y Museo Ferroviario 41
Tabla 4-1Alcancesde la Evaluación 47
Tabla 4-2Coeficientes de riesgo unitario utilizados- $MP_{2,5}$ 49
Tabla 4-3 Tasas de Incidencia Base para la Cuantificación de Impactos en la Salud – Comuna de Temuco 49
Tabla 4-4 Tasas de Incidencia Base para la Cuantificación de Impactos en la Salud – Comuna de Padre las Casas 49
Tabla 4-5 Valores utilizados en la valorización de los efectos en salud considerados (UF/caso) 50
Tabla 5-1 Descripción de Escenarios de Meta de Reducción de Emisiones 58
Tabla 5-2 Inventario de Emisiones en Temuco y Padre las Casas – Año Base 2009 (ton/año) 59
Tabla 5-3Categorías fuentes puntuales consideradas en el inventario 64
Tabla 5-4 Emisiones Fuentes Puntuales – Año 2009 (ton/año) 64
Tabla 5-5 Categorías fuentes areales consideradas en el inventario 66
Tabla 5-6 Emisiones Línea Base para Quemas Agrícolas (ton/año) 76
Tabla 5-7 Categorías Vehiculares Evaluadas 76
Tabla 5-8 Emisiones Fuentes Móviles en Ruta – Año 2009 (ton/año) 77
Tabla 5-9Emisiones del Aeropuerto Maquehue Año Base 2007 (Ton/año). 77
Tabla 5-10 Factor Emisión Concentración – Concentración Anual 82
Tabla 5-11 Distribución de Emisiones Sector Residencial según Mes 84
Tabla 5-12 Factor Emisión Concentración – Concentración Diaria 84
Tabla 5-13 Meta de reducción de concentraciones según escenario 86
Tabla 6-1Medidas contenidas en el PDA de MP10 de Temuco y Padre las Casas 90
Tabla 6-2Listado de Medidas a evaluar propuesto por SEREMI de Medio Ambiente IX Región 92
Tabla 6-3 Planes de Descontaminación y Prevención Ambiental establecidos en Chile 94
Tabla 6-4 Medidas de Abatimiento de Emisiones evaluadas para el PPDA de la Región Metropolitana 95
Tabla 6-5 Medidas de Abatimiento de Emisiones evaluadas para el PPA de Concepción Metropolitano 97
Tabla 6-6 Medidas de Abatimiento de Emisiones evaluadas para el PDA del Valle Central de la VI Región ... 97
Tabla 6-7Listado de medidas generadas en taller realizado – Temuco 2012 98
Tabla 6-8 Iniciativas Plan de Gestión de Calidad de Aire Perth, Australia 103
Tabla 6-9 Medidas Planes de Gestión de Calidad del Aire en Italia 106
Tabla 6-10Listado preliminar de medidas a evaluar detalladamente por el presente estudio – Sector Residencial, Comercial y Público 114
Tabla 6-11Listado preliminar de medidas a evaluar detalladamente por el presente estudio – Otros Sectores 115
Tabla 7-1 Distribución de Medidas a Evaluar según Clasificación de Reducción de Emisiones (Directa o Indirecta) 118
Tabla 7-2 Medidas a Evaluar que poseen Reducción de Emisiones Directas de MP2,5 120

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 7-3 Instrumentos Económicos que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones 126
Tabla 7-4 Programas Complementarios que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones 126
Tabla 8-1 Metodología general de evaluación de Reducción de Emisiones y Costos para las Medidas a Evaluar 129
Tabla 8-2: Porcentaje de humedad de la leña según tipo 134
Tabla 8-3: Factor multiplicativo del FE según humedad de la leña 134
Tabla 8-4: Distribución de la humedad de la leña - Base 134
Tabla 8-5:Distribución de la humedad de la leña - Pasivo 134
Tabla 8-6:Distribución de la humedad de la leña - Esperado 135
Tabla 8-7:Distribución de la humedad de la leña - Agresivo 135
Tabla 8-8: Poder calorífico de la leña según humedad 135
Tabla 8-9: Costos administración – M1 136
Tabla 8-10: Análisis Unitario – M1 137
Tabla 8-11: Comparación entre la leña y energéticos de reemplazo 138
Tabla 8-12: Comparación entre costos de inversión de la leña y energéticos de reemplazo 138
Tabla 8-13: Comparación de precios entre la leña y energéticos de reemplazo 138
Tabla 8-14: Costos administración – M2 139
Tabla 8-15: Análisis Unitario – M2 - GNL 139
Tabla 8-16: Análisis Unitario – M2 - Pellets 140
Tabla 8-17: Recambio Equipos – Comparación equipos 140
Tabla 8-18: Recambio Equipos – Precio equipos entrantes 141
Tabla 8-19: Recambio de Equipos – Precio combustibles 142
Tabla 8-20: Costos administración – M3 142
Tabla 8-21: Análisis Unitario – M3 142
Tabla 8-22: Prohibición Gradual – Comparación equipos 143
Tabla 8-23: Costos administración – M4 144
Tabla 8-24: Análisis Unitario – M4 145
Tabla 8-25: Prohibición Leña según tamaño vivienda – Equipos Salen 145
Tabla 8-26: Prohibición Leña según tamaño vivienda – Equipos Entran 145
Tabla 8-27: Distribución de equipos según tamaño de vivienda 146
Tabla 8-28: Prohibición leña según tamaño vivienda – Costo equipos 146
Tabla 8-29: Prohibición leña según tamaño vivienda – Precio combustibles 147
Tabla 8-30: Prohibición leña según tamaño vivienda – Poder calorífico 147
Tabla 8-31: Costos administración – M5 147
Tabla 8-32: Análisis Unitario – M5 148
Tabla 8-33: Prohibición tenencia más de 1 artefacto – Equipos Salen 148
Tabla 8-34: Prohibición tenencia más de 1 artefacto – Equipos Entran 148
Tabla 8-35: Prohibición tenencia más de un equipo a leña – Costo equipos 149
Tabla 8-36: Prohibición tenencia de más de un equipo a leña – Precio combustibles 150
Tabla 8-37: Prohibición tenencia de más de un equipo a leña – Poder calorífico 150
Tabla 8-38: Costos administración – M6 150
Tabla 8-39: Análisis Unitario – M6 151
Tabla 8-40Eficiencia de Reducción de Emisiones Filtros Catalíticos 152
Tabla 8-41: Recambio de cocinas – comparación equipos 155
Tabla 8-42: Recambio cocinas – Precio combustibles 155
Tabla 8-43: Recambio Cocinas – Poder calorífico 156
Tabla 8-44: Costos administración – M8 156
Tabla 8-45: Análisis Unitario – M8 156
Tabla 8-46: Prohibición de cocinas – comparación equipos 157
Tabla 8-47: Prohibición cocinas – Precios equipos 158
Tabla 8-48: Prohibición cocinas – Precio combustibles 158

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-49: Prohibición Cocinas – Poder calorífico 158
Tabla 8-50:Costos administración – M9 158
Tabla 8-51: Análisis Unitario – M9..... 159
Tabla 8-52: Prohibición artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas - tecnologías de reemplazo 160
Tabla 8-53: Recambio de cocinas – comparación equipos 160
Tabla 8-54: Prohibición leña viviendas nuevas – Precios equipos..... 160
Tabla 8-55: Prohibición leña viviendas nuevas – Precio combustibles..... 161
Tabla 8-56: Costos administración – M10 161
Tabla 8-57: Análisis Unitario – M10..... 162
Tabla 8-58: Recambio de cocinas – comparación equipos 162
Tabla 8-59: Prohibición leña viviendas nuevas según tamaño – Precios equipos 162
Tabla 8-60: Prohibición leña viviendas nuevas según tamaño – Poder calorífico 163
Tabla 8-61: Prohibición leña viviendas nuevas según tamaño – Precio combustibles 163
Tabla 8-62: Costos administración – M11 163
Tabla 8-63: Análisis Unitario – M10..... 164
Tabla 8-64 Metraje total y descripción básica de las tipologías consideradas 165
Tabla 8-65 Superficie de las Envolventes según tipologías consideradas 165
Tabla 8-66 Volumen de las viviendas según tipología 165
Tabla 8-67 Distribución de viviendas en la zona de Temuco y Padre las Casas según tipologías consideradas 166
Tabla 8-68 Transmitancia térmica (W/m^2-K) según Tipología y Año de construcción de la Vivienda para la Zona de Temuco y Padre las Casas 166
Tabla 8-69 Curva Costos – A [UF/m2]..... 167
Tabla 8-70 Curva Costos – B [W/m2-K]$^{-1}$ 168
Tabla 8-71: Costo unitario de sellado de infiltraciones 168
Tabla 8-72Costos administración – M12 169
Tabla 8-73 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K)y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5) 170
Tabla 8-74Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 170
Tabla 8-75Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 171
Tabla 8-76Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 171
Tabla 8-77Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 171
Tabla 8-78 Análisis Unitario M12A – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5 172
Tabla 8-79 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K)y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5 + Mayor Aislación en Muros) 173
Tabla 8-80Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 173
Tabla 8-81Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 174
Tabla 8-82Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 174
Tabla 8-83Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 174
Tabla 8-84 Análisis Unitario M12B – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5 con mayor nivel de aislación en muros..... 175
Tabla 8-85 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 6) 175
Tabla 8-86Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 176
Tabla 8-87Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 176
Tabla 8-88Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 176
Tabla 8-89Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 177
Tabla 8-90 Análisis Unitario M12C – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 6 177
Tabla 8-91 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 6 + Nivel de Hermeticidad igual a 1 ACH)..... 178
Tabla 8-92Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 178
Tabla 8-93Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 178

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-94Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 179
Tabla 8-95Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 179
Tabla 8-96 Análisis Unitario M12D – Reacondicionamiento Térmico Calificación Energética C (Zona Térmica 6 + Nivel de Hermeticidad 1ACH) 180
Tabla 8-97 Costos administración – M13 181
Tabla 8-98 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5) 182
Tabla 8-99Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 182
Tabla 8-100Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 182
Tabla 8-101Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 183
Tabla 8-102Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 183
Tabla 8-103 Análisis Unitario M13A – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5 184
Tabla 8-104 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5 + Mayor Aislación en Muros)..... 185
Tabla 8-105Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 186
Tabla 8-106Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 186
Tabla 8-107Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 186
Tabla 8-108Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 187
Tabla 8-109 Análisis Unitario M13B – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5 con mayor nivel de aislación en muros. 187
Tabla 8-110 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5) 188
Tabla 8-111Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 188
Tabla 8-112Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 188
Tabla 8-113Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 189
Tabla 8-114Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 189
Tabla 8-115 Análisis Unitario M13C – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 6 190
Tabla 8-116 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 6 + Nivel de Hermeticidad igual a 1 ACH)..... 190
Tabla 8-117Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)..... 191
Tabla 8-118Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año) 191
Tabla 8-119Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda) 191
Tabla 8-120Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda) 192
Tabla 8-121 Análisis Unitario M13D – Reacondicionamiento Térmico Calificación Energética C (Zona Térmica 6 + Nivel de Hermeticidad 1ACH) 193
Tabla 8-122Costos administración – M14 194
Tabla 8-123 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5 + Mayor Aislación en Muros)..... 195
Tabla 8-124Reducción de la demanda de calor producto de una mayor exigencia en aislación de Muros para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año) 195
Tabla 8-125Inversión producto de una mayor exigencia en aislación de Muros para viviendas nuevas(UF/vivienda)..... 196
Tabla 8-126 Análisis Unitario M14A – Mayor exigencia de aislación en muros. 196
Tabla 8-127 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) según nivel de aislación especifico de la medida; Zona 5, 6, 7 197
Tabla 8-128 Reducción de la demanda de calor producto de una aumentar la exigencia en aislación térmica según Zona Térmica 6 para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año) 197
Tabla 8-129 Reducción de la demanda de calor producto de una aumentar la exigencia en aislación térmica según Zona Térmica 7 para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año) 197
Tabla 8-130Inversión producto de exigir nivel de aislación según Zona Térmica 6 para viviendas nuevas (UF/vivienda) 198
Tabla 8-131Inversión producto de exigir nivel de aislación según Zona Térmica 7 para viviendas nuevas

(UF/vivienda) 198
Tabla 8-132 Análisis Unitario M14B – Mayor exigencia equivalente a exigencia Zona Térmica 6 199
Tabla 8-133 Análisis Unitario M14B – Mayor exigencia equivalente a exigencia Zona Térmica 7 199
Tabla 8-134 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) según nivel de aislación especifico de la medida 200
Tabla 8-135 Reducción de la demanda de calor producto de exigir Calificación Energética C para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año) 200
Tabla 8-136Inversión producto de exigir nivel de aislación equivalente a Calificación Energética C en viviendas nuevas (UF/vivienda) 200
Tabla 8-137 Análisis Unitario M14B – Mayor exigencia equivalente a exigencia asociada a vivienda con Calificación Energética C 201
Tabla 8-138 Reducción de la demanda de calor producto de conseguir un nivel de conseguir un nivel de hermeticidad igual 1 ACH(kWh/vivienda-año) 202
Tabla 8-139: Costo unitario de sellado de infiltraciones 203
Tabla 8-140Costos administración – M15 203
Tabla 8-141: Límite de emisión por vivienda 204
Tabla 8-142: Límite emisión viviendas nuevas - Pasivo 204
Tabla 8-143: Límite emisión viviendas nuevas - Esperado 204
Tabla 8-144: Límite emisión viviendas nuevas - Agresivo 205
Tabla 8-145: Límite Emisiones – Curva Costos – A [UF/m2] 205
Tabla 8-146: Límite Emisiones – Curva Costos – B [W/m2-K]$^{-1}$ 206
Tabla 8-147: Límite Emisiones – Delta U [W/m^2-K] – Zona térmica 6 206
Tabla 8-148: Límite Emisiones – Delta U [W/m^2-K] – Zona térmica 7 206
Tabla 8-149: Límite Emisiones – Inversión Unitaria (UF/m2) 207
Tabla 8-150: Límite Emisiones – Superficie Construida por Tipología 207
Tabla 8-151: Límite Emisiones – Inversión Total (UF/vivienda) 207
Tabla 8-152: Límite Emisiones – Inversión Total (CLP/vivienda) 208
Tabla 8-153: Límite Emisiones – Inversión Equipos 208
Tabla 8-154: Límite Emisiones – Eficiencia Equipos 208
Tabla 8-155: Límite Emisiones – Poder calorífico 208
Tabla 8-156: Límite Emisiones – Precio combustibles 209
Tabla 8-157: Costos administración – M16 210
Tabla 8-158: Análisis Unitario – M16 - Sellado 210
Tabla 8-159: Análisis Unitario – M16 - Todo 210
Tabla 8-160: Factor multiplicativo del FE por mala operación 211
Tabla 8-161: Distribución base de operación de los equipos 211
Tabla 8-162: Costos administración – M17 212
Tabla 8-163: Análisis Unitario – M17 212
Tabla 8-164: Recambio Equipos – Comparación equipos 213
Tabla 8-165: GEC para toda la zona – Precio Energéticos 214
Tabla 8-166: GEC para toda la zona – Poder Calorífico Energéticos 214
Tabla 8-167: Costos administración – M19 215
Tabla 8-168: Análisis Unitario – M19 215
Tabla 8-169: Recambio Equipos – Comparación equipos 216
Tabla 8-170: GEC para toda la zona – Precio Energéticos 217
Tabla 8-171: GEC para toda la zona – Poder Calorífico Energéticos 218
Tabla 8-172: Costos administración – M20 218
Tabla 8-173: Análisis Unitario – M19 - Apaga 219
Tabla 8-174: Análisis Unitario – M20 219
Tabla 8-175: Distribución de cultivos en la zona 220
Tabla 8-176: Factores de emisión y de carga de los cultivos 220
Tabla 8-177:Costos administración – M21 221
Tabla 8-178 Reducción de emisiones M1 – Escenario Penetración Máxima 222

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-179 Reducción de emisiones M2 GNL– Escenario Penetración Máxima 222
Tabla 8-180 Reducción de emisiones M2 Pellets – Escenario Penetración Máxima 223
Tabla 8-181 Reducción de emisiones M3 – 2,5 g/h 223
Tabla 8-182 Reducción de emisiones M3 – 1,5 g/h 223
Tabla 8-183 Reducción de emisiones M3 – Pellets 224
Tabla 8-184Distribución de tecnologías según tamaño de vivienda 224
Tabla 8-185 Reducción de emisiones M5 – Prohibición Viviendas Mayores a 51 m2 – Escenario Penetración Máxima 224
Tabla 8-186 Reducción de emisiones M5 – Prohibición Viviendas Mayores a 71 m2 – Escenario Penetración Máxima 225
Tabla 8-187 Reducción de emisiones M5 – Prohibición Viviendas Mayores a 111 m2 – Escenario Penetración Máxima 225
Tabla 8-188 Reducción de emisiones M6 – Escenario Penetración Máxima 225
Tabla 8-189 Reducción de emisiones M7 – Escenario Penetración Máxima 226
Tabla 8-190 Reducción de emisiones M8 – Escenario Penetración Máxima 226
Tabla 8-191Reducción de emisiones M9 – Escenario Penetración Máxima 227
Tabla 8-192 Reducción de emisiones M10 – Escenario Penetración Máxima 227
Tabla 8-193 Distribución de tecnologías según tamaño de vivienda 228
Tabla 8-194 Reducción de emisiones M11 – Prohibición Viviendas Mayores a 51 m2 – Escenario Penetración Máxima 228
Tabla 8-195 Reducción de emisiones M11 – Prohibición Viviendas Mayores a 71 m2 – Escenario Penetración Máxima 228
Tabla 8-196 Reducción de emisiones M11 – Prohibición Viviendas Mayores a 111 m2 – Escenario Penetración Máxima 228
Tabla 8-197 Reducción de emisiones M12 – Hermeticidad 1 ACH – Escenario Penetración Máxima 229
Tabla 8-198 Reducción de emisiones M12 – Norma Zona 5 – Escenario Penetración Máxima 229
Tabla 8-199 Reducción de emisiones M12 – Norma Zona 5 + Muros – Escenario Penetración Máxima 229
Tabla 8-200 Reducción de emisiones M12 – Norma Zona 6 – Escenario Penetración Máxima 230
Tabla 8-201 Reducción de emisiones M12 – Calificación Energética Clase C – Escenario Penetración Máxima 230
Tabla 8-202 Reducción de emisiones M13 – Hermeticidad 1 ACH – Escenario Penetración Máxima 230
Tabla 8-203 Reducción de emisiones M13 – Norma Zona 5 – Escenario Penetración Máxima 231
Tabla 8-204 Reducción de emisiones M13 – Norma Zona 5 + Muros – Escenario Penetración Máxima 231
Tabla 8-205 Reducción de emisiones M13 – Norma Zona 6 – Escenario Penetración Máxima 231
Tabla 8-206 Reducción de emisiones M13 – Calificación Energética Clase C – Escenario Penetración Máxima 231
Tabla 8-207 Reducción de emisiones M14 – Norma Zona 5 + Muros – Escenario Penetración Máxima 232
Tabla 8-208 Reducción de emisiones M14 – Norma Zona 6 – Escenario Penetración Máxima 232
Tabla 8-209 Reducción de emisiones M14 – Norma Zona 7 – Escenario Penetración Máxima 232
Tabla 8-210 Reducción de emisiones M14 – Calificación Energética Clase C – Escenario Penetración Máxima 233
Tabla 8-211 Reducción de emisiones M15 – Escenario Penetración Máxima 233
Tabla 8-212 Reducción de emisiones M16 – Escenario Penetración Máxima - Agresivo 233
Tabla 8-213 Reducción de emisiones M16 – Escenario Penetración Máxima - Esperado 234
Tabla 8-214 Reducción de emisiones M16 – Escenario Penetración Máxima - Pasivo 234
Tabla 8-215 Distribución base de la operación de calefactores 234
Tabla 8-216 Reducción de emisiones M17 – Escenario Penetración Máxima 234
Tabla 8-217 Reducción de emisiones M19 - Escenario Penetración Máxima 235
Tabla 8-218 Reducción de emisiones M20 – Episodio Alerta - Escenario Penetración Máxima 235
Tabla 8-219 Reducción de emisiones M20 – Episodio Preemergencia - Escenario Penetración Máxima 236
Tabla 8-220 Reducción de emisiones M20 – Episodio Emergencia - Escenario Penetración Máxima 236
Tabla 8-221 Reducción de emisiones M21 - Escenario Penetración Máxima 236

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-222 Resumen de Potencial Máximo de Reducción para cada Medida Evaluada 236
Tabla 8-223 Meta de reducción de concentraciones según escenario 238
Tabla 8-224 Tabla resumen de penetración de medidas evaluadas para la zona de Temuco y Padre las Casas 240
Tabla 8-225Reducción % de Emisión de $MP_{2,5}$ vs Emisiones Totales MP2.5 – Escenario Agresivo, Esperado, Pasivo 245
Tabla 8-226 Meta de reducción de concentraciones según escenario 247
Tabla 8-227 Costos de la Utilización de Leña Seca 247
Tabla 8-228 Costo de utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción – Gas Natural (UF / Año) 248
Tabla 8-229 Costo de utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción – Pellets (UF / Año) 249
Tabla 8-230 Costos de recambio de Equipos a Leña (UF / Año) 249
Tabla 8-231 Costos de prohibición Gradual de Calefactores a Leña en Uso que no Cumplen Norma de Emisión (UF / Año) 250
Tabla 8-232 Costos de prohibición de uso de Calefactores a Leña Según Tamaño de Vivienda (existentes) (UF / Año) 251
Tabla 8-233 Costos de Prohibición de uso de Calefactores a Leña Según Tamaño de Vivienda (existentes) (UF / Año) 251
Tabla 8-234 Costos de instalación de filtros catalizadores en calefactores (UF / Año) 252
Tabla 8-235 Costos de recambio de Cocinas a Leña (UF / Año) 252
Tabla 8-236 Costos de prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y Padre Las Casas (UF / Año) 253
Tabla 8-237 Costos de prohibir el uso de calefactores en viviendas nuevas (según tamaño) (UF / Año) 254
Tabla 8-238 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Zona 5 (UF / Año) . 254
Tabla 8-239 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Zona 5 + Muros (UF / Año) 255
Tabla 8-240 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Zona 6 (UF / Año) . 255
Tabla 8-241 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Calificación Energética C (UF / Año) 256
Tabla 8-242 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Zona 5 (UF / Año) ... 256
Tabla 8-243 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Zona 5 + Muros (UF / Año) 257
Tabla 8-244 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Zona 6 (UF / Año) ... 257
Tabla 8-245 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Calificación Energética C (UF / Año) 258
Tabla 8-246 - Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Zona 5 + Muros (UF / Año) 258
Tabla 8-247 Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Zona 6 (UF / Año) 259
Tabla 8-248 Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Zona 7 (UF / Año) 259
Tabla 8-249 Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Calificación energética C (UF / Año) 260
Tabla 8-250 Costo de establecer una obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora) en viviendas nuevas (UF / Año) 261
Tabla 8-251 Costos de establecer un límite de emisión unitario en kg/año para cada vivienda nueva construida en la ciudad (UF / Año) 261
Tabla 8-252 Costos de no permitir humos visibles (UF / Año) 262
Tabla 8-253 Costos de ampliar el periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo (UF / Año) 263
Tabla 8-254 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Agresivo–Periodo 2015 - 2022 265
Tabla 8-255 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Esperado – Periodo 2015 - 2025 266
Tabla 8-256 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Pasivo – Periodo 2015 – 2030 267
Tabla 8-257 Matriz de Impacto - Análisis cualitativo de los impactos sociales, económicos y ambientales de las medidas evaluadas 270
Tabla 8-258: Resumen Viabilidad Jurídica 274
Tabla 8-259: Viabilidad Jurídica – Modificar Condiciones de Ingreso al SEIA - Resumen 277
Tabla 8-260 Caracterización de set de medidas que se evalúan sinérgicamente 279
Tabla 8-261 Resumen de Indicadores Económicos Paquete 2 – Escenario Esperado – Periodo 2015 - 2025 285
Tabla 9-1 Medidas incluidas dentro del Paquete 2 – Recomendado para su inclusión en el Plan de Descontaminación de MP2.5 para la zona de Temuco y Padre las Casas 292
Tabla 10-1 Listado Ampliado de Medidas de Potencial Reducción de Emisiones 305
Tabla 10-2Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/año) – Escenario Agresivo 310
Tabla 10-3Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/año) – Escenario Esperado 311
Tabla 10-4Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/año) – Escenario Pasivo 312
Tabla 10-5Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/día) – Escenario Agresivo 313
Tabla 10-6Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/día) – Escenario Esperado 314
Tabla 10-7Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/día) – Escenario Pasivo 315
Tabla 10-8Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida – Paquete 2 – Escenario Agresivo (ton/día) 316
Tabla 10-9Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida – Paquete 2 – Escenario Esperado (ton/día) 317
Tabla 10-10Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida – Paquete 2 – Escenario Pasivo (ton/día) 318

Lista de Figuras

Figura 1-1Metodología para la Evaluación de una Norma o Plan que mejore la Calidad del aire a partir de un ACB 16
Figura 1-2 Línea Base de Emisiones – Todos los Sectores 17
Figura 1-3Evolución de la Línea Base de Concentraciones de MP2.5 (p98) 19
Figura 1-4 Potencial de Reducción de MP2.5 según las medidas contenidas en el Paquete 2 (p98 MP2.5) ... 35
Figura 2-1 Percentil 98 de concentraciones diarias de MP2,5 versus Norma diaria 41
Figura 4-1Metodología para la Evaluación de una Norma o Plan que mejore la Calidad del aire a partir de un ACB 45
Figura 5-1 Evolución Línea Base de Emisiones - Fuentes Puntuales 65
Figura 5-2 Evolución Línea Base de Emisiones –Sector Residencial 74
Figura 5-3 Evolución Línea Base de Emisiones –Fuentes Móviles En Ruta 77
Figura 5-4 Evolución Línea Base de Emisiones – Fuentes Fugitivas 80
Figura 5-5 Línea Base de Emisiones – Todos los Sectores 80
Figura 5-6Efecto del PDA de MP10 en la Evolución Línea Base de Emisiones – Todos los sectores 81
Figura 5-7Evolución de la Línea Base de Concentraciones de MP2,5 (p98) 85
Figura 5-8 Evolución de la Línea Base de Concentraciones de $MP_{2.5}$(Concentración Anual) 85
Figura 5-9 Reducción esperada de concentración diaria (p98) de MP2,5 según escenarios 86
Figura 5-10 Reducción esperada de concentración anual de MP2,5 según escenarios 87
Figura 5-11 Reducción esperada de emisiones diaria (día típico de invierno) de MP2,5 según escenarios 88
Figura 5-12 Reducción esperada de emisiones anuales de MP2,5 según escenarios 88
Figura 6-1 Proceso de Selección de Medidas a Evaluar Detalladamente 89
Figura 8-1 Proyección de reducción de concentraciones diaria (p98) según paquetes – Escenario Agresivo 281
Figura 8-2 Proyección de reducción de concentraciones diaria (p98) según paquetes – Escenario Esperado 281
Figura 8-3 Proyección de reducción de concentraciones diaria (p98) según paquetes – Escenario Pasivo... 281
Figura 8-4 Resumen de Indicadores Económicos Paquetes de Medidas – Escenario Agresivo 282

Figura 8-5 Resumen de Indicadores Económicos Paquetes de Medidas – Escenario Esperado 283
Figura 8-6 Resumen de Indicadores Económicos Paquetes de Medidas – Escenario Pasivo 283
Figura 8-7Curva de Costo Medio Medidas "Paquete 2" – Escenario Esperado 286
Figura 8-8Curva de Costo Medio Neto (incluye beneficio a la salud) Medidas "Paquete 2" – Escenario Esperado 286
Figura 9-1Evolución de la Línea Base de Concentraciones de MP2.5 (p98) 288
Figura 9-2 Potencial de Reducción de MP2.5 según las medidas contenidas en el Paquete 2 (p98 MP2.5) . 290

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

1. Resumen Ejecutivo

En la conurbación Temuco- Padre Las Casas la norma primaria de calidad ambiental para MP2.5 se encuentra con niveles por sobre el 100% de ésta[1], y por tanto, de acuerdo a la Ley Nº 19.300 de Bases del medio Ambiente corresponde la declaratoria de zona saturada por este contaminante, proceso que finalizó, con su respectiva publicación en el Diario Oficial, el dia 6 de Mayo del 2013 (DS 2/2013).

De acuerdo al último inventario de emisiones (CENMA 2010) desarrollado en la zona de Temuco y Padre las Casas, la principal fuente emisora de MP10 y MP2,5, corresponde al uso domiciliario del combustible leña utilizado para calefacción y preparación de alimentos, con un 94% y 96% del total de las emisiones respectivamente. El porcentaje restante se distribuye entre el aporte de las fuentes industriales, fuentes móviles y quemas agrícolas.

Dados los antecedentes anteriores, el presente estudio tiene como objetivo general evaluar y priorizar un conjunto de medidas, desde un punto de vista de reducción de emisiones, jurídico, institucionalidad y de costo público y privado, e indicar subconjuntos de medidas que resulten ser compatibles y sinérgicas entre sí, que sirva como antecedente para la toma de decisiones respecto de opciones de regulación en el marco de un Plan de Descontaminación para MP2.5, en Temuco y Padre Las Casas.

Para cumplir con el objetivo general, este estudio desarrollo los siguientes componentes:

1) Establecer una meta de reducción de emisiones de MP2.5 asociado a un plazo y cronograma de cumplimiento, de forma tal de salir de la condición de saturación de la norma primaria de calidad ambiental de MP2.5.
2) Seleccionar y proponer un conjunto de medidas para ser detalladamente evaluadas identificando en primera instancia un listado exhaustivo de medidas de abatimiento, de aplicación potencial en las comunas de Temuco y Padre las Casas.
3) Evaluar detalladamente cada una de las medidas seleccionadas
    - Estableciendo su potencial de reducción de emisiones.
    - Identificando la o las instituciones responsables de su puesta en marcha, ejecución y fiscalización.
    - Estableciendo el marco normativo y legal necesario para su correcta aplicación.
    - Evaluando el costo público y privado de su aplicación.

[1] Los resultados arrojados desde el año 2008 en el monitor Las Encinas y desde el 2009 en el monitor Museo Ferroviario, han permitido concluir que la norma primaria de $MP_{2,5}$ se encuentra sobrepasada dado que el percentil 98, de cada uno de estos años, se encuentra por sobre los 50 ug/m3 establecidos como límite.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

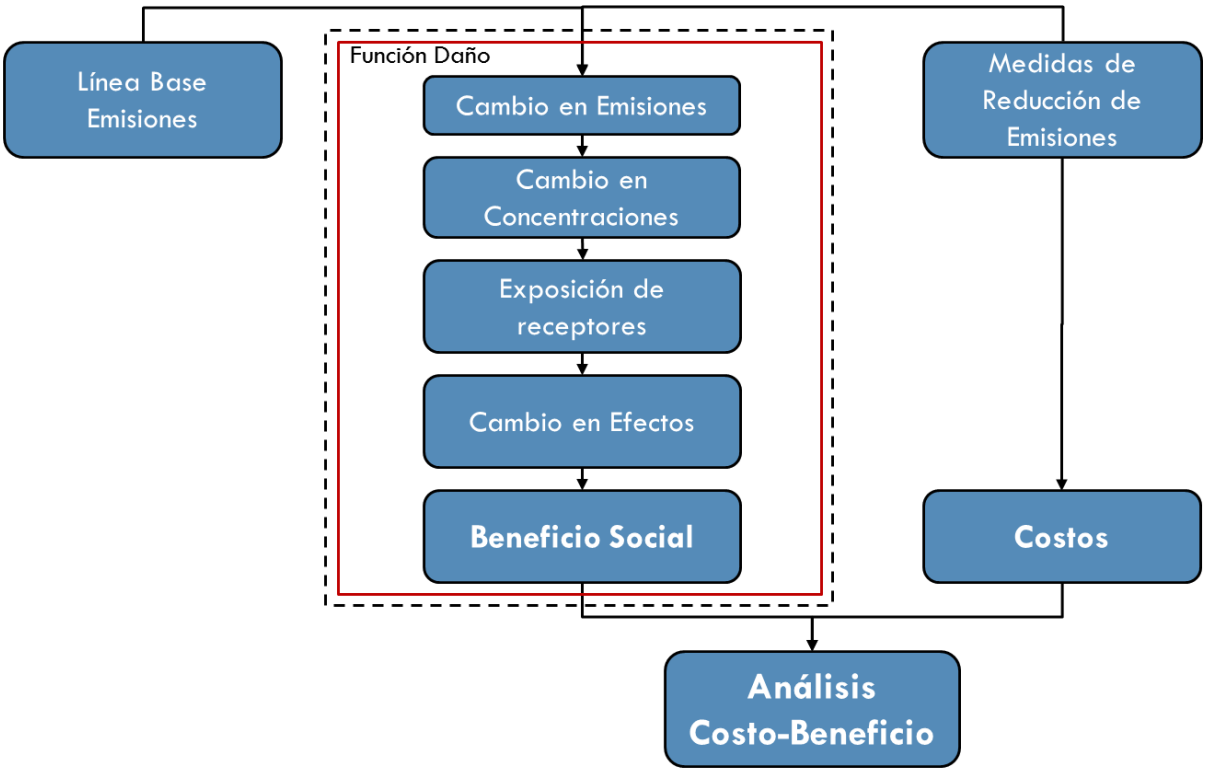
- Identificando la necesidad y/o conveniencia de la aplicación de un instrumento económico.

4) Identificar un set de medidas que en conjunto generen la mayor reducción de emisiones al mínimo costo, considerando las sinergias y complementariedad entre ellas y Proponer una metodología de priorización de medidas o conjunto de medidas.

Para desarrollar la evaluación de cada una de las medidas, en términos generales, se utilizó la metodología de análisis costo beneficio que consiste en comparar los beneficios, a causa de reducciones en las concentraciones de contaminantes atmosféricos, contra los costos de implementar las medidas de reducción de emisiones. Para lograr esto se deben realizar una secuencia de pasos, los que culminan en un análisis costo-beneficio (ACB) que pretende entregar valiosa información a quienes deseen formular nuevas normas o planes para mejorar la calidad del aire.

La siguiente figura presenta un diagrama explicativo de los pasos para la evaluación de impacto económico y social de una norma o plan que mejore la calidad del aire utilizando un ACB (metodología utilizada en el presente estudio).

Figura 1-1Metodología para la Evaluación de una Norma o Plan que mejore la Calidad del aire a partir de un ACB



Fuente: (GreenLabUC 2011)

A partir de la información base entregada por el ultimo inventario de emisiones (CENMA

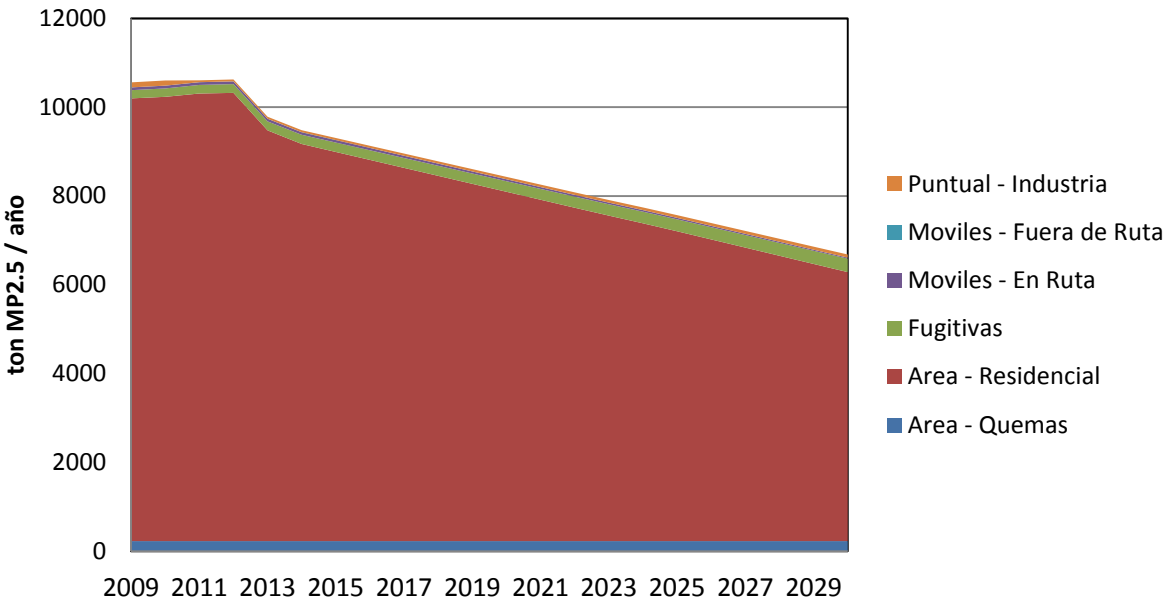
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2010) y bajo otros supuestos realizados por el propio consultor en conjunto con la contraparte técnica del estudio se realizó la proyección de la línea base de emisiones considerando lo siguiente:

- ✓ Norma de Emisión para Artefactos de Combustión a Leña (D.S. Nº 39, de 2011) considerada a partir del año 2014.
- ✓ Nuevas normas de emisión fuentes móviles que se estima que cobren vigencia el año 2015.
- ✓ Plan de Descontaminación MP_{10} de Temuco y Padre las Casas. Las medidas que se encuentran dentro del plan se consideran hasta el año 2014.

La proyección de la línea base es presentada en la siguiente figura.

Figura 1-2 Línea Base de Emisiones – Todos los Sectores



Fuente: Elaboración propia

Debido a que la superación de la norma de calidad de MP2.5 por la cual la zona fue declarada saturada es en la métrica diaria es necesario transformar las emisiones anuales a emisiones diarias.

Se considera que el p98 de la concentración promedio diario en un año se encuentra en el mes de Julio (mes en donde se alcanzan las concentraciones diarias de MP2,5 más altas) por lo que se estima, para el año 2009 y a la línea base de emisiones construida, el nivel de emisiones diario para cada sector emisor, considerando esto, como un día típico de invierno. Los supuestos que se siguen para establecer el nivel de emisiones diarias son los siguientes:

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- ✓ Las emisiones del sector residencial dependen de la necesidad de calefacción, por lo que se calculan los grados hora para cada mes y se distribuyen las emisiones totales por año según esta proporción. El cálculo de grados hora para contabilizar la necesidad de calefacción solo considera los meses entre Marzo y Noviembre y un horario entre las 7 y 00 horas. Según estos supuestos, para el sector residencial para un día típico de invierno (Julio), el nivel de emisiones para el año 2009 es igual a **62.7 ton$MP_{2,5}$/día.**

- ✓ Según (CENMA 2010) y basado en los antecedentes de CONAF, la mayor parte de las quemas agrícolas se realizaba en Abril antes de la implementación del PDA de MP10 y en Marzo luego de la implementación del PDA, mientras que los incendios forestales se concentran en el periodo Diciembre – Marzo de cada año. Con estos antecedentes se realiza el supuesto de que el sector Quemas no aporta emisiones en un día típico de invierno (Julio).

- ✓ Para los otros sectores (Fuentes Puntuales, Móviles y Fugitivas) se considera una distribución uniforme a lo largo del año.

Con estos supuestos, el nivel de emisiones diario para un día típico de invierno y según sector de emisiones se presenta en la siguiente tabla. Se indica también el resultado de la estimación de FEC considerando el p98 de la concentración promedio diaria para el año 2009 en la estación monitora Las Encinas (SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania 2012).

Tabla 1-1 Factor Emisión Concentración – Concentración Diaria

Sector	Emisiones Diarias (tonMP2,5/día)	p98 (ug/m3$MP_{2,5}$)	FEC (ton/[ug/m3]$MP_{2,5}$)
Área - Residencial	62.7	209	0.3047
Puntual - Industria	0.3		
Área - Quemas	0		
Móviles - En Ruta	0.2		
Móviles - Fuera de Ruta	0.003		
Fugitivas	0.5		
Total	63.7		

Fuente: Elaboración propia en base a (CENMA 2010, SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania 2012)

Como se adelantó en la tabla anterior, para la estimación de la concentración ambiental de MP2.5 a partir de diferentes escenarios de emisiones se utiliza una relación entre emisión y concentración contante (Factor Emisión Concentración - FEC) a partir del método conocido como "*roll-back* simple" en donde se supone una relación lineal entre emisiones y concentraciones como se muestra en la siguiente ecuación.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Ecuación 1-1 Supuesto de la relación lineal entre emisiones y concentraciones

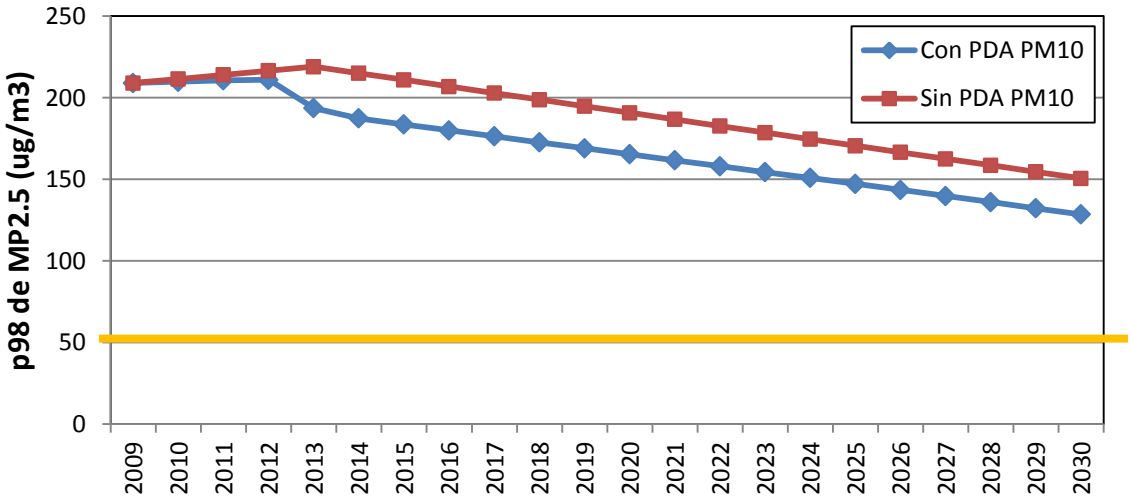
$$\mathrm{FEC}_i^t\left(\frac{\mathrm{ton}}{\mu g/_{m^3}}\right) = \left(\frac{\partial C_i^t\left(\mu g/_{m^3}\right)}{\partial E^t(\mathrm{ton})}\right)^{-1} \approx \frac{E_i^t(\mathrm{ton})}{C^t\left(\mu g/_{m^3}\right)}$$

Donde

- $\mathrm{FEC}_i^t\left(\frac{\mathrm{ton}}{\mu g/_{m^3}}\right)$: Factor emisión-concentración en la zona *i* en el año / día *t*
- $C_i^t\left(\mu g/_{m^3}\right)$: Concentración ambiental de contaminante correspondiente al emitido (eventualmente secundario), en la zona *i* para el año / día *t*
- $E_i^t(\mathrm{ton})$: Emisión de contaminante para el año */ día t*

Así, la línea base de concentraciones de MP2.5 se presenta en la siguiente figura.

Figura 1-3Evolución de la Línea Base de Concentraciones de MP2.5 (p98)



Fuente: Elaboración propia

Según lo presentado en la figura anterior considerando la proyección "Con PDA de MP10", la proyección de concentraciones de MP2.5 indica que al año 2022 el p98 será de 158.1 ug/m3$MP_{2.5}$, al 2025 será de 147.3 ug/m3$MP_{2.5}$y al 2030 será de 128.6 ug/m3$MP_{2.5}$.

En términos de concentraciones, la siguiente tabla indica la reducción que se debe obtener para cada escenario. Como es de esperarse, producto de que la concentración de línea base va disminuyendo en el tiempo, el porcentaje de reducción del Escenario Pasivo (cumplimiento de norma al 2030) es el más bajo. En todos los escenarios la meta de reducción es mayor al 60% lo que implica un gran desafío para el Plan de

Descontaminación de MP2.5.

Tabla 1-2 Meta de reducción de concentraciones según escenario

	Año Meta	Concentración LB Año Meta (p98 ug/m3MP$_{2,5}$)	Concentración Meta (p98 ug/m3MP$_{2,5}$)	Reducción (%)
Escenario Agresivo	2022	158.1	49	69.0%
Escenario Esperado	2025	147.3	49	66.7%
Escenario Pasivo	2030	128.6	49	61.9%

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una exhaustiva identificación de medidas de abatimiento de potencial aplicación en la zona con especial énfasis en aquellas asociadas al sector residencial y en especial a la combustión de leña para calefacción.

A partir de un listado preliminar de medidas entregado por la Seremi de Medio Ambiente de la IX Región, revisión de bibliografía nacional (PPDA, PDAs, entre otros) y revisión internacional (planes de gestión de la calidad del aire internacionales, modelos de estimación de reducción de emisiones, costos y beneficios) se generó un listado preliminar de medidas a evaluar el cual fue discutido con la contraparte y en reuniones con actores claves. En estas instancias se agregaron y modificaron algunas de las medidas llegando a un listado final de medidas a evaluar detalladamente. Estas además se clasificaron según lo siguiente:

- ✓ Medidas con Reducción de Emisiones: Medidas que directamente se les pueden asociar una reducción de emisiones.
- ✓ Instrumentos Económicos: Se refieren a subsidios, impuestos o intervención de mercado que apoyan una medida en particular aumentando su efectividad y/o penetración.
- ✓ Programas Complementarios: Programas de fiscalización o de educación que apoyan una medida en particular aumentando su efectividad y/o penetración.

Dentro del estudio se evalúan 21 medidas que reducen emisiones directamente, 9 instrumentos económicos y 4 programas complementarios que apoyan a estas medidas directas en su objetivo.

La tabla a continuación lista cada una de estas medidas indicando:

- ✓ Categoría: combustible, tecnología (artefacto), aislación térmica, general, gestión de episodios críticos o quemas agrícolas.
- ✓ Objetivo de la medida
- ✓ Identificador de la medida
- ✓ Nombre de la medida

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- ✓ Una descripción general
- ✓ Si es aplicable en forma permanente o sólo para el manejo de episodios críticos de contaminación (permanente / GEC)
- ✓ Si la medida aplica a fuentes nuevas / existentes

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 1-3 Medidas a Evaluar que poseen Reducción de Emisiones Directas de MP2,5

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Esta medida consiste en aumentar el porcentaje de comercialización y utilización de leña seca (humedad menor o igual a 25%) sobre la leña actualmente utilizada (húmeda y semihúmeda).	Permanente	Ambas
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	M2	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Esta medida consiste en entregar incentivos económicos para el uso de combustibles que no sean leña aumentando así la penetración de estos en el parque de combustibles utilizado para calefacción. La manera de incentivar la utilización del combustible es igualando el costo por MJ entregado (considerando 100% de eficiencia) del combustible elegido al de la leña.	Permanente	Ambas
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas existentes	M3	Recambio de Equipos a Leña	Programa de recambio de equipos existentes a leña por un equipo nuevo de menor emisión. Se considera que el recambio de equipos es desde la tecnología más contaminante a la que es menos, ingresando un equipo a leña que cumpla con la nueva norma de calefactores y/o un equipo a pellets.	Permanente	Existentes
		M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión.	La medida consiste en la prohibición gradual de utilización de artefactos que no cumplen la normativa actual de emisión, estableciendo un cronograma de prohibición que va desde la tecnología más contaminante a la que contamina menos. El equipo entrante corresponde a un artefacto que cumple con la normativa.	Permanente	Existentes
		M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes)	La medida consiste en prohibir la utilización de calefactores a leña en viviendas existentes, sobre un tamaño(metraje) de éstas determinado. Se considera que las viviendas a las cuales se les prohíbe la utilización de leña, suplen su demanda de calefacción en base a kerosene, GLP, GNL, pellets o electricidad.	Permanente	Existentes
		M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	La medida consiste en la prohibición de la tenencia de más de un artefacto a leña por vivienda. Se considera que las viviendas que poseen más de un artefacto a leña (estimadas en base a la Encuesta	Permanente	Existentes

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
				UFRO), dejan de utilizar el artefacto más contaminante y remplazan el 50% de su demanda de calefacción por uno de los siguientes combustibles (kerosene, GLP, electricidad, pellets, GLP).		
		M7	Instalación de filtros catalizadores en calefactores	Esta medida consiste en instalar filtros catalizadores en el ducto de salida de gases de los equipos a leña, disminuyendo de esta manera la cantidad de $MP_{2,5}$ emitido. Se considera que los equipos a los cuales puede instalarse corresponden a la tecnología de combustión simple, siempre y cuando tenga templador. Además este filtro funciona en presencia de leña seca (y baja su efectividad en presencia de leña semihúmeda)	Permanente	Existentes
		M8	Recambio de cocina a leña	Esta medida se subdivide en dos: 1) Programa de recambio para sustituir cocinas a leña por cocinas a GLP: Este programa de recambio solo puede asociarse a aquellos hogares que poseen una cocina a leña, pero que no poseen una cocina a gas licuado (37.4%[2]). Se asume que un 51.1%[3]de los hogares que recambian cocina a leña deben ingresar una estufa a leña por ser la cocina a leña el único artefacto de calefacción que poseen en el hogar (se considera el ingreso de un equipo doble combustión 2.5 g/h) 2) Programa de recambio para sustituir cocinas a leña por calefactores que cumplan normativa: Se comporta como el recambio de calefactores.	Permanente	Existentes
		M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan con la norma	Esta medida consiste en la prohibición del uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y Padre Las Casas.Se asume que un 51.1% de los hogares que	Permanente	Ambas

[2]A partir de la encuesta de la UFRO se obtiene que un 86% de los encuestados no cambiaría su estufa a leña, dentro de los cuales un 73% no lo haría por ya tener una cocina a gas.
[3] Valor obtenido a partir del recambio de calefactores.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
			de emisión.	en la línea base utilizan cocina a leña deben ingresar una estufa a leña por ser la cocina a leña el único artefacto de calefacción que poseen en el hogar(se considera el ingreso de un equipo doble combustión 2,5 g/h o de una cocina a leña que cumpla con la norma de emisión (cocina A++)).		
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas nuevas	M10	Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas	La medida consiste en la prohibición de utilización de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas, siendo reemplazados por artefactos que usan otros combustibles con menores emisiones de $MP_{2,5}$.	Permanente	Nuevas
		M11	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	La medida consiste en prohibir en viviendas nuevas la utilización de calefactores a leña sobre un tamaño de vivienda determinado (metraje). Se considera que las viviendas a las cuales se les prohíbe la utilización de leña, suplen su demanda de calefacción en base a kerosene, GLP, GNL, pellets y electricidad.	Permanente	Nuevas
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	M12	AislaciónTérmica de viviendas existentes de menos 650 UF - M12A: Llegar a la Norma (zona térmica 5) - M12B: Llegar a la norma + mejora en muros - M12C: Llegar másallá de la norma (zona térmica 6) - M12D: Calificación Energética C	Mejorar la aislación térmica de las viviendas existentes de menos de 650 UF a través de las siguientes opciones: **- M12A Llegar a la norma (zona térmica 5):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 5. **- M12B Llegar a la norma + mejora en muros:** llegar a la norma actual en envolventes piso, cielo y a un nivel de aislación en los muros de la vivienda de 0.53 W/m^2K **- M12C Llegar más allá de la norma (zona térmica 6):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 6. **- M12D Calificación energética clase C:** lograr un nivel de clasificación energética clase C para la componente de arquitectura, lo que equivale a tener una demanda de calefacción equivalente al 60% de una vivienda que cumple con la normativa de aislación térmica actual.	Permanente	Existentes
		M13	AislaciónTérmica de	Mejorar la aislación térmica de las viviendas	Permanente	Existentes

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
			viviendas existentes de más de 650 UF - M13A: Llegar a la Norma (zona térmica 5) - M13B: Llegar a la norma + mejora en muros - M13C: Llegar másallá de la norma (zona térmica6) - M13D: Calificación Energética C	existentes de menos de 650 UF a través de las siguientes opciones: **- M13A Llegar a la norma (zona térmica 5):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 5. **- M13B Llegar a la norma + mejora en muros:**llegar a la norma actual en envolventes piso, cielo y a un nivel de aislación en los muros de la vivienda de 0,53 W/m^2K **- M13C Llegar más allá de la norma (zona térmica 6):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 6. **- M13D Calificación energética clase C:** lograr un nivel de clasificación energética clase C para la componente de arquitectura, lo que equivale a tener una demanda de calefacción equivalente al 60% de una vivienda que cumple con la normativa de aislación térmica actual		
	Mejorar aislación térmica de viviendas nuevas	M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. - M14A: Llegar a la norma + mejora en muros - M14B: Llegar más allá de la norma (zona térmica 6 ó 7) - M14C: Exigir calificación energética clase C.	**- M14A Mejora de normativa en muros:** llegar a un nivel de aislación en los muros de la vivienda de 0,53 W/m^2K **- M14B Llegar más allá de la norma (zona térmica 6):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 6. **- M14C Calificación energética clase C:** lograr un nivel de clasificación energética clase C para la componente de arquitectura, lo que equivale a tener una demanda de calefacción equivalente al 60% de una vivienda que cumple con la normativa de aislación térmica actual	Permanente	Nuevas
		M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora)	La medida consiste en limitar las infiltraciones de aire por medio de una alta hermeticidad de la envolvente (muros, ventanas y puertas), además de las aberturas que dan paso a las instalaciones. Esto se consigue por medio de un buen sellado de infiltraciones	Permanente	Nuevas

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
		M16	Límite de emisión para viviendas nuevas	Esta medida consiste en aplicar un límite de emisión anual de MP2.5 a las viviendas nuevas, de manera que tengan que tomar diversas medidas para poder lograrlo.	Permanente	Nuevas
General	Aumentar efectividad de mejora en humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	M17	No permitir Humos visibles : Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala Ringelmann u otra alternativa	La medida consiste en regular que a la salida del ducto de los artefactos a leña no se observen humos mejorando así la utilización de los artefactos a leña. La medida genera que los factores por mala operación de las tecnologías que son mal operadas se reduzcan al mejor de los casos (operación con tiraje abierto).	Permanente	Ambas
	Compensación de emisiones para viviendas nuevas	M18	Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA (PDA MP10) u otro mecanismo para declarar emisiones y compensarlas	Esta medida busca que los proyectos inmobiliarios compensen sus emisiones a través de distintos mecanismos, evitando que se genere el problema actual de división en varios proyectos pequeños para evitar la compensación.	Permanente	Nuevas
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefactos a leña que no cumplen la normativa	M19	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla normativa en cualquier episodio de contaminación	La medida consiste en restringir el uso de cualquier artefacto a leña que no cumple la normativa vigente, cuando ocurre un episodio crítico de contaminación, ya sea alerta, preemergencia o emergencia.	GEC	Ambas
		M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas (total de 5) y tipo de episodio. · Alerta: Restricción en 2 zonas · Preemergencia: Restricción en 3 zonas · Emergencia: Restricción en 4 zonas	La medida consiste en la restricción de utilización de cualquier artefacto a leña que no cumpla la normativa vigente, para una cantidad zonas definidas que dependerá del tipo de episodio.Las zonas que asumen la restricción van rotando equivalentemente a una medida de restricción vehicular por dígitos y son determinadas por nivel de emisión y zonas adyacentes. Se consideran 5 zonas en total, y que en caso de una alerta ambiental, 40% de las emisiones producto de calefacción a leña se reducen; en preemergencia 60%; y en emergencia, un 80%. Esta división permite que con el cumplimiento de la	GEC	Ambas

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
				medida, se salga del estado de episodio crítico y quede la calidad del aire en un estado "regular"		
Quemas Agrícolas	Restricción de quemas agrícolas	M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo	La medida consiste en considerar una ampliación al periodo de prohibición de quemas agrícolas en la zona.Actualmente la prohibición es de Abril a Septiembre y la medida evalúa la ampliación al mes de marzo. Se considera que el 100% de las quemas agrícolas del mes de marzo se reemplazan por métodos de manejo de rastrojos.	Permanente	-

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Las medidas M17 y M18 a su vez son programas complementarios. La medida M17 también aporta en la penetración de utilización de Leña Seca (M1) y en la utilización de equipos de calefacción de mayor tecnología. Por su parte, la medida M18, incentiva a que más proyectos inmobiliarios, para evitar tener que compensar emisiones, instalen sistemas de calefacción distrital u otras tecnologías, por lo que también es un programa complementario asociado a la reducción de emisiones de la misma medida.

A continuación se muestran los instrumentos económicos y programas complementarios con sus medidas asociadas:

Tabla 1-4 Instrumentos Económicos que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones

Tipología	Objetivo	Instrumentos Económicos	Asociado a Medida
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Programa de subsidios o incentivos en capital de trabajo para comerciantes y productores de leña.	M1
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Programa de subsidios a combustibles biomásicos de bajas emisiones.	M2
		Programa de subsidios a otros combustibles como GLP, GNL y pellets.	M2
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas existentes	Aumentar la penetración del Programa de Recambio (PDA MP10)	M3
		Programa de recambio de cocinas a leña por cocinas a gas	M8 y M9
		Programas de incentivo (tributario u otro) para sustituir artefactos a leña por otros sistemas de calefacción (no leña).	M2
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas nuevas	Programas de incentivo (tributario u otro) asociado a calefacción distrital u otras tecnologías para proyectos inmobiliarios nuevos.	M18
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	Aumentar la penetración del Programa de Mejoramiento Térmico de Viviendas Existentes - Programa PPPF (PDA MP10)	M12
		Implementar programa de Incentivos-subsidios a la aislación térmica en viviendas de más de 650 UF, que actualmente no pueden postular al PPPF térmico tradicional. El incentivo o subsidio debería permitir llegar a una calificación energética clase C.	M13

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 1-5 Programas Complementarios que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones

Tipología	Objetivo	Programas Complementarios	Asociado a Medida
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Disposición de medidores de humedad (xilohigrómetros) en salón de venta de comerciantes de leña y distribución a domicilio.	M1
		Fomento a la asociación de productores pequeños	M1
		Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de leña y derivados de la madera (biomasa)	M1
		Registro obligatorio para comerciantes de leña, con prohibición de venta para quienes no estén en el registro.	M1
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	Exigir evaluación de eficiencia energética cuando haya compra venta	M13

Fuente: Elaboración propia

Cada una de estas medidas fue evaluada de manera independiente en términos de reducción de emisiones y costos y beneficios asociados a la salud generando los principales indicadores económicos. Las siguientes tablas presentan estos resultados según escenarios de penetración considerados para cada una de las medidas según los escenarios de meta de reducción de emisiones.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 1-6Reducción % de Emisión de $MP_{2,5}$ vs Emisiones Totales MP2.5 – Escenario Agresivo, Esperado, Pasivo

ID	Medida		Agresivo (año 2022)			Esperado (año 2025)			Pasivo (año 2030)		
			Red. (ton/día)	LB (ton/día)	% Red.	Red. (ton/día)	LB (ton/día)	% Red.	Red. (ton/día)	LB (ton/día)	% Red.
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		11.9	48.2	**24.8%**	11.1	44.9	**24.7%**	4.4	39.2	**11.2%**
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	14.9	48.2	**30.9%**	10.6	44.9	**23.7%**	3.9	39.2	**9.9%**
		Pellets	14.7	48.2	**30.4%**	10.5	44.9	**23.4%**	3.8	39.2	**9.7%**
M3	Recambio de Calefactores		16.3	48.2	**33.9%**	15.8	44.9	**35.1%**	8.5	39.2	**21.7%**
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		15.6	48.2	**32.4%**	12.7	44.9	**28.4%**	7.8	39.2	**19.8%**
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		6.7	48.2	**13.8%**	3.4	44.9	**7.7%**	0.7	39.2	**1.8%**
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		9.3	48.2	**19.2%**	8.7	44.9	**19.3%**	7.6	39.2	**19.4%**
M7	Instalación de filtros catalizadores		2.8	48.2	**5.8%**	2.3	44.9	**5.2%**	1.4	39.2	**3.6%**
M8	Recambio de cocina a leña		4.0	48.2	**8.4%**	3.8	44.9	**8.5%**	1.9	39.2	**4.8%**
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		18.3	48.2	**38.1%**	18.4	44.9	**41.1%**	18.6	39.2	**47.4%**
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.2	48.2	**0.5%**	0.2	44.9	**0.4%**	0.1	39.2	**0.2%**
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	2.9	48.2	**6.1%**	2.6	44.9	**5.8%**	1.1	39.2	**2.8%**
		Zona 5 + Muros	4.3	48.2	**9.0%**	3.8	44.9	**8.5%**	1.6	39.2	**4.1%**
		Zona 6	3.7	48.2	**7.6%**	3.2	44.9	**7.1%**	1.4	39.2	**3.5%**
		Cal. Ener. C	4.7	48.2	**9.7%**	4.1	44.9	**9.1%**	1.7	39.2	**4.4%**
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	4.8	48.2	**9.9%**	4.2	44.9	**9.3%**	1.8	39.2	**4.5%**
		Zona 5 + Muros	6.8	48.2	**14.1%**	5.9	44.9	**13.3%**	2.5	39.2	**6.4%**
		Zona 6	5.8	48.2	**12.0%**	5.1	44.9	**11.3%**	2.1	39.2	**5.5%**
		Cal. Ener. C	7.8	48.2	**16.1%**	6.8	44.9	**15.2%**	2.9	39.2	**7.4%**
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.4	48.2	**0.9%**	0.4	44.9	**0.9%**	0.4	39.2	**1.1%**
		Zona 6	0.2	48.2	**0.5%**	0.2	44.9	**0.5%**	0.2	39.2	**0.6%**
		Zona 7	0.5	48.2	**1.0%**	0.4	44.9	**1.0%**	0.5	39.2	**1.2%**
		Cal. Ener. C	0.6	48.2	**1.2%**	0.6	44.9	**1.2%**	0.6	39.2	**1.5%**
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.3	48.2	**0.7%**	0.3	44.9	**0.7%**	0.3	39.2	**0.9%**
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		1.1	48.2	**2.3%**	0.9	44.9	**2.0%**	1.1	39.2	**2.9%**
M17	No permitir Humos visibles		2.0	48.2	**4.1%**	1.1	44.9	**2.4%**	0.3	39.2	**0.8%**

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

De la tabla anteriormente presentada destacan en particular algunas medidas por su reducción de emisiones como lo son las medidas de secado de leña, utilización de otros combustibles diferentes a la leña, recambio de calefactores, prohibición gradual de calefactores que no cumplen normativa y la prohibición de cocinas a leña que no cumplan normativa. La mayoría de ellas asociadas al parque existente de equipos. Con respecto a las medidas de aislación térmica para viviendas existentes destaca la medida asociada a reacondicionar llegando a las exigencias normadas en la actualidad pero aumentar la exigencia en muros. Lo mismo ocurre para medida M14 la cual genera una mayor reducción comparativa con aumentar a una zonificación térmica superior.

La siguiente tabla presenta una tabla resumen de indicadores económicos para cada medida evaluada considerando el escenario esperado. El valor presente de los costos, ahorros y beneficios es calculado para el periodo comprendido entre el 2015 – 2025. También presenta la reducción de concentración de MP2.5 asociada a cada una de las medidas al año final de evaluación (esperado: 2025). A su vez, también se presenta la reducción de toneladas de MP2.5 promedio para cada el periodo de la evaluación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 1-7 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Esperado – Periodo 2015 - 2025

ID	Medida		Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		9.7	36.4	331,404	-209,600	-3,434,407	-3,312,604	11.0
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	5.9	34.9	1,744,454	-399,014	-2,050,061	-704,621	1.4
		Pellets	5.8	34.5	1,050,171	-399,014	-2,024,802	-1,373,645	2.3
M3	Recambio de Calefactores		9.2	51.5	921,122	-517,253	-3,230,662	-2,826,793	4.1
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		4.1	41.7	198,178	-220,298	-1,409,878	-1,431,999	8.2
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de viv. (exis)		3.7	11.3	691,605	-205,629	-1,305,093	-819,117	2.2
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		7.8	28.4	1,397,474	-511,348	-2,755,256	-1,869,130	2.3
M7	Instalación de filtros catalizadores		2.1	7.6	415,320	-400,780	-750,702	-736,163	2.8
M8	Recambio de cocina a leña		2.2	12.5	576,002	-157,999	-788,836	-370,833	1.6
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		5.0	60.5	843,072	-320,456	-1,699,149	-1,176,534	2.4
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.1	0.5	179,044	-39,907	-24,623	114,515	0.4
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	1.7	8.5	1,300,863	-706,519	-591,284	3,060	1.0
		Zona 5 + Muros	2.5	12.5	1,362,962	-1,038,834	-869,351	-545,223	1.4
		Zona 6	2.1	10.5	2,342,780	-875,195	-732,409	735,176	0.7
		Cal. Ener. C	2.7	13.4	2,345,819	-1,116,807	-934,603	294,408	0.9
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	2.7	13.7	2,150,410	-1,138,546	-953,713	58,151	1.0
		Zona 5 + Muros	3.9	19.5	2,136,014	-1,623,769	-1,360,044	-847,799	1.4
		Zona 6	3.3	16.6	3,800,113	-1,383,527	-1,158,821	1,257,765	0.7
		Cal. Ener. C	4.4	22.4	3,800,113	-1,863,396	-1,560,752	375,965	0.9
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.2	1.4	90,333	-176,790	-78,491	-164,948	2.8
		Zona 6	0.1	0.8	75,798	-96,060	-42,614	-62,876	1.8
		Zona 7	0.2	1.5	100,128	-187,091	-83,072	-170,035	2.7
		Cal. Ener. C	0.3	1.8	75,798	-231,972	-102,901	-259,076	4.4
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.2	1.1	4,296	-135,912	-60,293	-191,909	45.7
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.6	3.0	95,443	-480,487	-213,716	-598,760	7.3
M17	No permitir Humos visibles		1.4	3.5	6,807	0	-524,387	-517,580	77.0
M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas (marzo)		No aplica	No aplica	25,496	0	-152,444	-126,948	6.0

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

El análisis de la factibilidad jurídica de implementar las medidas entregó como resultado que 4 medidas hoy en día y bajo la actual formulación y fundamentación no poseen una viabilidad jurídica de ser implementada por lo tanto, a pesar de su alto potencial de reducción de emisiones, estas no fueron incluidas en la evaluación de los paquetes de medidas. Las medidas inviables jurídicamente son las listadas a continuación.

- M5:Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda
- M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda
- M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas
- M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño

Según los resultados de las evaluaciones de medidas de forma independiente, se observó que la costo efectividad de la medida de recambio de calefactores es mayor en comparación a la medida de instalación de filtros catalizadores. Por lo mismo, todos los paquetes de medidas evaluados incluyeron la medida del programa de recambio de calefactores en desmedro de la instalación de filtros catalíticos. Para ver el efecto que tiene la medida "Instalación de Filtros Catalizadores" solo uno de los paquetes de medidas la incluyó.

Por su parte, las medidas que implican modificar los niveles de aislación, tanto en viviendas nuevas como existentes, y que fueron evaluadas según diferentes opciones entregaron como resultado que tanto en los programas de reacondicionamiento térmico como en la medida correspondiente a aumentar la normativa de aislación térmica en viviendas nuevas, la opción de mantener las exigencias correspondientes a la Zona Térmica 5 en todas las envolventes exceptuando la envolvente Muros en donde se aumenta su exigencia[4] es la idónea para su inclusión. Tanto por criterios cuantitativos como por ser la opción propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda, en la que participan los actores claves en la implementación de este tipo de medidas, esta opción presenta una ventaja en su aprobación final para ser incluida en el Plan de Descontaminación de MP2.5.

Del total de 6 paquetes de medidas evaluados, todos se comportan de manera similar en el aporte a la reducción de concentraciones. Algo distinto es el Paquete 6 el cual implementa la instalación de filtros catalizadores en desmedro de la implementación del programa de recambio de calefactores y en donde la reducción de concentración de este paquete es menor en comparación a los otros. Por su parte, el Paquete 4, el cual no tiene la medida prohibición gradual de calefactores que no cumplen con la normativa y la prohibición de cocinas a leña, también se diferencia de los otros paquetes evaluados ya

[4] Esta opción fue propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda por lo que se considera, que además de presentar la opción con mejor costo efectividad, las posibilidades de que finalmente sea esta la opción escogida se aumenta ya que los actores claves para la implementación de esta medida ya se encuentran de acuerdo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

que este no consigue cumplir con la meta de reducción de emisiones en ninguno de los escenarios evaluados.

En todos los escenarios de penetración de medidas evaluados, se puede observar una fuerte reducción en las concentraciones en comparación con la línea base, sin embargo, no es hasta los años en que se aplican las prohibiciones de utilización de calefactores y cocinas que no cumplen la normativa que se consigue alcanzar la norma de calidad MP2.5 (p98 igual a 50 ug/m3 MP2.5).

Debido a lo similar que se comporta cada uno de los paquetes, resultó interesante analizar la costo efectividad que estos presentaron. Los paquetes que poseen la medida de incentivo a la utilización de otros combustibles a través de igualar el costo del combustible alternativo al costo que posee la leña indican razones costo beneficio menores respecto a los otros paquetes ya que la presencia de esta medida, por ser muy costos, disminuye la Razón B / C.

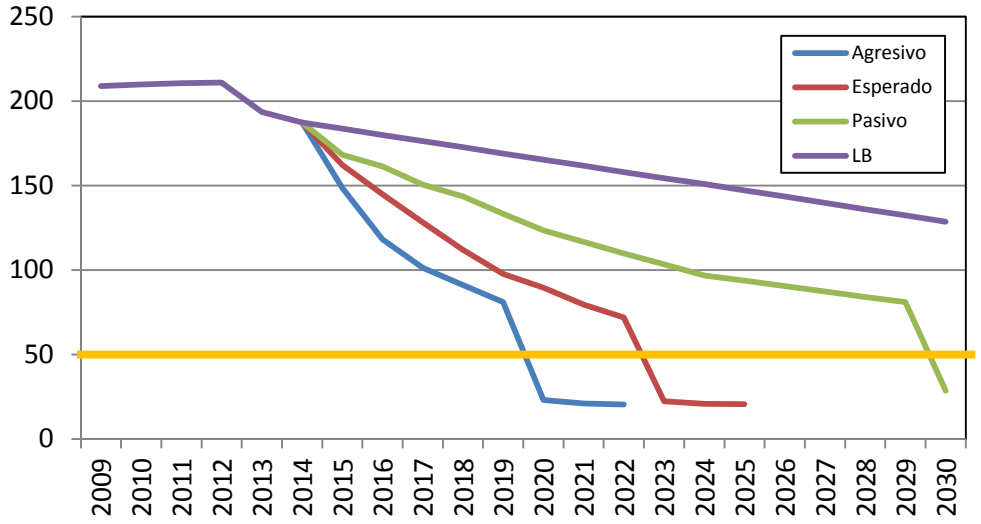
Los paquetes que presentaron una mejor costo efectividad (razón B / C) correspondieron a los paquetes 2 y 6 (además del paquete 5, pero este no consigue las metas de reducción planteadas). La diferencia entre estos dos paquetes es la presencia de la medida de un programa de recambio de calefactores (Paquete 2) versus la presencia de un programa de instalación de filtros catalíticos (Paquete 6).

El paquete 2 presenta un mayor potencial de reducción de emisiones y concentraciones de MP2.5. Según esto, la conclusión que es posible destacar es que las medidas contenidas en el Paquete 2, evaluadas conjuntamente, consiguen alcanzar la meta en todos los escenarios de penetración evaluados y además presentan una rentabilidad social mayor en comparación con los otros paquetes evaluados.

Además, es el escenario de evaluación pasivo de las medidas el que posee una mejor rentabilidad social, seguido del escenario esperado y por último el escenario agresivo. Sin embargo, el consultor recomienda implementar un cronograma de implementación similar al presentado por el escenario esperado de evaluación por considerar que conseguir en un periodo de 15 años la norma de calidad ambiental de MP2.5 (métrica diaria) no plantea un gran desafío. El potencial de reducción de las medidas contenidas en el Paquete 2, según cada uno de los escenarios evaluados se muestra a continuación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Figura 1-4 Potencial de Reducción de MP2.5 según las medidas contenidas en el Paquete 2 (p98 MP2.5)



Fuente: Elaboración propia

Las medidas contenidas en este paquete se listan a continuación mostrando también el nivel de penetración que se consideró según cada uno de los escenarios evaluados.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 1-8 Medidas incluidas dentro del Paquete 2 – Recomendado para su inclusión en el Plan de Descontaminación de MP2.5 para la zona de Temuco y Padre las Casas

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
M1	Prohibición de comercialización de leña húmeda	Al año 2017se llega al 80% de utilización de leña seca y luego se mantiene constante. **2015 / 2016 / 2017** **Seca** 55% / 70% / 80% **Semihumeda** 30% / 20% / 10% **Humeda** 15% / 10% / 10%	Al año 2020 se llega al 80% de utilización de leña seca y luego se mantiene constante. **2015 / 2016 / 2017 / 2018 / 2019 / 2020** **Seca** 45% / 55% / 65% / 65% / 75% / 80% **Semihumeda** 40% / 30% / 20% / 25% / 15% / 10% **Humeda** 15% / 15% / 15% / 10% / 10% / 10%	Al año 2020 se llega al 60% de leña seca y se mantiene cte. **2015 / 2016 / 2017 / 2018 / 2019 / 2020** **Seca** 45% / 45% / 50% / 50% / 55% / 60% **Semihumeda** 40% / 40% / 35% / 35% / 30% / 25% **Humeda** 15% / 15% / 15% / 15% / 15% / 15%
M3	Recambio de Calefactores (Leña, Pellets)	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años Equipos a Pellets: 2200 / año Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años Equipos a Pellets: 1200 / año Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2020	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2023	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2030
M8	Recambio de cocinas a leña	**Duración:** 7 años **Cocinas recambiadas:** 750 / año	**Duración:** 10 años **Cocinas recambiadas:** 500 / año	**Duración:** 10 años **Cocinas recambiadas:**250 / año
M9	Prohibición Cocinas a Lena	**Año prohibición:** 2020	**Año prohibición:** 2023	**Año prohibición:** 2030
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF - Llegar a la Norma + Muro	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 3000 viviendas/año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 2000 viviendas/año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 1000 viviendas/año
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF - Llegar a la Norma +	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
	Muro	**Viviendas aisladas térmicamente:** 3000 viviendas/año	**Viviendas aisladas térmicamente:** 2000 viviendas/año	**Viviendas aisladas térmicamente:** 1000 viviendas/año
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. - Zona 5 + Muro	**Año inicio:** 2015	**Año inicio:** 2017	**Año inicio:** 2020
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas	**Año inicio:** 2015	**Año inicio:** 2017	**Año inicio:** 2020
M17	No permitir Humos visibles	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 30%	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 20%	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 10%
M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio. - Alerta: Restricción en 2 zonas - Preemergencia: Restricción en 3 zonas - Emergencia: Restricción en 4 zonas	**Año inicio:** 2015 No aplica escenarios de penetración		
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo	**Año inicio:** 2015 No aplica escenarios de penetración		

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Como ya se mencionó y en base a los resultados del presente estudio, se recomienda seguir en el Plan de Descontaminación de MP2.5 de la zona de Temuco y Padre las Casas, un cronograma de implementación asociado al Escenario Esperado el cual tenía como meta al año 2025 reducir un 66.7% las emisiones de MP2.5 con respecto a la línea base, meta que a partir de las medidas contenidas en el Paquete 2 (asociadas al nivel de penetración del escenario esperado) es posible alcanzar teniendo además una rentabilidad social positiva con una razón costo beneficio igual a 2.7, un valor presente de los costos para el periodo comprendido entre el 2015 – 205 igual a 4,131,585 UF, un valor presente de los ahorros igual a 2,579,969 UF y un valor presente de los beneficios en salud igual a 8,277,739 UF.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2. Antecedentes

La recuperación de la calidad del aire en los centros urbanos de Chile ha sido una de las prioridades gubernamentales de los últimos años producto de su gran incidencia en la salud de la población, con el consiguiente deterioro de la calidad de vida por un lado y los elevados costos incurridos en ésta por parte del Estado y los particulares. Es por ello que se encuentran, por parte del Ministerio del Medio Ambiente, en aplicación y desarrollo una serie de políticas y programas orientados a mejorar la calidad del aire en todas las regiones de Chile focalizando los esfuerzos según la fuente preponderante (fuentes móviles, industrias, quema de leña, mega fuentes, etc.). Se han realizado diagnósticos e inventarios de emisiones en las principales ciudades del país, lo que ha permitido iniciar las gestiones de solución para aquellos problemas detectados, como por ejemplo la contaminación generada por la combustión de leña y por la intensa actividad industrial.

La legislación ambiental vigente en Chile, ha establecido normas primarias y normas secundarias de calidad del aire. Cuando en un territorio se constata que una norma de calidad ambiental (primaria o segundaria) se encuentra por sobre los valores límites establecidos, se debe declarar, vía Decreto Supremo, ese territorio como zona saturada por el contaminante que se encuentra sobre norma; y si los valores se encuentran entre el 80 y 100% del valor límite, se debe declarar el territorio como zona latente. Dentro de las normas primarias se cuenta con norma para los siguientes contaminantes: Monóxido de Carbono (CO2); Dióxido de Azufre (SO2); Dióxido de Nitrógeno (NO2); Ozono (O3); Plomo (Pb) y material particulado respirable, en su fracción gruesa (MP10) y fina (MP2.5).

Actualmente ya han sido declaradas zona saturada o latentes por concentración de MP10 (diaria y/o anual) la localidad de Huasco, la localidad de Andacollo, la ciudad de Tocopilla, la Región Metropolitana, el Valle Central de la VI Región, Talca-Maule, Concepción Metropolitano, Chillan, Osorno, Coyhaique y las comunas de **Temuco y Padre las Casas**. En particular para las comunas de Temuco y Padre las Casas, estas desde el año 2005 se encuentran declaradas como zona saturada y conforme a lo establecido en los artículos 32 y 44 de la Ley N°19.300, y en el Decreto Supremo Nº 94 de año 1995 del Minsegpres, se elaboró un Plan de Descontaminación Atmosférica, en adelante PDA, el cual fue establecido a través del Decreto Supremo Nº78/2009 también del Minsegpres y se encuentra vigente desde su publicación en el Diario Oficial el 03 de junio de 2010.

A partir del 1º de enero de 2012 entró en vigencia la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino Respirable MP2.5, establecida mediante el Decreto N° 12 del 18 de enero de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, y publicada en el Diario Oficial el 09 de mayo de 2011. La siguiente tabla muestra las concentraciones límites establecidas para este contaminante y las condiciones de superación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 2-1Límites de la norma de calidad primaria para MP2.5

Norma	Concentración Limite ($\mu g/m^3$)	Condición de Superación de Norma
Diaria	50	Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas durante un período anual en cualquier estación EMRP.
Anual	20	Promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación EMRP.

Aun cuando la entrada en vigencia de dicha norma fue a partir del 1º de enero de 2012, para una eventual declaración de zona saturada o latente, se podrán utilizar los datos obtenidos de las mediciones realizadas con antelación a esta fecha, siempre y cuando las estaciones puedan ser calificadas como estaciones con Representatividad Poblacional (EMRP).

Producto de la Norma establecida, ya se ha declarado zona saturada para este contaminante en Chillán, **Temuco y Padre las Casas** y Osorno. Por su parte, las ciudades de Rancagua, Concepción y Talca-Maule se encuentran en proceso de declaración de zona saturada por este contaminante.

2.1 Diagnóstico de la situación actual del MP2.5 en Temuco y Padre Las Casas

Las comunas de Temuco y Padre Las Casas cuentan, actualmente, con 3 estaciones de monitoreo, de distintas fechas de instalación y puesta en marcha, contándose con una robusta data de MP10 a partir del año 2001. Para el caso del $MP_{2,5}$se cuenta con información continua desde el año 2008 en la Estación las Encinas y en Museo Ferroviario a partir del 2009. Durante el mes de marzo de 2012 se ha puesto en funcionamiento la nueva estación de Padre Las Casas, que contempla monitoreo de $MP_{2,5}$, además de MP_{10}, CO y NOx.

Las estaciones de monitoreo Las Encinas y Museo Ferroviario, ambas de Temuco, cumplen las condiciones técnicas en cuanto a representatividad poblacional para el $MP_{2,5}$, y los equipos utilizados, la operación y la mantención en ambas estaciones se encuentra acorde y en cumplimiento de lo establecido en el DS Nº12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente y en el DS Nº 61/2008 del Ministerio de Salud.

Los resultados arrojados desde el año 2008 en Las Encinas y desde el 2009 en Ferroviario, permiten concluir que la norma primaria de $MP_{2,5}$se encuentra sobrepasada dado que el percentil 98, de cada uno de estos años, se encuentra por sobre los 50 ug/m3 establecidos como límite. Los valores de percentil 98 de concentración diario de MP2,5 para estas estaciones se muestran en la Tabla 2-2 y Figura 2-1.

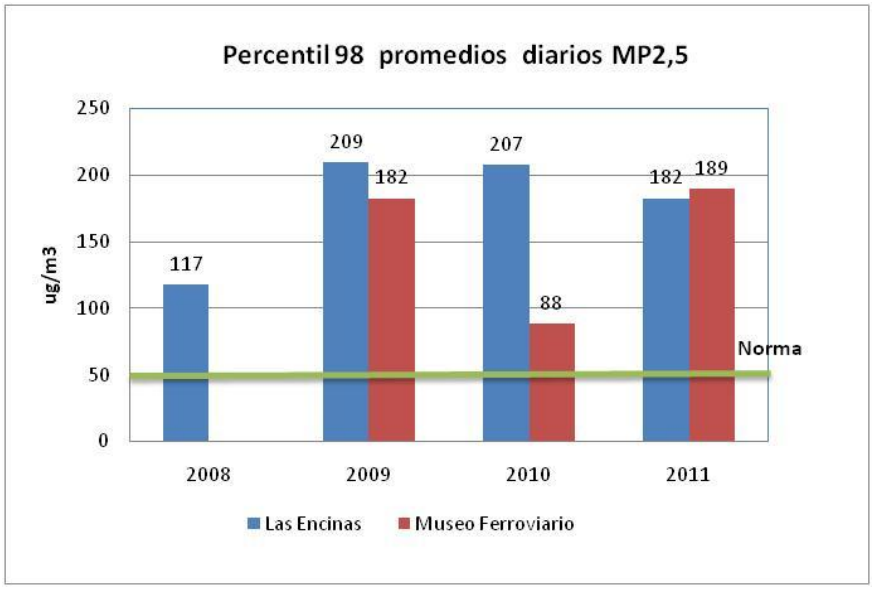
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 2-2 Percentil 98 de concentraciones diarias de MP2,5. Estación Las Encinas y Museo Ferroviario

Estación de Monitoreo	2008	2009	2010	2011
Estación Las Encinas	117	209	207	182
Museo Ferroviario	-	182	88	189

Fuente: Elaboración propia en base a Seremi de Medio Ambiente Araucanía

Figura 2-1 Percentil 98 de concentraciones diarias de MP2,5 versus Norma diaria



Fuente: Seremi de Medio Ambiente Araucanía

Con respecto a la norma anual, aun no se tiene suficiente información para verificar el cumplimiento debido a que ninguna estación de monitoreo cuenta con promedios de 3 años consecutivos para poder calcular el promedio trianual.

Fuentes Emisoras de $MP_{2,5}$

Respecto al origen, las fuentes que generan MP2,5 son los automóviles, buses y camiones, tanto a diesel como a gasolina, plantas termoeléctricas, calderas, procesos industriales, hornos, fundiciones, procesos metalúrgicos, la combustión de biomasa, como la calefacción residencial a leña, las quemas agrícolas e incendios forestales, entre otras.

Se ha establecido de acuerdo al último inventario de emisiones(CENMA 2010), que en Temuco y Padre Las Casas la principal fuente emisora de MP10 y MP2,5, corresponde al uso domiciliario del combustible leña utilizado para calefacción y preparación de alimentos, con un 94% y 96% del total de las emisiones respectivamente. El porcentaje restante se distribuye entre el aporte de las fuentes industriales, fuentes móviles y quemas agrícolas.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Por otro lado, la combustión de leña y derivados de madera, representa actualmente una de las principales fuentes de contaminación atmosférica en todas las ciudades del centro-sur del país (Rancagua, Talca, Curicó, Linares, Chillán, Los Ángeles, Concepción, Temuco, Osorno, Valdivia, Coyhaique, entre otras). De acuerdo a datos disponibles de monitoreo de calidad de aire, al menos una decena de ciudades estarían saturadas por la norma de calidad primaria de material particulado fracción respirable (MP10). El panorama es más desfavorable aún, si se considera que la mayor parte de estas partículas corresponden a una fracción inferior a 2.5 micrómetros.

2.2 Descripción del problema a abordar y justificación del estudio

Con todos los antecedentes disponibles se pude concluir que en la conurbación Temuco-Padre Las Casas la norma primaria de calidad ambiental para MP2.5 se encuentra con niveles por sobre el 100% de ésta, y por tanto, de acuerdo a la Ley Nº 19.300 de Bases del medio Ambiente corresponde la declaratoria de zona saturada por este contaminante, proceso que finalizó, con su respectiva publicación en el Diario Oficial, el dia 6 de Mayo del 2013 (DS 2/2013).

Una vez oficializada la declaración de Zona Saturada, a través del decreto mencionado, se debe elaborar un Plan de Descontaminación Atmosférica instrumento de gestión ambiental dispuesto en la Ley Nº19.300, con el objeto de recuperar los niveles de calidad de la norma primaria en el área geográfica declarada como saturada.

Como se mencionó, desde el 2005, Temuco y Padre Las Casas se encuentran declaradas Zonas Saturadas por incumplimiento de la norma primaria diaria para el MP10 y cuenta con un Plan de Descontaminación (PDA) establecido a través del DS 78/2009 del Minsegpres.

El nuevo Plan de Descontaminación que se elabore, para abordar la declaratoria de zona saturada por MP2,5 deberá contemplar los contenidos del actual PDA que aborda la norma de MP10, y evaluar en qué aspectos se deben mejorar las medidas que contiene y además, identificar e incorporar nuevas medidas que logren, en un plazo a definir, dar cumplimiento a la normativa de MP2,5 que es más exigente que la norma de MP10. El PDA por tanto, deberá ser reformulado.

La institución responsable, de acuerdo a la Ley Nº19.300 y sus modificaciones, de coordinar los procesos de generación de Planes de Descontaminación es el Ministerio del Medio Ambiente, y al tratarse de un Plan aplicado en comunas de la región de La Araucanía, será de responsabilidad de la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de dicha región.

El procedimiento para la elaboración y los contenidos se establecen en el Reglamento para la elaboración de Planes de Descontaminación y Prevención, D.S. Nº39 de 2012 del

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

MMA (D.O. 22.07.13).El procedimiento contempla, una vez que se dicta la resolución de inicio formal del Plan por parte del Ministerio del Medio Ambiente, la elaboración de un anteproyecto de Plan de Descontaminación, con un plazo formal de máximo un año. Dentro de este plazo se contempla la elaboración de una serie de estudios técnicos y científicos que generarán los insumos necesarios para una correcta toma de decisiones de las autoridades.

El presente estudio considera la evaluaciónde distintas medidas desde el punto de vista legal, técnico y económico, así como también el impacto de su aplicación desde el punto de vista social y el impacto final en una mejora en la calidad del aire. El estudio también estáorientadoa evaluar la **razón costo/beneficio** de un conjunto de medidas volviéndose un importante insumo que permitirá cumplir los plazos establecidos para la elaboración del Anteproyecto.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

3. Objetivos del estudio

3.1 Objetivo General

Evaluar y priorizar un conjunto de medidas, desde un punto de vista de reducción de emisiones, jurídico, institucionalidad y de costo público y privado, e indicar subconjuntos de medidas que resulten ser compatibles y sinérgicas entre sí, que sirva como antecedente para la toma de decisiones respecto de opciones de regulación en el marco de un Plan de Descontaminación para MP2.5, en Temuco y Padre Las Casas.

3.2 Objetivos Específicos

5) Establecer una meta de reducción de emisiones de MP2,5 asociado a un plazo y cronograma de cumplimiento, de forma tal de salir de la condición de saturación de la norma primaria de calidad ambiental de MP2,5.
6) Identificar un listado exhaustivo de medidas de abatimiento, de aplicación potencial en las comunas de Temuco y Padre las Casas.
7) Seleccionar y proponer un conjunto de medidas para ser detalladamente evaluadas.
8) Establecer para cada una de las medidas propuestas su potencial de reducción de emisiones asociándolo a un cronograma de aplicación.
9) Establecer para cada una de las medidas propuestas la o las instituciones responsables tanto de su puesta en marcha, ejecución y fiscalización.
10) Establecer para cada una de las medidas propuestas el marco normativo y legal necesario para su correcta aplicación.
11) Evaluar para cada una de las medidas propuestas el costo público y privado de su aplicación.
12) Identificar si para cada una de las medidas definidas sea manifiesta la necesidad y/o conveniencia de la aplicación de un instrumento económico y detallar sus condiciones de aplicabilidad.
13) Identificar un set de medidas, incluyendo el análisis de la aplicabilidad de instrumentos económicos, que en conjunto generen la mayor reducción de emisiones al mínimo costo, considerando las sinergias y complementariedad entre ellas.
14) Proponer una metodología de priorización de medidas o conjunto de medidas.
15) Evaluar qué aspectos y medidas del PDA (asociado a MP10) deben ser considerados en el Plan de Descontaminación de MP2,5, y de qué forma deben ser incorporados.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

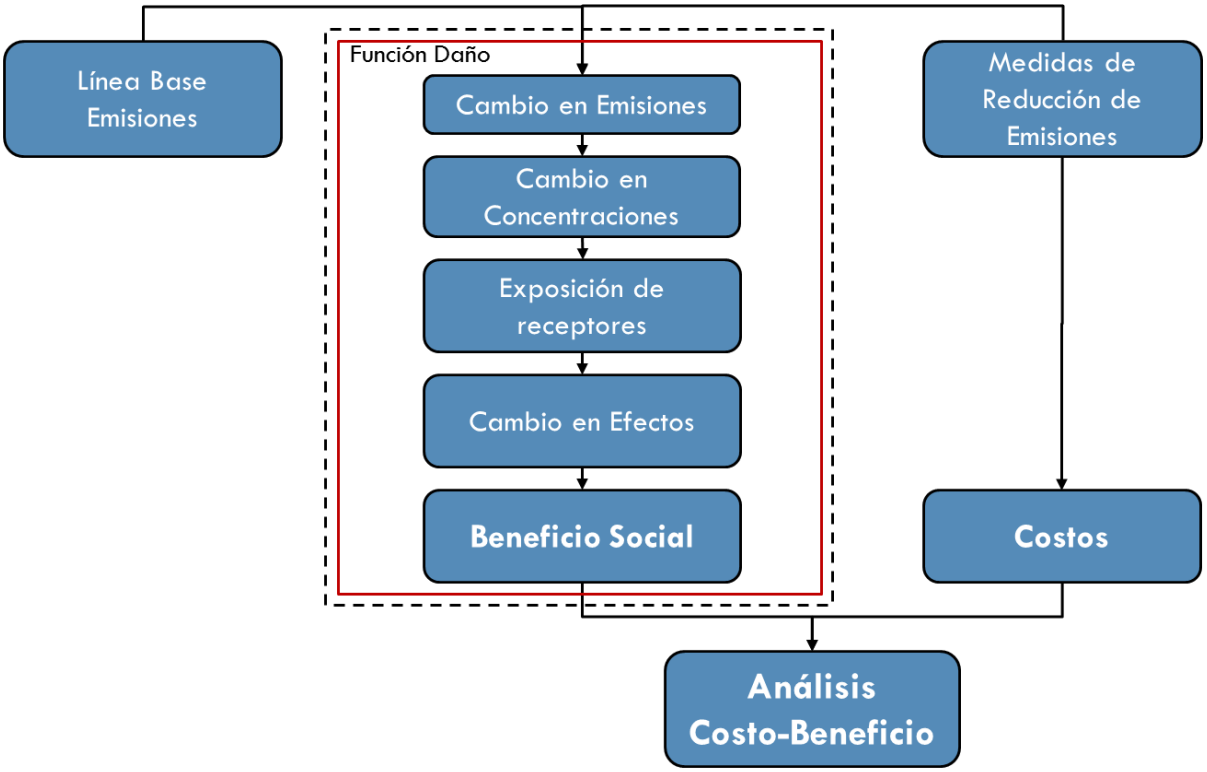
4. Metodología General de Evaluación

4.1 Descripción General de la Metodología Análisis Costo Beneficio

La metodología general de evaluación de cada una de las medidas seleccionadas en el presente estudio (ver Sección 7) consiste en comparar los beneficios, a causa de reducciones en las concentraciones de contaminantes atmosféricos, contra los costos de implementar las medidas de reducción de emisiones. Para lograr esto se deben realizar una secuencia de pasos, los que culminan en un análisis costo-beneficio (ACB) que pretende entregar valiosa información a quienes deseen formular nuevas normas o planes para mejorar la calidad del aire. La metodología de ACB es la más completa y recomendada para evaluar el impacto económico y social (AGIES) que tendría la implementación de una regulación, normativa o política pública, en la medida que la información y los recursos que requiere se encuentren disponibles.

A continuación se observa un diagrama explicativo de los pasos para la evaluación de impacto económico y social de una norma o plan que mejore la calidad del aire utilizando un ACB.

Figura 4-1Metodología para la Evaluación de una Norma o Plan que mejore la Calidad del aire a partir de un ACB



Fuente: (GreenLabUC 2011)

Como se aprecia en la figura, la función de daño consiste en una serie de pasos para obtener los beneficios de reducir emisiones y corresponde a una técnica de valoración ampliamente utilizada.

Importante es mencionar que el ACB posee un rol potencialmente significativo en la toma de decisiones en cuanto a regulación ambiental, sin embargo, la decisión final no debe basarse solo en los resultados arrojados por este análisis.Dada la existencia tanto de beneficios como costos que no han sido valorizados, la decisión con respecto a la idoneidad de la política pública ambiental debe tenerlo en cuenta de manera de no trasformar la efectividad económica como único criterio para su aprobación (Fisher 1991, Arrow, Cropper et al. 1996).

Para desarrollar cada uno de los pasos que se establecen en la Figura 4-1 se sigue la metodología establecida en la Guía Metodología para la Elaboración de AGIES para Instrumentos de Gestión de la Calidad del Aire (GreenLabUC 2011).

4.2 Alcance de la Evaluación

La tabla que viene a continuación, describe el alcance de la evaluación que se lleva a cabo en el presente documento. La sección siguiente presenta los principales parámetros y supuestos utilizados en la presente evaluación (ver Sección 4.3), tanto para establecer la línea base de emisiones como para realizar la evaluación de cada una de las medidas de reducción de emisiones. Los capítulos siguientes utilizan estos supuestos para su elaboración.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 4-1Alcancesde la Evaluación

Alcance	Descripción
Geográfico	Se consideran las comunas de Temuco y Padre las Casas
Temporal	Evaluación para 7, 10 y 15 años una vez que se dé comienzo al Plan. Se asume 2015 – 2022 y 2015 – 2025 y 2015 – 2030.
Contaminantes	$MP_{2,5}$
Fuentes emisoras	Fuentes Industriales, Fuentes Areales, Quemas Agrícolas, Fuentes Fugitivas, Fuentes Móviles En Ruta, Fuentes Móviles Fuera de Ruta
Receptores	Población
Efectos	Salud[5]
Escenarios	Escenario Línea Base[6] / Escenario con PDA Escenarios de Penetración de las Medidas[7] Conjunto de Medidas evaluadas sinérgicamente (6)

Fuente: Elaboración propia

4.3 Metodología para la estimación de beneficios asociados a la Salud producto de la reducción de la Contaminación Atmosférica

Como se ha mencionado anteriormente, para estimar los beneficios en la salud que se generan debido a la reducción de las concentraciones ambientales de MP2.5 se sigue la metodología establecida en la "Guía Metodológica para la Elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire"(GreenLabUC 2011, GreenLabUC 2012b). A continuación se presenta en detalle la metodología utilizada para la cuantificación y valorización de los beneficios asociados a la salud producto de una disminución de la contaminación atmosférica.

4.3.1 Cuantificación de Impactos a la Salud

Para la cuantificación de los impactos en la salud de la contaminación atmosférica se utilizan funciones concentración respuesta que son del tipo "riesgo relativo". Estas

[5] Para la cuantificación y valorización de los beneficios a la salud asociados a mejoras en la calidad del aire se utilizan los valores recomendados en el documento GreenLabUC (2012b). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Documento elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente.

[6] El escenario Línea Base considera la existencia del Plan de Descontaminación de MP10 hasta el año 2014. Adicionalmente, al momento de establecer la línea base se considera un escenario que o incluye los efectos del Plan de Descontaminación de MP10 con el objetivo de ver el efecto que este ha tenido en la reduccion de emisiones.

[7] Se considera un escenario esperado en donde el Plan de Descontaminación se desarrolla en un periodo de 10 años mientras que el escenario agresivo evalúa las medidas con un grado mayor de penetración desarrollándose en un periodo de 7 años y el escenario pasivo evalua las medidas con un grado menor de penetración desarrollándose en un periodo de 15 años.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

funciones generalmente son del tipo log-lineal y el cambio de incidencia de los efectos a la salud está dado por la siguiente ecuación.

Ecuación 2 Cambio de Incidencia de Efectos

$$\Delta E_{ij}^{k} = \left[\exp(\beta_{ij}^{k} \times \Delta C^{k}) - 1\right] \times Pop_{j}^{k} \times IR_{ij}$$

Donde,

ΔE_{ij}^{k} : Cambio número de efectos i debido al cambio de conc. del cont. k en la pob. j

β_{ij}^{k} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto i en la pob. j producto del cont. k (Función D-R)

ΔC^{k} : Cambio de conc. del contaminante k

Además, $IR_{ij} = \dfrac{Eij}{Pop_{j}}$ donde,

E_{ij} : Número de efectos i en la población j

Pop_{j} : Grupo de población j bajo análisis

IR_{ij} : Tasa incidencia del efecto i en la población j

Debido a que el riesgo unitario (coeficiente) es generalmente pequeño (los valores normales son del orden de magnitud de 10^-3, la ecuación anterior se puede linearizar de modo de simplificar su cálculo.

Ecuación 3 Linearización de Cambio de Incidencia de Efectos

$$\Delta E_{ij}^{k} = \left[\exp(\beta_{ij}^{k} \times \Delta C^{k}) - 1\right] \times Pop_{j}^{k} \times IR_{ij} \approx \beta_{ij}^{k} \times \Delta C^{k} \times Pop_{j}^{k} \times IR_{ij}$$

Las funciones dosis respuesta (coeficientes de riesgo unitario) utilizados en el presente estudio corresponden a los recomendados en (GreenLabUC 2012b) y se incluyen todos aquellos que cuentan con la información necesaria para utilizarlos[8]. Estos parámetros se resumen a continuación.

[8] No se utilizan aquellos correspondientes a Visitas a Salas de Urgencia debido a que no se cuenta con las tasas de incidencia base de esto efectos.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 4-2Coeficientes de riesgo unitario utilizados- $MP_{2,5}$

Tipo Efecto	Efecto	Causa	Grupo Edad	Métrica	Inc por 10 ug/m3 (IC 95%)			Fuente
Mortalidad Prematura	Mortalidad Prematura	CPM	>30	Anual	9,7%	(3,7%	16,2%)	Pope et al. (2004)
Acciones Medicas	Admisiones Hospitalarias	CLD	18-64	Media 24h	2,4%	(0,8%	4,0%)	Moolgavkar (2000)
			65+	Media 24h	1,2%	(-2,8%	5,4%)	Ito (2003)
		PNEU	65+	Media 24h	4,1%	(0,7%	7,5%)	Ito (2003)
		CVD	18-64	Media 24h	1,5%	(0,8%	2,3%)	Moolgavkar (2000)
			65+	Media 24h	1,6%	(0,9%	2,3%)	Moolgavkar (2003)
		ASTH	0-64	Media 24h	3,4%	(1,3%	5,5%)	Sheppard (2003)
Restricción Actividad	WLD		18-64	Media 24h	4,7%	(4,0%	5,4%)	Ostro (1987)
	RAD		18-64	Media 24h	4,9%	(4,3%	5,5%)	Ostro (1987)
	MRAD		18-64	Media 24h	7,7%	(6,2%	9,2%)	Ostro and Rothschild (1989)

Nota: $\beta = \frac{\ln(RR)}{\Delta C} = \frac{\ln(\%Inc+1)}{\Delta C}$

Fuente: (GreenLabUC 2012b)

Las tasa de incidencia base que se utilizan corresponden a las mismas estimadas en (GreenLabUC 2012b). Para mortalidad la tasa se obtuvo directamente de los datos de certificados de defunción de INE, considerando los datos de 2003 a 2007 mientras que para los efectos de morbilidad (admisiones hospitalarias) se calcularon a partir de los datos de egresos hospitalarios de MINSALUD, disponibles para 2002 a 2006. A continuación se presentan las tasas de incidencia base para cada una de las comunas en análisis.

Tabla 4-3 Tasas de Incidencia Base para la Cuantificación de Impactos en la Salud – Comuna de Temuco

	Niños (0 – 17)	Adultos (18-29)	Adultos2 (30-64)	AdultosMayores (65+)
M_LTCPM	19.7	17.2	309.3	8,044.6
HA_AST	498.1	29.2	93.2	397.7
HA_CVD	162.8	137.4	1,993.5	47,460.2
HA_CLD	618.5	31.3	186.5	9,252.1
HA_PNE	3,542.8	123.2	299.0	9,675.4
HA_RSP	14,727.5	1,715.2	1,651.5	24,173.9
WLD	0.0	1,064,473.0	1,064,473.0	0.0
RAD	0.0	2,584,200.0	2,584,200.0	0.0
MRAD	3,120,020.0	3,120,020.0	3,120,020.0	3,120,020.0

Fuente: (GreenLabUC 2012b)

Tabla 4-4 Tasas de Incidencia Base para la Cuantificación de Impactos en la Salud – Comuna de Padre las Casas

	Niños (0 – 17)	Adultos (18-29)	Adultos2 (30-64)	AdultosMayores (65+)
M_LTCPM	15.0	21.6	305.7	7,141.7

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

HA_AST	127.6	9.0	167.7	422.5
HA_CVD	46.6	91.3	822.6	16,362.0
HA_CLD	132.5	76.2	195.0	9,347.0
HA_PNE	2,382.6	103.9	265.8	6,094.3
HA_RSP	7,499.2	681.9	1,053.6	17,661.2
WLD	0.0	1,064,473.0	1,064,473.0	0.0
RAD	0.0	2,584,200.0	2,584,200.0	0.0
MRAD	3,120,020.0	3,120,020.0	3,120,020.0	3,120,020.0

Fuente: (GreenLabUC 2012b)

4.3.2 Valorización de los Efectos en la Salud

Una vez cuantificada la magnitud de los impactos en salud de cada una de las medidas es necesario llevar estos valores a términos monetarios para poder cuantificarlos económicamente.

En el presente estudio se utiliza la metodología y los valores estimados en (GreenLabUC 2012b) los cuales se detallan a continuación.

Tabla 4-5 Valores utilizados en la valorización de los efectos en salud considerados (UF/caso)

Efecto	Causa	Grupo Edad	Costos Médicos	Productividad Perdida	Disutilidad (VVE)	Total
Mortalidad Prematura	CPM	>30			7,833	**7,833***
Admisiones Hospitalarias (HA)	CLD	18-64	27.4	3.6		**31.0**
		65+	27.4	4.2		**31.6**
	PNEU	65+	29.4	4.8		**34.2**
	CVD	18-64	45.3	3.6		**48.9**
		65+	43.9	4.8		**48.7**
	ASTH	0-17	21.0	1.1		**22.1**
		18-64	21.0	3.1		**24.1**
Días Laborales Perdidos (WLD)		18-64		0.7		**0.7**
Días con Actividad Restringida (RAD)		18-64		0.2		**0.2**
Días con Act. Rest. Leve (MRAD)		18-64		0.0		**0.0**

*El valor que se utiliza corresponde a utilizar un valor de la elasticidad de la utilidad con respecto al ingreso (ε) de 0,4 lo que implica que el valor del capital humano (3133 UF) reportado por el Ministerio de Desarrollo Social (2011)se multiplica por 2,5 (7.833 UF). Este valor posee una distribución probabilística uniforme aplicada directamente a ε con media en 0.4 y un intervalo entre 0,3 y 0,5.

Fuente: (GreenLabUC 2012b)

Los valores presentados en la tabla anterior corresponden al año 2009 mientras que a lo largo de los años de evaluación estos son proyectados según la siguiente ecuación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Ecuación 4-4 Proyección valorización de efectos

$$Valor_{añoproy} = Valor_{2009} * (1 + TasaCrecimientoIPC)^{añoproy-2009}$$

Donde TasaCrecimientoIPC corresponde a la tasa de crecimiento del ingreso per cápita y está dada por la siguiente ecuación.

Ecuación 4-5 Cálculo de la tasa de crecimiento del ingreso per cápita

$$TasaCrecimientoIPC = \frac{(1 + TasaCrecimientoPIB)}{1 + TasaCrecimientoPob} - 1$$

Utilizando el valor de 4.18% como crecimiento anual del PIB y una tasa de crecimiento de la población igual a un 1.013%, la tasa de crecimiento del ingreso per cápita considerada corresponde a un 3.14%.

4.4 Parámetros Generales Utilizados en la Evaluación

Estos datos son transversales en la modelación de las emisiones y medidas. A continuación se entregan los valores utilizados para cada uno.

1. Cambio del dólar: razón entre el valor de la moneda en CLPy la moneda en USD.
2. UF: valor de la UF en CLP
3. Horizonte de evaluación: corresponde al tiempo que considera la evaluación de las medidas.
4. Precios de los combustibles: precios de todos los combustibles que considera el modelo, en la zona a evaluar.
5. Poder calorífico de los combustibles: calor entregado en MJ por unidad másica de combustible. Para la electricidad es el calor entregado por kW-h de energía entregada.
6. Densidad de los combustibles: cantidad de masa de los combustibles por unidad volumétrica.
7. Factores de Emisión de los equipos considerados en la evaluación.
8. Eficiencias térmicas de los equipos considerados en la evaluación.
9. Costos de los equipos considerados en la evaluación.
10. Tasa de descuento: tasa de descuento del capital.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

11. VVE: Valor de la vida estadística.

12. Costos médicos y costos de productividad perdida asociados a los efectos en salud.

13. β : Coeficientes de riesgo unitario. Cuantifican la asociación entre efectos en la salud y nivel de concentración atmosférico de $MP_{2,5}$.

A continuación se entregan los valores para cada uno de los parámetros listados anteriormente. En la sección anterior (ver Sección 4.3) se puede apreciar los valores de VVE, Costos médicos y costos de productividad perdida y β´s que se utilizan, los cuales corresponden a lo establecido en (GreenLabUC 2012b).

Parámetro	Valor	Fuente
Cambio Dólar	506,96 [CLP/USD]	Banco Central de Chile, 08/07/2013
UF	22,852,67 [CLP]	Banco Central de Chile, 08/07/2013
Horizonte de Evaluación	Escenario Agresivo: 2015 - 2022 Escenario Esperado: 2015 – 2025 Escenario Pasivo: 2015 - 2030	
Tasa de Descuento	6%	MIDEPLAN

Para el precio de los combustibles, los valores son los siguientes (mismo para todos los años):

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Fuente
Gasolina	2.31 x 10^-2	527.9	Elaboración propia en base a MIDEPLAN
Diesel	2.01 x 10^-2	459.3	Elaboración propia en base a MIDEPLAN
Petróleo Combustible	1.11 x 10^-2	253.7	Elaboración propia en base a precio paridad CNE y precio internacional
Astillas	1.18 x 10^-2	269.7	(Poch Ambiental 2010). Evaluación de alternativas de calefacción distrital para las comunas de Temuco y Padre Las Casas
GLP	4.13 x 10^-2	943.8	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Gas Natural	3.92 x 10^-2	895.8	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC(Comuna de Chillan[9] Promedio 2012)
LeñaHúmeda (40% Humedad)	1.69 x 10^-3	38.6	Elaboración propia en base a (Universidad de Chile 2009) –Ciudad de Temuco
Leña Seca (25% Humedad)	2.57 x 10^-3	58.7	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Leña Semi-Húmeda (30% Humedad)	2.11x 10^-3	48.2	Considera la mitad del costo de secado de la leña.
Kerosene	2.83 x 10^-2	646.7	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Pellets	7.13 x 10^-3	162.9	Página web BOSCA
Electricidad [UF/kW-h]	4.08 x 10^-3	93.2	Elaboración propia en base a CGE Distribución Tarifa BT1 Comunas Temuco y Padre las Casas

Para el poder calorífico de los combustibles, los valores utilizados en la evaluación son los siguientes:

[9] En la actualidad no existe la comercialización de Gas Natural en las comunas de Temuco y Padre las Casas por lo que se asume, que en caso de existir la comercialización en un futuro, el precio correspondería al precio actual que se comercializa en la comuna de Chillan.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Combustible		Unidad	PCI
Lena	Seca (25% Humedad)	MJ/kg	13.87
	SemiHumeda (30% Humedad)		12.49
	Humeda (40% Humedad)		8.32
Kerosene		MJ/kg	46.5
Gas Natural		MJ/kg	51.5
Gas Licuado		MJ/kg	50.7
Pellets		MJ/kg	18.7
Astillas		MJ/kg	15.3
Diesel		MJ/kg	45.6
Gasolina		MJ/kg	46.9
Petróleo Combustible		MJ/kg	44,0
Electricidad		MJ/kW-h	3.6

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Para la densidad de los combustibles, los valores utilizados fueron los siguientes:

Combustible		Unidad	Valor
Leña[10]	Seca (25% Humedad)	kg/m^3 estéreo	453
	SemiHumeda (30% Humedad)		432
	Húmeda (40% Humedad)		411
Kerosene		g/l	810
Gas Natural		g/l	0,78
Gas Licuado		g/l	550
Diesel		g/l	840
Gasolina		g/l	730
Petróleo Combustible		g/l	930

Fuente: CNE, Balance Nacional de Energía

Con respecto a las características de los equipos tecnológicos utilizados en la combustión residencial, a continuación se detallan los factores de emisión, las eficiencias térmicas de estos y los costos de inversión respectivos.

[10] Calculado mediante un promedio de las densidades de las 5 especies más abundantes Roble, Eucaliptus glóbulus, eucaliptus nitens, raulí y aromo en la zona de Temuco y Padre las Casas. SEREMI de Medio Ambiente.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Factores de Emisión Parque Leña Actual (g / kg Leña):

Artefacto	Contaminante	FE Ideal	Factor Humedad			Factor Mala Operación[11]		
			Seca	Semihumeda	Húmeda	Seca	Semihumeda	Húmeda
Cocina a leña	MP	20	1	1.6	2.15			
	MP10	19.2	1	1.6	2.15			
	MP2,5	18.6	1	1.6	2.15			
	CO	126.3	1	3.2	9.0			
	NOX	1.3	1	1.0	1.0			
	COV	114.5	1	3.2	9.0			
	SOX	0.2	1	1.0	1.0			
	NH3	1.1	1	1.0	1.0			
Estufa combustión simple	MP	16	1	1.6	2.15	3	3	3
	MP10	15.3	1	1.6	2.15	3	3	3
	MP2,5	14.9	1	1.6	2.15	3	3	3
	CO	115.4	1	3.2	9.0	9.1	2.9	1.0
	NOX	1.4	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	COV	26.5	1	3.2	9.0	9.1	2.9	1.0
	SOX	0.2	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	NH3	1.1	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Estufa combustión doble entrada de aire	MP	8.7	1	1.6	2.15	3	3	3
	MP10	8.3	1	1.6	2.15	3	3	3
	MP2,5	8.1	1	1.6	2.15	3	3	3
	CO	115.4	1	3.2	9.0	9.1	2.9	1.0
	NOX	1.4	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	COV	26.5	1	3.2	9.0	9.1	2.9	1.0
	SOX	0.2	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	NH3	1.1	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Salamandra / Chimenea tradicional / Estufa / Brasero / Horno barro o ladrillo /	MP	17.3	1	1.6	2.15			
	MP10	16.6	1	1.6	2.15			
	MP2,5	16.1	1	1.6	2.15			
	CO	126.3	1	3.2	9.0			
	NOX	1.3	1	1.0	1.0			
	COV	114.5	1	3.2	9.0			

Fuente: Elaboración propia en base a (DICTUC 2008a, Universidad de Concepción 2012) y discusión con el Departamento de Economía Ambiental, División de Estudios del Ministerio de Medio Ambiente.

[11]Factor de mala operación igual a 3, durante un tercio del tiempo (horario nocturno), supuesto utilizado en la evaluación de la Norma de Calefactores. Esto se traduce en que se multiplica por un factor igual a 5/3.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Factores de Emisión Nuevas Tecnologías Leña, Pellets y Astillas(gr/kg):

	MP	MP10	MP25	SOX	NOX	NH3	CO	CO2	CH4	N2O
Doble Combustión 5 g/h	3.5	3.5	3.5	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Doble Combustión 3 g/h	2.5	2.5	2.5	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Doble Combustión 2.5 g/h	1.98	1.98	1.8	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Doble Combustión Mejorada 1.5 g/h	1	1	1	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Pellets	0.5	0.5	0.5	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Futura Tecnología Lena	0.15	0.15	0.15	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Cocina a Lena A	15.3	15.3	14.9	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Cocina a Leña A+	8.3	8.3	8.1	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Cocina a Lena A++	3.5	3.5	3.5	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Caldera CD Lena	1.98	1.98	1.8	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Caldera CD Astillas	1.98	1.98	1.8	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06
Caldera CD Pellets	0.5	0.5	0.5	0.2	1.3	1.1	115.4	1553.4	4.2	0.06

Fuente: Elaboración propia a partir de (Ambiente Consultores 2007). Para calderas Leña y Astillas; (Poch Ambiental 2010).

Factores de Emisión Nuevas Tecnologías Otros Combustibles (mg/MJ):

	MP	MP10	MP25	SOX	NOX	NH3	CO	CO2	CH4	N2O
Estufa a Kerosene	7.96	7.96	7.96	94.77	57.30	0.00	15.92	71900	10	0.6
Estufa a Gas Licuado	1.20	1.20	1.20	0.05	39.10	0.07	7.95	63100	5	0.1
Estufa a Gas Natural	0.0047	0.00	0.00	0.00	0.04	0.21	0.016	56100	5	0.1
Estufa Electrica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cocina a Gas Licuado	1.20	1.20	1.20	0.05	39.10	0.07	7.95	63100	5	0.1
Cocina a Gas Natural	0.00468	0.00468	0.00468	0.000256	0.04	0.21	0.016	56100	5	0.1
Caldera CD Gas	1.20	1.20	1.20	0.05	39.10	0.07	7.95	63100	5	0.1
Caldera CD Aerotermia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Para contaminantes locales, sin considerar NH3; Gas Licuado y Kerosene:Residential Fuel Combustión, Section 7.3, CARB, Marzo 1993, Gas Natural: ExternalCombustionSources - Natural Gas Combustion, AP42 EPA, Julio 1998. Para NH3: Dickson R.J. et al., Development of the Ammonia Emission Inventory for the Southern California Air Quality Study Report prepared for the California Air Resources Board, Sacramento CA by RADIAN Corporation, Sacramento CA, Sept. 1991.Para contaminantesglobales: IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Para Caldera CD Gas se suponen los FE que una estufa y una cocina a Gas Licuado.

Eficiencias Térmicas y Costos:

Equipo / Tecnología	**Eficiencia (%)**	**Costo (UF/Equipo)**	**Costo (CLP/Equipo)**
Otros	**40%**	No aplica	
Chimenea	**40%**	No plica	
Salamandra	**50%**	2.1	47,991
Combustión Simple	**55%**	5.6	127,975
Doble Cámara Básica	**60%**	6.4	146,257
Doble Combustión 5 g/h	**65%**	8.4	191,962
Doble Combustión 3 g/h	**70%**	9.1	207,959
Doble Combustión 2.5 g/h	**70%**	10.4	237,668
Doble Combustión Mejorada 2 g/h	**75%**	11.6	265,091
Doble Combustión Mejorada 1.5 g/h	**78%**	12.3	281,088
Pellets	**80%**	44.1	1,007,803
Pellets Avanzada	**85%**	67.8	1,549,411
Futura Tecnología	**90%**	32.2	735,856

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Estufa a Kerosene	**80%**	3.3	75,414
Estufa a Gas Licuado	**78%**	3.2	73,129
Estufa a Gas Natural	**78%**	21.7	495,903
Estufa Eléctrica	**100%**	30.0	685,580
Cocina a Lena	**40%**	9.3	212,530
Cocina a Lena A	**50%**	12.9	294,799
Cocina a Leña A+	**60%**	16.1	367,928
Cocina a Lena A++	**70%**	21.4	489,047
Cocina a Gas Licuado		10.7	244,524
Cocina a Gas Natural		10.7	244,524

Fuente: Costos y eficiencias de calderas; (Poch Ambiental 2010), equipos a leña (Ambiente Consultores 2007), costos cocinas a gas, estufas a gas, kerosene, electricidad y pellets, según precio de mercado.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

5. Establecimiento de Meta de Reducción de Emisiones

Para establecer la meta de reducción de emisiones se consideran 3 escenarios; los cuales dependen del tiempo (años) en que se alcanza la norma de calidad diaria de $MP_{2,5}$(50 ug/m^3 $MP_{2,5}$). Todos estos suponen que el Plan de Descontaminación de $MP_{2,5}$comienza a regir el año 2015. La siguiente tabla describe estos escenarios.

Tabla 5-1 Descripción de Escenarios de Meta de Reducción de Emisiones

Escenario	Descripción	Año cumplimiento Norma de Calidad $MP_{2,5}$
Agresivo	Norma se alcanza a los 7 años de la publicación en el diario oficial del Plan.	2022
Esperado	Norma se alcanza a los 10 años de la publicación en el diario oficial del Plan.	2025
Pasivo	Norma se alcanza a los 15 años de la publicación en el diario oficial del Plan.	2030

Fuente: Elaboración propia

Para establecer la meta de reducción de emisiones para cada escenario se sigue la siguiente metodología. Se requiere conocer el nivel de emisiones de línea base que se alcanza en los años en que se espera cumplir la norma diaria de $MP_{2,5}$según cada escenario (proyección de emisiones a partir del inventario de emisiones y consideraciones del consultor). Luego, utilizando un Factor de Emisión Concentración (FEC) se conoce la concentración de $MP_{2,5}$ para ese nivel de emisión conociendo así el delta concentración que se debe conseguir entre el escenario con PDA de MP2,5 y sin PDA.

Por último, utilizando nuevamente el FEC, se obtiene el delta emisiones que corresponde a la meta de reducción para cada escenario evaluado según la ecuación que se describe a continuación.

Ecuación 5-1 Estimación Meta de Reducción de MP2,5 (ton/año)

$$Meta_Red^{i}_{MP2,5}\left(\frac{tonMP2,5}{año}\right)=\frac{\left(Conc_LB^{i}_{MP2,5}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right)-Meta_Conc^{i}_{MP2,5}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right)\right)}{FEC\left(\frac{\mu g/m^3}{tonMP2,5}\right)}$$

Donde,

- Conc_LBiMP2,5: Es la concentración de MP2,5 de línea base para el año en que se cumple la norma de MP2,5 del escenario i

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- Meta_ConciMP2,5: Es la concentración meta de MP2.5 para el año en que se cumple la norma de MP2.5 del escenario i
- FEC: Factor de emisión concentración

La reducción de emisiones desde el año 2015 al año de cumplimiento de norma para cada escenario se considera lineal partiendo un año después de la publicación del Plan de Descontaminación de $MP_{2.5}$(2016).

Cabe destacar que el objetivo y meta en este estudio es el cumplimiento de la norma de calidad diaria de $MP_{2.5}$(percentil 98 de concentraciones promedio diarias en un año), por lo que se requiere una metodología especial para el cálculo de FEC para así poder evaluar el percentil 98 de MP2.5 que se alcanza cada año tanto en la línea base como en el escenario con medidas. Este método se detalla en la Sección5.3.

La metodología, información utilizada y resultados de la meta de reducción de emisiones para cada escenario se presenta en las secciones siguientes.

5.1 Análisis de Inventario

El inventario de emisiones que se utiliza en el presente estudio corresponde a la "Actualización del Inventario de Emisiones de Temuco y Padre las Casas" (CENMA 2010). Este utiliza como año base el año 2009. A continuación se presenta un resumen de las emisiones estimadas por en este inventario.

Tabla 5-2 Inventario de Emisiones en Temuco y Padre las Casas – Año Base 2009 (ton/año)

Categoría	Sub-Categoría	MP_{10}	$MP_{2.5}$	CO	NO_X	COV	SO_2	NH_3
Puntuales	Combustión Externa Puntual	135,3	102,1	212,8	210,6	8,5	526,2	50.0
	Industria Producción Minera	126,0	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0
	Otras	76,4	38,7	21,5	14,5	209,0	1,4	2.5
	Total Puntuales	**337,8**	**175,4**	**234,4**	**225,1**	**217,5**	**527,5**	**52.4**
	Participación (%)	3%	2%	0%	5%	0%	86%	2%
Areales	Combustión Externa Residencial	11007,7	10703,2	121014,6	449,3	62274,5	68,6	356.4
	Quemas	254,5	220,2	1913,1	49,8	173,1	3,4	2.3
	Otras	0,2	0,0	6,6	0,4	2105,9	0,0	1837.2
	Total Puntuales	**11262,4**	**10923,4**	**122934,3**	**499,5**	**64553,5**	**71,9**	**2195.9**
	Participación (%)	84%	96%	75%	12%	93%	12%	95%
Móviles en Ruta	**Total Móviles en Ruta**	**102,2**	**74,7**	**41450,6**	**3508,3**	**4468,8**	**11,4**	**61.7**
	Participación (%)	0,8%	0,7%	25,2%	82,1%	6,5%	1,9%	2.7%
Móviles fuera de Ruta	**Total Móviles fuera de Ruta**	**1,1**	**1,1**	**167,5**	**38,0**	**8,8**	**3,8**	**0.0**
	Participación (%)	0,0%	0,0%	0,1%	0,9%	0,0%	0,6%	0.0%
Emisiones Fugitivas	Construcción y Demolición	63,2	0,0	-	-	-	-	-
	Polvo Resuspendido	1457,1	152,5	-	-	-	-	-

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Preparación de Terrenos Agrícolas	161,5	108,8	-	-	-	-	-
	Total Fugitivas	**1681,8**	**261,3**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
	Participación (%)	12,6%	2,3%	-	-	-	-	-
TOTAL		**13385.2**	**11436,0**	**164786,7**	**4270,9**	**69248,5**	**614,7**	**2310,0**

Fuente: Elaboración propia en base a (CENMA 2010)

Como se aprecia en la tabla anterior, y en particular para el contaminante $MP_{2.5}$, la participación de las fuentes areales alcanza el 96% del total de las emisiones de este contaminante mientras que las otras categorías tienen una participación muy baja en las emisiones.De estas, el 93.6% corresponde a combustión externa residencial en base a leña.

Las fuentes areales participan en un 95% de las emisiones de NH3, pero estas se deben principalmente a la crianza de animales, mientras que los altos porcentajes de participación de MP10, MP2.5, CO y COV están asociadas a la combustión residencial a leña.

Las fuentes puntuales participan en un alto porcentaje de emisiones de SO2 (86%) mientras que las fuentes móviles aportan un alto porcentaje de las emisiones de NOx (82%).

Es a partir de este inventario (el cual corresponde al inventario de emisiones más actualizado) y los supuestos y consideraciones que este contiene, que se proyectan las emisiones de línea base hasta el año 2030, teniendo especial consideración y detalle en la proyección de las emisiones del sector residencial debido a su importancia en las emisiones totales de MP2.5 de la zona.

La siguiente sección presenta la metodología y resultados de la proyección de la línea base de emisiones.

5.2 Proyección de Línea Base de Emisiones

La línea base de emisiones utiliza como información base el inventario de emisiones de Temuco y Padre Las Casas (CENMA 2010) el cual es proyectado según consideraciones que se detallan en el presente capítulo hasta el año 2030.

En particular, la proyección de emisiones considera las normativas a nivel nacional y específico a la zona que se listan a continuación y que no están representadas en el inventario de emisiones (CENMA 2010)por lo que es necesario incluirlas en la proyección. Estas corresponden a:

- ✓ Norma de Emisión para Artefactos de Combustión a Leña (D.S. Nº 39, de 2011)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Esta norma entra en vigencia en Octubre del año 2013 por lo que se considera en la línea base de emisiones a partir del año 2014. Se considera en la línea base de emisiones diferenciando el límite de emisión según la potencia del artefacto según se muestra en la siguiente tabla.

Máximo Emisión (g/h)	Potencia kW
2.5	Menor a 8
3.5	Entre 8 y 14
4.5	Mayor a 14

Fuente: Norma de Emisión para Artefactos de Combustión a Leña (D.S. Nº 39, de 2011)

La distribución de entrada de equipos a partir del año 2014 según potencia se construye bajo el supuesto de que se pueden abastecer 10m2/W. Se utilizó una base de datos entregada por el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente en donde se obtiene esta distribución. El metraje de la vivienda (m2) se obtuvo de la encuesta CASEN para las comunas de Temuco y Padre las Casas. La siguiente tabla indica la distribución según potencia utilizada.

Potencia kW	Temuco	Padre Las Casas	Total
Menor a 8	79.8%	93.9%	**82.4%**
Entre 8 y 14	18.8%	5.7%	**16.4%**
Mayor a 14	1.4%	0.4%	**1.2%**

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada el Departamento de Economía Ambiental del MMA.

- ✓ Nuevas normas de emisión fuentes móvilesque se estima que cobren vigencia el año 2015.

Se considera como línea base de emisiones del sector Fuentes Móviles en Ruta al escenario resultante en el estudio de (GreenLabUC 2012a) correspondiente al Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional.

- ✓ Plan de Descontaminación MP_{10} de Temuco y Padre las Casas

Como se ha mencionado anteriormente, a partir de Junio de 2010 y a través del Decreto Supremo Nº78/2009 del Minsegpres se encuentra vigente el Plan de Descontaminación Atmosférica de MP10, el cual fue establecido a través del Decreto Supremo Nº78/2009.

La existencia de este PDA implica que al estimar la línea base de emisiones se debe incluir la reducción de emisiones que implican las variadas medidas que están contenidas en este.

Se considera que este Plan de Descontaminación de MP10 tiene vigencia hasta el año

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2014 y que a partir del año 2015 comenzaría a regir el Plan de Descontaminación de MP2.5 por lo que la reducción de emisiones asociadas a las medidas del PDA de MP10 son contabilizadas solo hasta el año 2014 en la mayoría de los casos. Se explicitan las medidas del PDA de M10 que consideran una reducción de emisiones permanente.

A continuación se listan las medidas asociadas al PDA de MP10 y que se encuentran incluidas en el escenario de línea base de emisiones. Si no se explicita lo contrario, estas comienzan el año 2011.

- *PDA MP10 establece programas y medidas que implican una meta que a los 3 años se alcanza un 80% de comercialización y utilización de leña seca.*

  Se considera una mejora en la humedad de la leña pero se considera que la meta de alcanzar el 80% de leña seca es muy alta y con baja probabilidad de alcanzarse. La siguiente tabla muestra la distribución de humedad de leña utilizada en el escenario de línea base considerando el PDA de MP10.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014 … 2030
Seca	40%	40%	40%	40%	45%	45%
Semihumeda	35%	35%	35%	35%	35%	35%
Húmeda	25%	25%	25%	25%	20%	20%

Fuente: Elaboración propia en base a conversaciones y datos entregados por la SEREMI de Medio Ambiente IX Región.

- *PDA MP10 establece una meta de 1200 artefactos de calefacción recambiados por año, durante 10 años.*

  Se considera un recambio de calefactores existentes por uno de igual emisión de lo que establece la norma (Equipo Emisión 2.5 g/h).
  Para el año 2012 y 2013 se consideran equipos recambiados según programa de recambio real (2012: 519; 2013: 1870), para el año 2014 se considera lo que establece el Plan (1200 equipos).

- *PDA MP10 establece la prohibición de utilización de Chimeneas Abiertas.*

  Se considera la no existencia de este tipo de calefactor a partir del año 2011 y el efecto en la reducción de emisiones se considera permanente hasta el final del período de análisis.

- *PDA MP10 establece una meta de 1000 viviendas existentes aisladas térmicamente por año, durante 10 años, a partir del subsidio PPPF para viviendas de menos de 650 UF.*

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Se consideran subsidios entregados por el MINVU a partir del 2008 (ejecutados un año posterior). Para la ejecución del reacondicionamiento para el año 2013 se considera lo proyectado mientras que para el año 2014 se considera la diferencia para llegar a la meta de 10.000 viviendas. La aislación que se consigue es alcanzando la normativa vigente para viviendas construidas después del 2007 (correspondiente a Zona Térmica 5). El detalle de los subsidios considerados se muestra en la siguiente tabla.

Año Asignación	Año Ejecución	Cantidad
2008	2009	504
2009	2010	2,686
2010	2011	1,102
2011	2012	1,664
2012	2013	3,513*
2013	2014	531**

*Proyectados, ** Diferencia para llegar a los 10,000 subsidios

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por SEREMI de Medio Ambiente IX Región en base a información MINVU.

- *PDA MP10 considera la Prohibición de Quemas Agrícolas y Forestales para el periodo 1 de Abril - 30 de Sept.*

  Se considera el cumplimiento de esta prohibición en la línea base de emisiones manteniendo la reducción de emisiones hasta el final del periodo de evaluación.

- *PDA MP10 considera Arborización Urbana de 3000 árboles anuales.*

  Se modela la plantación y consiguiente reducción de emisiones de esta cantidad de árboles a partir del 2011 hasta el 2014.

- *PDA MP10 considera Norma de Emisión para Industria.*

  Se considera la reducción de emisiones utilizadas en (CENMA 2010). Las eficiencias de reducción en las emisiones de fuentes puntuales que se utilizan en este documento fueron entregadas por CONAMA Araucanía y corresponden a un 84% para carbón y un 66% para biomasa, para aquellas calderas (calefacción e industriales) que utilizan dichos combustibles. Se mantiene la reducción de emisiones asociado a esta medida hasta el final del periodo de evaluación.

A continuación se presenta la metodología específica y supuestos que se consideraron para proyectar las emisiones de cada sector y mayor detalle también de los supuestos que se consideraron para ingresar estas reducciones de emisiones producto de la existencia del PDA de MP10.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

5.2.1 Fuentes Puntuales

Se utilizó como información base el inventario para el año 2009 de CENMA (2010). Este considera las categorías presentadas en la Tabla 5-3y establece las emisiones, para cada contaminante, que se detalla en la Tabla 5-4.

Tabla 5-3Categorías fuentes puntuales consideradas en el inventario

Categoría	Subcategoría	Rubro
Combustión	Combustión Externa	Calderas de Calefacción
		Calderas Industriales
	Combustión Interna	Grupos Electrógenos
Procesos	Industria Alimentaria y Agropecuaria	Faenamiento de Animales
		Panadería
		Procesamiento de Granos
	Industria de Madera y Papel	Fabricación de Artículos y Muebles de Madera
		Fabricación de Madera Elaborada
	Industria de Productos Minerales	Fabricación de Hormigón y Manejo de Áridos
	Industria Metalúrgica Secundaria	Productos de Hierro y Acero
Evaporativas	Evaporativas	Industria de Artes Gráficas

Fuente: (CENMA 2010)

Tabla 5-4 Emisiones Fuentes Puntuales – Año 2009 (ton/año)

Rubro	MP10	MP25	NOX	SOX	CO	NH3
Calderas de Calefacción	58,04	49,15	107,14	17,84	101,96	23,02
Calderas Industriales	77,30	52,99	103,48	508,31	110,85	26,94
Grupos Electrógenos	0,48	0,48	6,84	0,45	1,47	0,01
Faenamiento de Animales						0,61
Panadería	4,29	3,66	7,00	0,59	7,38	1,67
Procesamiento de Granos	51,13	22,72				
Fabricación de Artículos y Muebles de Madera	11,34	6,32				
Fabricación de Madera Elaborada	7,43	4,15				
Fabricación de Hormigón y Manejo de Áridos	126,03	34,55				
Productos de Hierro y Acero	1,71	1,41	0,67	0,32	12,69	0,15
Industria de Artes Gráficas						

Fuente: (CENMA 2010)

Para la proyección de emisiones en primera instancia se proyecta sin considerar las medidas del PDA de MP10 para luego si considerarlas. A continuación se detallan los supuestos considerados.

- ✓ Sin considerar medidas del PDA de MP10:
  - Calderas de Calefacción: Se proyectan según el crecimiento de la población para las comunas de Padre de las Casas y Temuco. Información obtenida del estudio "INE-CEPAL. Chile: Proyecciones y Estimaciones de Población.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Total País. 1950 – 2050". Esta tasa promedio de crecimiento de población corresponde a un 1.6%.

- Otros Rubros: Se proyectan según el promedio entre los años 2008 y 2011 del crecimiento del PIB de IX Región correspondiente a la actividad económica: Industria Manufacturera, Información obtenida a partir del Banco Central e igual a 3.46%.

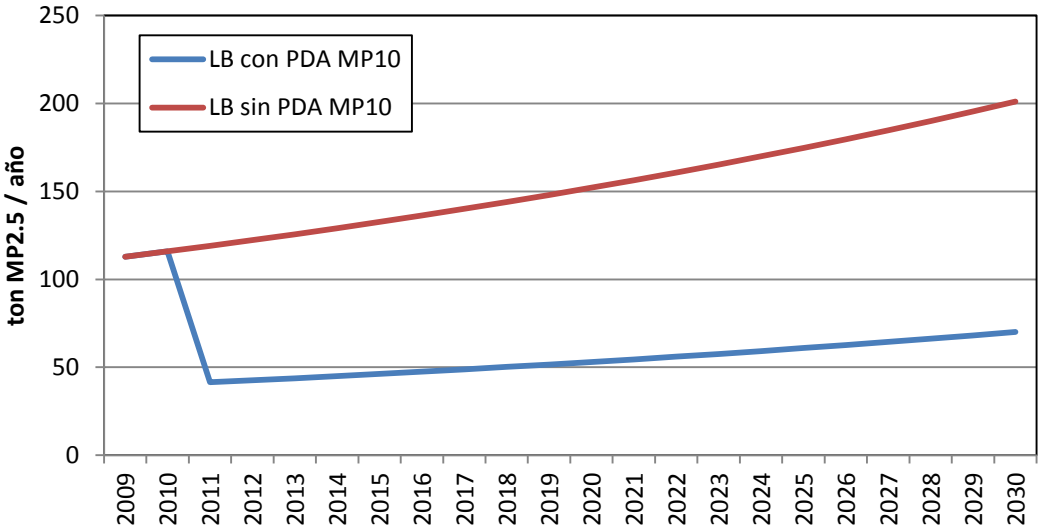
✓ Para el caso de la proyección considerando las Medidas del PDA de MP10, se consideró el siguiente criterio:

- Al igual que en CENMA (2010), se consideraron las eficiencias de reducción en las emisiones de fuentes puntuales entregadas por CONAMA Araucanía, de 84% para carbón y de 66% para biomasa, para aquellas calderas (calefacción e industriales) que utilizan dichos combustibles.

5.2.1.1 Resultados Proyección Emisiones

El siguiente gráfico muestra la evolución de la línea base de emisiones de MP2.5 considerando el PDA de MP10. También se muestra el escenario sin considerar el PDA MP10 con el objetivo de mostrar el efecto del plan actual en la reducción de emisiones de MP2.5.

Figura 5-1 Evolución Línea Base de Emisiones - Fuentes Puntuales



Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Fuentes Areales

Se consideraron las sub-categorías presentadas en la Tabla 5-5 como fuentes areales. Estas corresponden a las consideradas en CENMA (2010).

Tabla 5-5 Categorías fuentes areales consideradas en el inventario

Sub-categoría
Combustión Externa Residencial
Quemas
Otras

Fuente: (CENMA 2010)

La metodología específica utilizada para la proyección de emisiones de estas fuentes se presenta a continuación.

5.2.2.1 Combustión externa residencial

Debido a la importancia de esta fuente dentro de las emisiones totales de MP2.5 de la zona de Temuco y Padre las Casas y debido a que posteriormente el presente estudio debe evaluar un gran número de medidas para este sector y requiere una línea base construida de manera *bottom– up*es que se construyó una línea base emisiones propia, considerando mucho de lo establecido en CENMA (2010), pero no utilizando directamente sus resultados.

A continuación se presentan los supuestos considerados para establecer la línea base de emisiones del subsector "Combustión externa residencial". En general, se supone un crecimiento de la demanda por calefacción o cocción en base a leña, GLP y Kerosene siguiendo la misma tendencia de crecimiento de la población agregada de las comunas Padre de las Casas y Temuco. Sin embargo, el parque tecnológico que presta los servicios de calefacción y cocción cambia en el tiempo. Estos cambios se producen por:

- ✓ Salida de equipos antiguos por recambio: Se considera una tasa natural de recambio de 4% anual.
- ✓ Se considera que los equipos a leña entrantes nuevos después del año 2014 cumplen con la normativa vigente para artefactos a leña a nivel nacional.

5.2.2.1.1 Datos de entrada y supuestos

5.2.2.1.1.1 Con respecto a la demanda de calor de la vivienda

1. Número de viviendas: cantidad total de viviendas urbanas en la zona a evaluar, clasificadas según el estándar de aislación que presenta. Se obtiene con la población urbana del sector (INE), y luego se divide por el número de personas por hogar (CASEN 2006).

- ✓ En base a información de la Encuesta CASEN 2006, el número de personas por hogar es la siguiente:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Comuna	Población	Hogares	Razón persona/hogar
Temuco	277,530	72,659	3.82
PLC	67,976	17,706	3.84
Total	345,506	90,365	**3.82**

- ✓ Según el CENSO 2002 un 87.5% de la población de las comunas de interés corresponde a población urbana (94.8% para Temuco, 57.3% para Padre las Casas).

- ✓ Para Temuco y Padre las Casas el número de viviendas estimado al año 2009 es el siguiente:

Estándar	Viviendas
Pre 2000	71,129
2000 - 2007	10,676
Post 2007	3,095

- ✓ La proyección de número de viviendas se realiza según información del INE (proyección de población) hasta el año 2020 mientras que la proyección hasta el año 2025 se realiza utilizando la tasa de crecimiento promedio entre los años 2015 y 2020, correspondiente a:
  - Padre las Casas: 1.61%
  - Temuco: 1.49%

- ✓ Según los supuestos utilizados resulta una venta anual de 1,446 viviendas.

2. Caracterización de las tipologías de viviendas consideradas en la evaluación:

   a. Metraje total y descripción básica:

Tipología	Descripción	N° de Pisos	Superficie Edificada [m2]
1	Casa pareada	1	32.47
2	Casa pareada	2	40
3	Casa aislada, piso pilotes	1	39.76
4	Departamento pareado en edificio. 4 pisos	1	42.84
5	Casa aislada	1	72.02
6	Casa pareada	2	81.1
7	Casa pareada	2	39.9
8	Casa aislada	1	74.27
9	Departamento en edificio colectivo. 10 pisos	1	67.7
10	Departamento en edificio colectivo. 6 pisos	1	68.3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

b. Superficie de Envolventes (m^2):

Envolvente/Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cielo	32.47	20.57	39.76	14.28	72.02	42.66	20.7	70.51	6.25	10.64
Muro Piso 1	32.43	23.26	47.62	36.39	66.29	36.91	24.51	50.3	35.12	30.97
Muro Piso 2		25.63				41.2	24.9	20.88		
Piso	16.84	12.84	39.76	8.73	34.9	21.99	12.9	26.8	3.16	5.33
Ventana	4.36	4.6	10.38	6.43	10.59	15.51	5.75	12.68	14.35	15.24
Puerta	1.6	3	1.8	2.35	3.4	3.14	1.6	5	1.8	3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

c. Volumen de las viviendas, según tipología(m^3):

Tipología	Volumen (m^3)
1	74
2	88
3	91.5
4	95.1
5	165.6
6	186.5
7	87.8
8	165.6
9	157
10	157.1

3. Distribución Tipologías Existente: Distribución de las tipologías en las viviendas presentes en la zona a evaluar. Se hace el supuesto de que la distribución de la zona es igual a la nacional (MINVU), dejando fuera las tipologías ausentes en la zona, pero manteniendo las proporciones en el resto que sí está presente. En el caso de Temuco y Padre las Casas, existen todas las tipologías de viviendas.

   La distribución de las tipologías considerada para la zona de Temuco y Padre las Casas es la siguiente:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Porcentaje
1	21%
2	18%
3	13%
4	12%
5	11%
6	9%
7	5%
8	5%
9	3%
10	3%

Fuente: Fuente:(Ambiente Consultores & PRIEN 2007). Estas tipologías probablemente no representan a todo el parque de viviendas presente en la zona evaluada ni en Chile, sin embargo, es la mejor información disponible. Para realizar la evaluación correcta de este tipo de medidas se debiera disponer de información específica para la zona evaluada que considere una mejor representatividad de tipologías de vivienda y de su distribución.

4. Distribución Tipologías Viviendas Nuevas: distribución de las tipologías en las viviendas que se venden anualmente. Para Temuco y Padre las Casas se supone que es la misma que la de las viviendas existentes.

5. Zona térmica: Zona térmica a la que pertenece el lugar que se está evaluando. Para Temuco y Padre las Casas según mapa de zonificación térmica se supone que corresponde en su totalidad a la **Zona 5.** La zonificación explica el nivel de aislación (y por ende demanda energética para calefacción) que posee la vivienda según su año de construcción.

6. Demanda de Calor por Vivienda: demanda de calor anual por vivienda. Se obtiene de:

    a. Renovaciones de Aire: renovaciones de aire en las viviendas. Se supone que es igual para todas, independiente de su tipología o normativa. En este caso se consideró que son **2 ren/h**para el escenario de línea base.

    b. Transmitancia Térmica: corresponde a la transmitancia térmica de cada envolvente, según la tipología de vivienda para la zona evaluada. Los valores son los siguientes (W/m^2-K):

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	1	2	4	5	6	7	8	9	10
Pre 2000	Cielo	3.59	0.72	0.84	3.52	1.05	0.55	0.71	3.81	0.6
	Muro Piso 1	2.13	2.28	2.28	1.98	2.19	1.74	1.98	3.22	3.04
	Muro Piso 2		2.28			2.19	1.74	0.64		
	Piso	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Muro Piso 1	2.13	2.28	2.28	1.98	2.19	1.74	1.98	3.22	3.04
	Muro Piso 2		2.28			2.19	1.74	0.64		
	Piso	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Post 2007	Cielo	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
	Muro Piso 1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	Muro Piso 2		1.9			1.9	1.74	1.9		
	Piso	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

c. Grados Hora: valor de los grados hora de la zona a evaluar. Se estima como la suma de las diferencias de temperatura horaria, para todas aquellas horas en que la temperatura es menor a 15 ºC. No se consideran los meses de verano (diciembre, enero y febrero) ni los horarios de sueño (0:00 – 7:00 horas). Para Temuco y Padre las Casas se estima en **21,073.9°h**, en base a la temperatura horaria medida en el monitor Las Encinas de Temuco (SINCA).

7. A partir del año 2008 se considera el Programa de Aislación Térmica de Viviendas Existentes en marco de la existencia del Plan de Descontaminación de MP10. Este programa de reacondicionamiento térmico aplica a viviendas de valor menor a 650 UF por lo que se considera que las tipologías 1, 2, 3, 4 y 7 cumplen dicha condición (todas ellas con un metraje menos a 45 m2). El número de viviendas con reacondicionamiento térmico realizado se muestra en la tabla a continuación. Aquellas viviendas quedan con un estándar de aislación correspondiente a la cumplir con la normativa post 2007.

Año Asignación	Año Ejecución	Cantidad
2008	2009	504
2009	2010	2,686
2010	2011	1,102
2011	2012	1,664
2012	2013	3,513*
2013	2014	531**

*Proyectados, ** Diferencia para llegar a los 10,000 subsidios

Fuente: Elaboración propia en base a datos entregados por SEREMI de Medio Ambiente IX Región en base a información MINVU.

5.2.2.1.1.2 Con respecto al equipo de calefacción y combustible que suple la demanda energética de la vivienda

1. Probabilidad de encuentro de equipos para calefacción y cocción: proporción de hogares en la zona a evaluar que utilizan cada tipo de equipo (asociado al uso de

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

un combustible). Para las comunas de Temuco y Padre las Casas se construyó esta información en base a lo documentado en (CENMA 2010).

	Calefacción	Cocción
Chimenea	1.1%	0.0%
Salamandra	7.0%	0.0%
Combustión Simple	45.2%	0.0%
Cocina a Leña	30.0%	4.3%
Estufa a Kerosene	2.6%	0.0%
Estufa a Gas Licuado	14.0%	0.0%
Cocina a Gas Licuado	0.0%	95.7%

2. Distribución Tipo de Leña: porcentaje de comercialización y utilización de leña seca, semi-húmeda y húmeda para la zona a evaluar. Se considera para el año 2009 lo establecido en el inventario de emisiones de la zona (CENMA 2010) mientras que hasta el año 2014 se considera el efecto del PDA de MP10.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014 … 2030
Seca	40%	40%	40%	40%	45%	45%
Semihumeda	35%	35%	35%	35%	35%	35%
Humeda	25%	25%	25%	25%	20%	20%

Fuente: Elaboración propia en base a conversaciones y datos entregados por la SEREMI de Medio Ambiente IX Región.

3. Equipos Residenciales: Parque de equipos que utilizan leña y otros combustibles: Para Temuco y Padre las Casas, el parque de equipos de línea base dependen de:

   - ✓ Probabilidad de encuentro de equipos para calefacción y cocción. Esto aplica tanto al parque existente como al parque nuevo.
   - ✓ Recambio Natural de Equipos a una tasa del 4%. Los equipos nuevos que ingresan a partir del año 2014 cumplen con la Norma de Calefactores.
   - ✓ Todo equipo nuevo que ingresa a partir del año 2014 cumple con la Norma de Calefactores.
   - ✓ Considera que a partir del 2012 se encuentra activo el programa de recambio de calefactores. Para el año 2012 y 2013 se consideran equipos recambiados según programa de recambio real (2012: 519; 2013: 1870), para el año 2014 se considera lo que establece el PDA de MP10 (1200 equipos). El equipo entrante es un Equipo de Emisión 1.5 g/h.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

La proyección del parque para la línea base según tecnología y para el periodo de evaluación es:

Escenario	Equipo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
LB sin PDA MP10	Chimenea	975	1,030	1,085	1,140	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196
	Salamandra	5,918	6,014	6,109	6,205	6,301	6,064	5,827	5,590	5,353	5,116	4,879
	Combustión Simple	38,392	39,013	39,634	40,255	40,877	39,341	37,805	36,269	34,733	33,197	31,661
	Doble Comb. Norma > 14						42	84	126	168	210	252
	Doble Comb. Norma 8 - 14						560	1,120	1,681	2,241	2,801	3,361
	Doble Comb. Norma < 8						2,377	4,754	7,131	9,507	11,884	14,261
	Cocina a Lena	29,157	29,654	30,151	30,648	31,145	31,207	31,269	31,331	31,393	31,455	31,517
	Total	**74,442**	**75,711**	**76,980**	**78,249**	**79,518**	**80,786**	**82,054**	**83,322**	**84,590**	**85,858**	**87,126**
LB con PDA MP10	Chimenea	975	1,030									
	Salamandra	5,918	6,014	6,254	5,838	4,072	2,635	2,398	2,161	1,924	1,687	1,450
	Combustión Simple	38,392	39,013	40,575	41,244	41,912	40,376	38,840	37,304	35,768	34,232	32,696
	Doble Comb. Norma > 14						42	84	126	168	210	252
	Doble Comb. Norma 8 - 14						560	1,120	1,681	2,241	2,801	3,361
	Doble Comb. Norma < 8				519	2,389	5,966	8,343	10,720	13,096	15,473	17,850
	Cocina a Lena	29,157	29,654	30,151	30,648	31,145	31,207	31,269	31,331	31,393	31,455	31,517
	Total	**74,442**	**75,711**	**76,980**	**78,249**	**79,518**	**80,786**	**82,054**	**83,322**	**84,590**	**85,858**	**87,126**

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Escenario	Equipo	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
LB sin PDA MP10	Chimenea	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196	1,196
	Salamandra	4,642	4,405	4,168	3,931	3,694	3,457	3,220	2,983	2,746	2,509	2,272
	Combustión Simple	30,125	28,589	27,053	25,517	23,981	22,445	20,909	19,373	17,837	16,301	14,765
	Doble Comb. Norma > 14	294	336	377	419	461	503	545	587	629	671	713
	Doble Comb. Norma 8 - 14	3,922	4,482	5,042	5,602	6,162	6,723	7,283	7,843	8,403	8,964	9,524
	Doble Comb. Norma < 8	16,638	19,015	21,392	23,768	26,145	28,522	30,899	33,276	35,653	38,029	40,406
	Cocina a Lena	31,579	31,641	31,703	31,765	31,827	31,889	31,951	32,013	32,075	32,137	32,199
	Total	**88,394**	**89,662**	**90,930**	**92,198**	**93,466**	**94,734**	**96,002**	**97,270**	**98,538**	**99,806**	**101,074**
LB con PDA MP10	Chimenea											
	Salamandra	1,213	976	739	502	265	160	160	160	160	160	160
	Combustión Simple	31,160	29,624	28,088	26,552	25,016	23,348	21,575	19,802	18,029	16,256	14,483
	Doble Comb. Norma > 14	294	336	377	419	461	503	545	587	629	671	713
	Doble Comb. Norma 8 - 14	3,922	4,482	5,042	5,602	6,162	6,723	7,283	7,843	8,403	8,964	9,524
	Doble Comb. Norma < 8	20,227	22,604	24,981	27,357	29,734	32,111	34,488	36,865	39,242	41,618	43,995
	Cocina a Lena	31,579	31,641	31,703	31,765	31,827	31,889	31,951	32,013	32,075	32,137	32,199
	Total	**88,394**	**89,662**	**90,930**	**92,198**	**93,466**	**94,734**	**96,002**	**97,270**	**98,538**	**99,806**	**101,074**

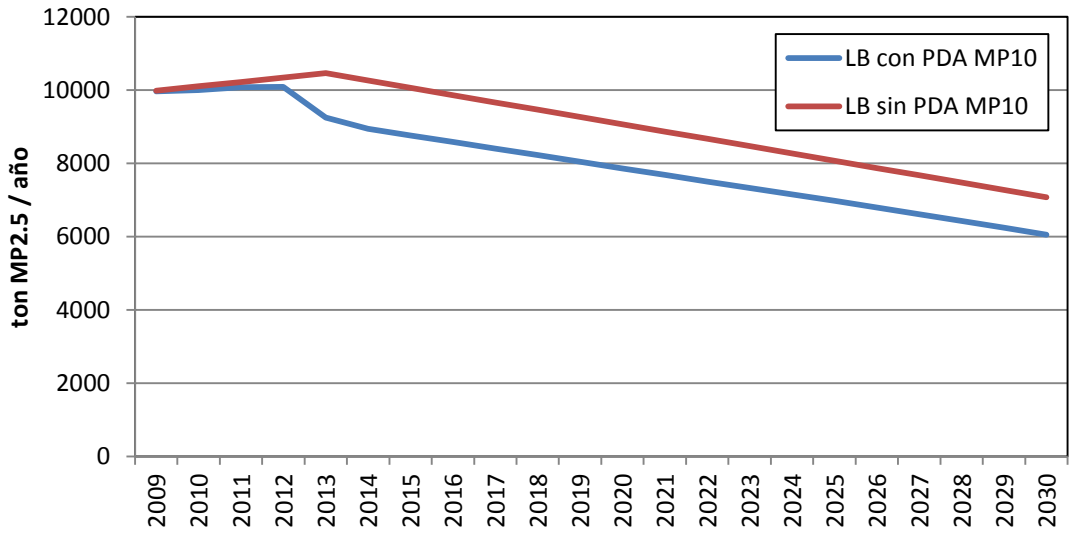
Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

5.2.2.1.2 Resultados Proyección de Emisiones

El siguiente gráfico muestra la evolución de la línea base de emisiones de MP2.5 considerando el PDA de MP10. También se muestra el escenario sin considerar el PDA MP10 con el objetivo de mostrar el efecto del plan actual en la reducción de emisiones de MP2.5. Todo esto para el subsector de Combustión Externa residencial.

Figura 5-2 Evolución Línea Base de Emisiones –Sector Residencial



Fuente: Elaboración propia

El cambio de tendencia de aumento de emisiones de MP2.5 a partir del año 2014 es producto del comienzo de la normativa para calefactores que comienza a regir dicho año.

5.2.2.2 Quemas

5.2.2.2.1 Datos de entrada y supuestos

- ✓ Según datos entregados por CONAF a través de la SEREMI de Medio Ambiente de la IX Región, la distribución de hectáreas de quemas agrícolas a nivel mensual (ha) fueron como muestra la siguiente tabla. Las hectáreas quemadas para el año 2010 fueron consideradas sin la existencia de la prohibición de quemas asociada al PDA de MP10 (periodo comprendido entre el 1 de Abril al 30 de Septiembre). Una vez que se considera la existencia del PDA de MP10 (a partir del año 2011) y la prohibición de quemas agrícolas para el periodo establecido, se considera que todas las quemas son trasladadas para el mes de marzo.

Año / Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total (ha/año)
2010	1	0	2,319	260	38	1	0	19		16	0	0	2,654
2011			2,610	46									2,656

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2012			2,632									2,632

Fuente: Elaboración propia en base a serie entregada por CONAF

- ✓ Se considera que el total de ha quemadas se mantiene constante en el tiempo e igual a las correspondientes al año 2010 (totalidad en marzo).

- ✓ Se considera la siguiente distribución de cultivos en la zona de Temuco y Padre las Casas en base a los establecido en el CENSO Agropecuario del 2007.

Tipo Cultivo	Participación
Trigo	68.0%
Avena	25.8%
Cebada	6.1%
Maíz	0.1%
Papa	0.0%

Fuente: CENSO Agropecuario 2007

- ✓ Se consideran los siguientes factores de emisión (ton/ha)

	Trigo	Avena	Cebada	Maíz	Papa
MP	0.0231	0.0376	0.0279	0.0543	0.0381
MP10	0.0231	0.0376	0.0279	0.0543	0.0381
MP25	0.0220	0.0357	0.0269	0.0519	0.0365
SOX	0.0020	0.0011	0.0002	0.0019	0.0013
NOX	0.0094	0.0082	0.0099	0.0157	0.0115
NH3	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
CO	0.2691	0.2468	0.3583	0.3377	0.3440
CO2	7.2720	6.0600	6.5145	15.9074	8.9385
CH4	0.0130	0.0108	0.0116	0.0283	0.0159
N2O	0.0003	0.0003	0.0003	0.0007	0.0004

Fuente: Attachment B - Waste Burn Emission Factors, Section 7.17 Agricultural Burning and Other Burning Methodology, CARB.y 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

- ✓ Para incendios forestales se considera que las hectáreas afectadas anualmente se mantienen constantes en el tiempo e igual a 102.5 ha/año (Fuente: Estadísticas CONAF para el año 2009). Los factores de emisión utilizados son los siguientes:

	MP	MP10	MP25	NOX	NH3	CO
FE (kg/ha)	571.61	571.61	571.61	131.13	2.69	2,790.81

Fuente: (DICTUC 2007)

5.2.2.2.2 Resultados Proyección de Emisiones

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En este caso las emisiones de línea base producto de quemas agrícolas e incendio forestales se mantienen constantes en el tiempo y además no generan diferencias en el escenario con PDA de MP10 y sin PDA de MP10. Esto último debido a que a nivel de emisiones anuales, el efecto del PDA de MP10 solo modifica los meses en que se realizan las quemas manteniendo el mismo nivel anual.

Las emisiones se línea base para todos los contaminantes considerados se presenta a continuación:

Tabla 5-6 Emisiones Línea Base para Quemas Agrícolas (ton/año)

MP	MP10	MP25	SOX	NOX	N2O	NH3	CO	CO2	CH4
229.9	229.9	226.5	4.3	60.3	0.84	4.3	1,481.2	18,212.6	32.5

Fuente: Elaboración Propia

5.2.3 Fuentes Móviles

Para la proyección de emisiones de estas fuentes, se realizaron supuestos independientes para fuentes móviles en ruta y fuera de ruta.

5.2.3.1 Fuentes Móviles en Ruta

5.2.3.1.1 Datos de entrada y supuestos

La emisión de fuentes móviles en ruta para las comunas de Padre de las Casas y Temuco, se obtuvo del estudio realizado por GreenLabUC y Sistemas Sustentables (2012a), en donde se realiza un análisis técnico-económico de la aplicación de nuevas normas para fuentes móviles a nivel nacional.

Se consideran las siguientes categorías vehiculares.

Tabla 5-7 Categorías Vehiculares Evaluadas

Tipo de vehículo	Subtipo
Buses	• < 12 metros • Articulado • Interurbano
Camiones	• Livianos • Medianos • Pesados
Particulares	• Pasajeros • Comerciales
Taxis y Colectivos	• Taxis Básicos • Colectivos

Fuente: (GreenLabUC 2012a)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

A pesar de tener metodologías diferentes entre lo establecido en el inventario de Temuco y Padre las Casas (CENMA 2010) y (GreenLabUC 2012a), los resultados de emisiones para el año 2009 son muy similares, tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 5-8 Emisiones Fuentes Móviles en Ruta – Año 2009 (ton/año)

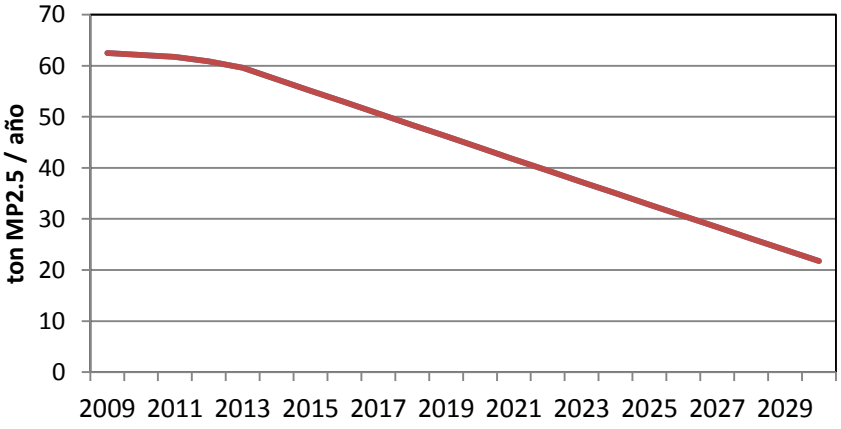
Fuente	MP_{10}	$MP_{2.5}$	CO	NO_X	SO_2
GreenLabUC 2012	69.4	62.5	5,629.3	2,066.3	15.5
CENMA 2010	102.2	74.7	41,450.6	3,508,3	11.4

Fuente: Elaboración propia en base a (CENMA 2010) y (GreenLabUC 2012a)

5.2.3.1.2 Resultados proyección de emisiones

El siguiente gráfico muestra la evolución de la línea base de emisiones de MP2.5. En este caso no existe diferenciación con respecto a la existencia o no existencia del PDA de MP10.

Figura 5-3 Evolución Línea Base de Emisiones –Fuentes Móviles En Ruta



Fuente: Elaboración propia

5.2.3.2 Fuentes Móviles Fuera de Ruta

En (CENMA 2010), solo se consideran las emisiones provenientes de la Categoría Aeropuertos. Dentro de esta categoría se estiman las emisiones provenientes de Aeronaves en Aeropuerto, Maquinarias que incluyen Equipos de Apoyo Terrestre (GSE) y Unidades auxiliares de poder (APU) y Entrenamiento de Bomberos. Se considera que las emisiones estimadas por (CENMA 2010) se mantienen constantes en el tiempo.

Tabla 5-9Emisiones del Aeropuerto Maquehue Año Base 2007 (Ton/año).

Categoría	Sub-Categoría	MP_{10}	$MP_{2.5}$	CO	NO_X	COV	SO_2	HCT	HCNM
Aeropuerto	Aeronaves	0,96	0,96	79,11	33,33	5,43	3,31	5,05	5,05
	GSE/APU	0,16	0,15	88,37	4,65	3,33	0,53	3,54	3,20

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Total	1,12	1,11	167,48	37,98	8,76	3,84	8,59	8,25

Fuente: (CENMA 2010)

5.2.4 Fuentes Fugitivas

Las proyección de emisiones fugitivas para la línea base modeladas corresponden a todas aquellas en donde (CENMA 2010) considera la estimación de emisiones de inventario. Adicionalmente, se agrega la subcategoría Polvo Resuspendido – Calles no Pavimentadas que no está incluida en (CENMA 2010) pero que si lo está en (DICTUC 2008a).

Categoría	Sub - Categoría	Emisiones LB
Construcción y Demolición	Producción de Áridos	No
	Construcción de Caminos	No
	Construcción de Edificios	Si
Polvo Resuspendido	Caminos Pavimentados	Si
	Caminos sin Pavimentar	Si
Preparación de Terrenos Agrícolas		Si

5.2.4.1 Datos de entrada y supuestos

- ✓ Superficie construida para edificaciones: De acuerdo a lo establecido según CENMA 2010 en base a Anuario de Edificaciones INE 2007 IX Región y aplicando factor de población para las comunas de Temuco y Padre las Casas. Esta superficie se asume que crece a una tasa de 1,7% anual igual a la tasa de crecimiento de la población de estas comunas.

	Superficie m^2 Región	Factor Población Comunas Zona	Superficie m^2 Comunas Zona	Duración Construcción (meses)
Viviendas	673,885	0.378	254,562	6
Servicios	91,809		34,681	11
Industria, comercio y establecimientos financieros	157,082		59,338	11

- ✓ Calles sin pavimentar: Al año 2005, de acuerdo a (DICTUC 2008a), hay 749.700 metros lineales de calles sin pavimentar. Se considera que estos metros lineales de calles no pavimentadas y las emisiones asociados a estos se mantienen constantes en el periodo de evaluación.

- ✓ Emisiones calles pavimentadas: Se toma como base la emisión estimada al año

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2007 para calles pavimentadas en (CENMA 2010), con una tasa de crecimiento anual de 6.8% la cual coincide con el crecimiento del parque vehicular.

	ton/año
MP_{10}	1475.06
$MP_{2,5}$	152.54

- ✓ Preparación de Terrenos Agrícolas: Se toma como base las emisiones estimadas para el año 2007 en (CENMA 2010) y se proyectan con una tasa de crecimiento igual a 4.7% la cual corresponde al crecimiento promedio del PIB silvoagropecuariode la IX Región entre los años 2008 y 2011.

Sub-categoría	Superficie (Ha)	Superficie (Acres)	Emisión MP_{10} (ton/año)	Emisión $MP_{2,5}$ (ton/año)
Cereales y Chacras	9247.1	22850.1	61.4	41.4
Cultivos Industriales	3322.6	8210.3	66.3	44.7
Hortalizas	1171.9	2895.9	28.5	19.2
Frutales	991.9	2451.0	2.3	1.6
Forestales	9977.9	24655.9	3.0	2.0
Forrajeras	2.1	5.2	0.01	0.01

Fuente: (CENMA 2010)

- ✓ Factores de emisión: Se consideran los siguientes factores de emisión:

Fuente	Unidad	MP	MP_{10}	$MP_{2,5}$	Fuente
Construcción de Edificios	kg/m^2-mes	0.0504	0.0247	0.0011	CARB Section: 7.7 Building Construction Dust (Revised September 2002)
Construcción de Caminos	kg/m^2-mes	0.042	0.0247	0.00077	CARB, California, 1997
Calles sin pavimentar	ton/metro lineal	0.020589	0.006023	0.0009	Estimación Propia en base a DICTUC (2008)

	MP10 (ton/ha-año)	MP25 (ton/ha-año)
Trigo	0.004571	0.003078
Avena	0.004571	0.003078
Cebada	0.004571	0.003078
Maíz	0.008525	0.005741
Papa	0.028170	0.018970

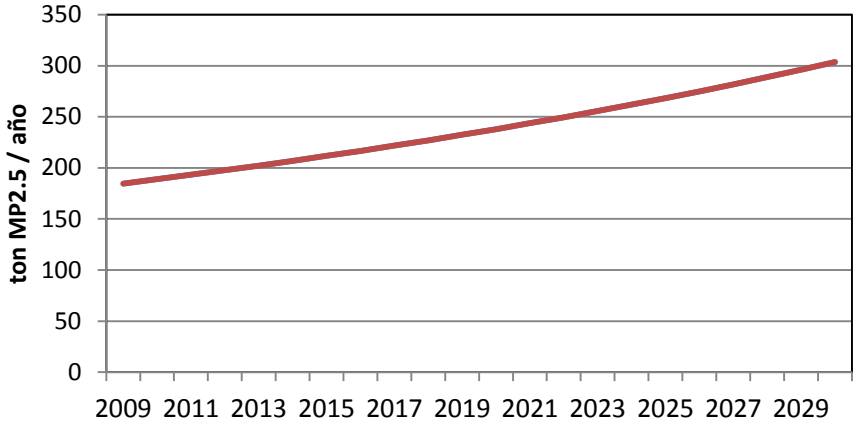
5.2.4.2 Emisiones de Línea Base

A continuación se detallan las emisiones de la línea base del sector emisiones fugitivas (no

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

se diferencia entre los escenarios con y sin PDA de MP10).

Figura 5-4 Evolución Línea Base de Emisiones – Fuentes Fugitivas



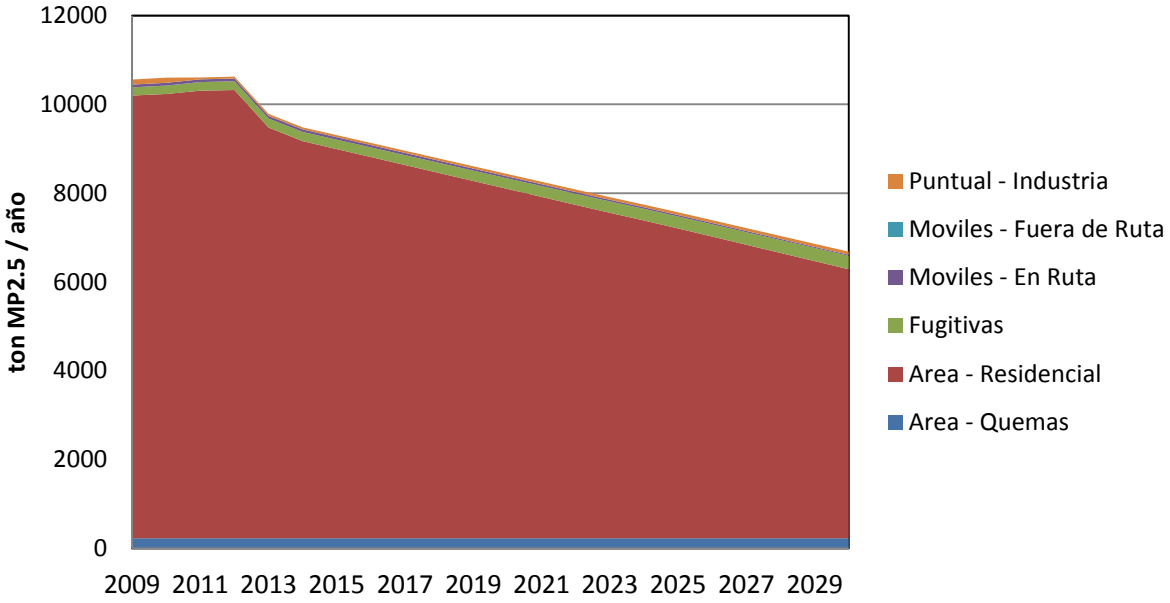
Fuente: Elaboración propia

5.2.5 Línea Base de Emisiones Agregada

Luego de la explicación de cómo se estableció la línea base de emisiones para cada uno de los sectores, la siguiente figura muestra la línea base para el contaminante MP2.5 para el periodo 2009 – 2030.

Como se aprecia, el Plan de Descontaminación de MP10 a través de las medidas y acciones que este contiene junto con la normativa de calefactores vigente a partir del año 2014 ejercen una fuerte reducción de emisiones.

Figura 5-5 Línea Base de Emisiones – Todos los Sectores



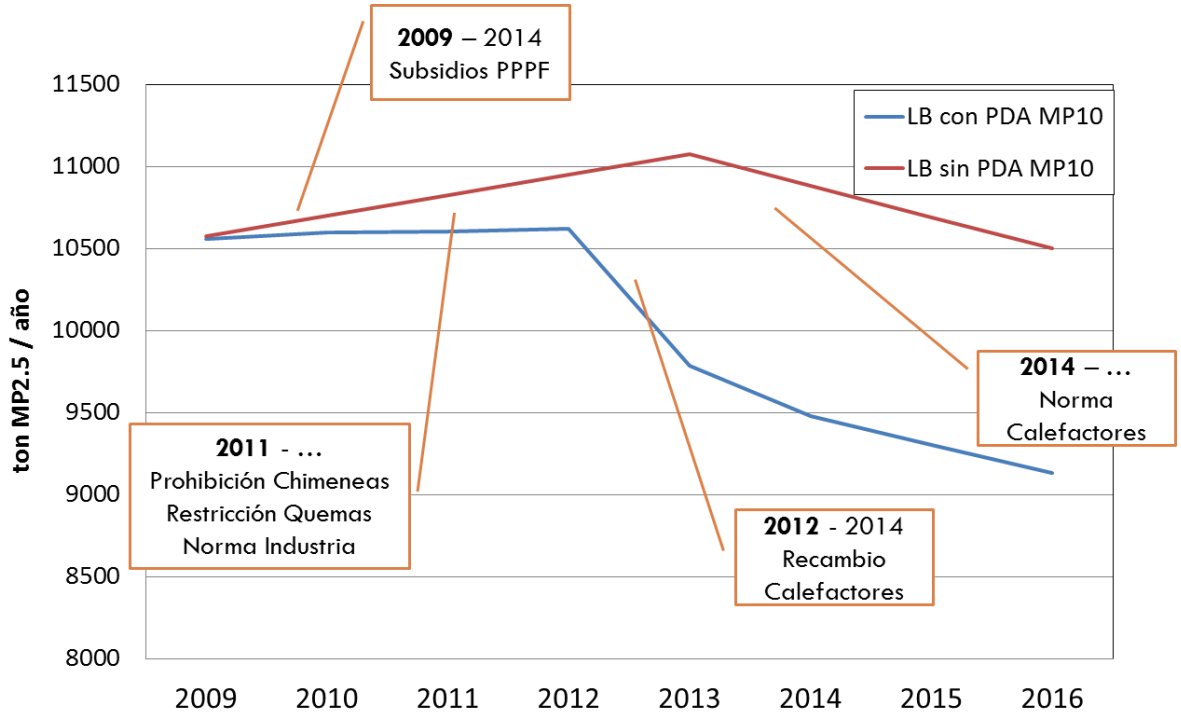
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Fuente: Elaboración propia

La línea base de emisiones presentada en la figura anterior corresponde al escenario "Con PDA de MP10" la cual contiene las medidas del Plan de Descontaminación de MP10 para Temuco y Padre las Casas hasta el año 2014 y corresponde a la línea base de emisiones utilizada en el presente documento.

Se presenta también la línea base de emisiones agregada tanto para el escenario "Con PDA de MP10" como para "Sin PDA de MP10" con un zoom entre los años 2009 y 2016 que es donde se observan los distintos cambios. Así se aprecia de buena manera el efecto que tienen las medidas contenidas en este plan y el efecto que tiene la nueva norma de calefactores.

Figura 5-6Efecto del PDA de MP10 en la Evolución Línea Base de Emisiones – Todos los sectores



Fuente: Elaboración propia

5.3 Determinación de las Concentraciones de $MP_{2,5}$

Para la estimación de la concentración ambiental de MP2,5 a partir de diferentes escenarios de emisiones se utiliza una relación entre emisión y concentración contante (Factor Emisión Concentración - FEC) a partir del método conocido como "*roll-back* simple" en donde se supone una relación lineal entre emisiones y concentraciones como se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación 5-2 Supuesto de la relación lineal entre emisiones y concentraciones

$$\mathrm{FEC}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{t}}\left(\frac{\mathrm{ton}}{\mu\mathrm{g}/\mathrm{m}^3}\right)=\left(\frac{\partial \mathrm{C}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{t}}\left(\mu\mathrm{g}/\mathrm{m}^3\right)}{\partial \mathrm{E}^{\mathrm{t}}(\mathrm{ton})}\right)^{-1}\approx\frac{\mathrm{E}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{t}}(\mathrm{ton})}{\mathrm{C}^{\mathrm{t}}\left(\mu\mathrm{g}/\mathrm{m}^3\right)}$$

Donde

- $\mathrm{FEC}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{t}}\left(\frac{\mathrm{ton}}{\mu\mathrm{g}/\mathrm{m}^3}\right)$: Factor emisión-concentración en la zona *i* en el año *t*
- $\mathrm{C}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{t}}\left(\mu\mathrm{g}/\mathrm{m}^3\right)$: Concentración ambiental de contaminante correspondiente al emitido (eventualmente secundario), en la zona *i* para el año *t*
- $\mathrm{E}_{\mathrm{i}}^{\mathrm{t}}(\mathrm{ton})$: Emisión de contaminante para el año *t*

Tal como se mencionó anteriormente, la Zona de Temuco y Padre las Casas se encuentra saturada en la norma de calidad primaria diaria de MP2.5, la cual es medida como el percentil 98 de concentraciones promedio diarias en un año. Por este motivo, se debe evaluar el comportamiento de dicho valor además de la concentración anual de MP2.5como comúnmente se hace en estos análisis. Las medidas que se evaluaran en el presente estudio buscan alcanzar la norma diaria pero estas también implicaran que se reduzca la concentración con métrica anual por lo que en el presente estudio también se presentaran estos resultados.

5.3.1 FEC - Concentración Anual $MP_{2.5}$

A pesar de que aún no existen suficientes antecedentes para declarar superada la norma de calidad primaria de concentración anual de MP2.5, se realizará el ejercicio de analizar que ocurre con esta métrica de concentración al alcanzar (según los escenarios) la norma diaria de MP2.5.

Se considera la utilización de FEC calculándolo con la información de emisiones estimada en base a lo descrito en la Sección 5.2 con año base 2009 y la concentración promedio anual (año calendario) del 2009 en la Estación Las Encinas que es igual a 43 ug/m3$MP_{2.5}$(SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania 2012).

Tabla 5-10 Factor Emisión Concentración – Concentración Anual

Sector	Emisiones MP2,5 2009 (ton/año)	Concentración Anual (ug/m3$MP_{2,5}$)	FEC (ton/[ug/m3]$MP_{2,5}$)
Área - Residencial	9,970.1	43	245.5
Puntual - Industria	112.8		
Área - Quemas	226.5		
Móviles - En Ruta	62.5		

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Móviles - Fuera de Ruta	1.1		
Fugitivas	184.7		
Total	**10,557.8**		

Fuente: Elaboración propia en base a (CENMA 2010, SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania 2012)

Cabe destacar que se considera que en la zona de Temuco y Padre las Casas, no hay aporte a la concentración de MP2,5 por parte de contaminantes segundarios (SO2, NOxy NH3). Esta última consideración es de acuerdo a lo señalado en Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010)que indica que se han realizado estimaciones de material particulado secundario a través de un sistema de modelación, estableciendo que su aporte al MP_{10} (y por consiguiente al $MP_{2.5}$) era despreciable.

5.3.1 FEC - Concentración Diaria $MP_{2.5}$

Para estimar los FEC para concentración diaria de MP2,5 (y evaluar así el p98 que considera la norma) también se utiliza el método roll back simple pero se analiza la participación en emisiones que tienen los diferentes sectores en un día de invierno típico, utilizando una metodología similar a la desarrollada en el AGIES del PDA de MP10 (CENMA 2007).

Se considera que el p98 de la concentración promedio diario en un año se encuentra en el mes de Julio (mes en donde se alcanzan las concentraciones diarias de MP2,5 más altas) por lo que se estima, para el año 2009 y a la línea base de emisiones construida en la Sección 5.2), el nivel de emisiones diario para cada sector emisor, considerando esto, como un día típico de invierno. Los supuestos que se siguen para establecer el nivel de emisiones diarias son los siguientes:

- ✓ Las emisiones del sector residencial dependen de la necesidad de calefacción, por lo que se calculan los grados hora para cada mes (correspondientes a las temperaturas horarias promedio entre los años 2009, 2010, 2011[12], considerando 15°C como temperatura de confort) y se distribuyen las emisiones totales por año según esta proporción. El cálculo de grados hora para contabilizar la necesidad de calefacción solo considera los meses entre Marzo y Noviembre y un horario entre las 7 y 00 horas. La siguiente tabla muestra la distribución mensual resultante de emisiones.

[12] Obtenidas a partir de la página web de SINCA correspondiente a las temperatura registradas por el monitor Las Encinas.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 5-11 Distribución de Emisiones Sector Residencial según Mes

Mes	Grados Hora (°hr)			Distribución de Emisiones MP2.5 según Necesidad de Calefacción (%)	Emisiones 2009 (tonMP2.5/mes)
	2009	2010	2011		
Enero	0	0	0	0.0%	0.0
Febrero	0	0	0	0.0%	0.0
Marzo	600.8	638.2	842.1	3.8%	381.0
Abril	978.1	1777.2	1631.1	8.1%	803.1
Mayo	2388.9	1158.8	2633	11.4%	1,131.7
Junio	3605.6	657.1	3042.9	13.4%	1,337.6
Julio	4245.1	2358.4	4009.9	19.5%	1,943.3
Agosto	2692	3088	3325.8	16.7%	1,667.2
Septiembre	2722.4	1979.5	2220	12.7%	1,267.4
Octubre	2024.7	1357.8	1728	9.4%	935.7
Noviembre	1816.3	172.8	758.3	5.0%	503.0
Diciembre	0	0	0	0.0%	0.0
Total	**21073.9**	**13187.8**	**20191.1**	**100%**	**9,970.1**

Fuente: Elaboración propia en base a SINCA y (CENMA 2010)

De la tabla anterior se desprende que para un día típico de invierno (Julio), el nivel de emisiones para el año 2009 es igual a **62.7 ton$MP_{2,5}$/día.**

- ✓ Según (CENMA 2010)y basado en los antecedentes de CONAF, la mayor parte de las quemas agrícolas se realizaba en Abril antes de la implementación del PDA de MP10 y en Marzo luego de la implementación del PDA, mientras que los incendios forestales se concentran en el periodo Diciembre – Marzo de cada año. Con estos antecedentes se realiza el supuesto de que el sector Quemas no aporta emisiones en un día típico de invierno (Julio).

- ✓ Para los otros sectores (Fuentes Puntuales, Móviles y Fugitivas) se considera una distribución uniforme a lo largo del año.

Con estos supuestos, el nivel de emisiones diario para un día típico de invierno y según sector de emisiones se presenta en la siguiente tabla. Se indica también el resultado de la estimación de FEC considerando el p98 de la concentración promedio diaria para el año 2009 en la estación monitora Las Encinas(SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania 2012).

Tabla 5-12 Factor Emisión Concentración – Concentración Diaria

Sector	Emisiones Diarias (tonMP2,5/día)	p98 (ug/m3$MP_{2,5}$)	FEC (ton/[ug/m3]$MP_{2,5}$)
Área - Residencial	62.7	209	0.3047
Puntual - Industria	0.3		
Área - Quemas	0		

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

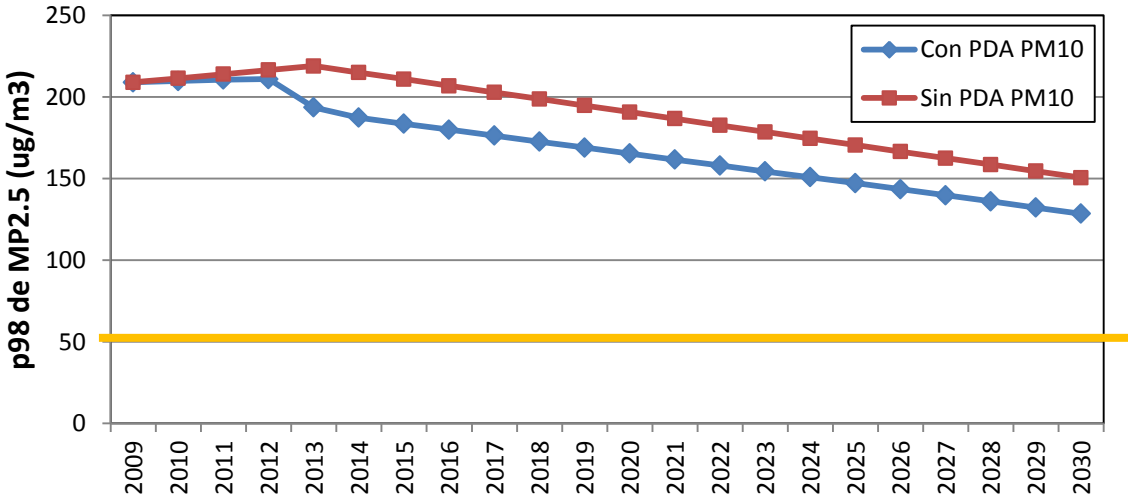
Móviles - En Ruta	0.2		
Móviles - Fuera de Ruta	0.003		
Fugitivas	0.5		
Total	63.7		

Fuente: Elaboración propia en base a (CENMA 2010, SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania 2012)

5.3.2 Línea base de concentraciones de $MP_{2,5}$

La siguiente figura muestra la evolución de la concentración diaria (p98) de $MP_{2,5}$para el escenario de línea base. Se puede apreciar aquí, que la entrada en vigencia de la norma de emisión de artefactos a leña en conjunto con las medidas del PDA de MP10 provoca una fuerte reducción en los niveles de concentración de $MP_{2,5}$en el tiempo, pero de todas maneras, el nivel de concentración se mantiene por sobre la norma para todo el periodo de evaluación.

Figura 5-7Evolución de la Línea Base de Concentraciones de MP2,5 (p98)

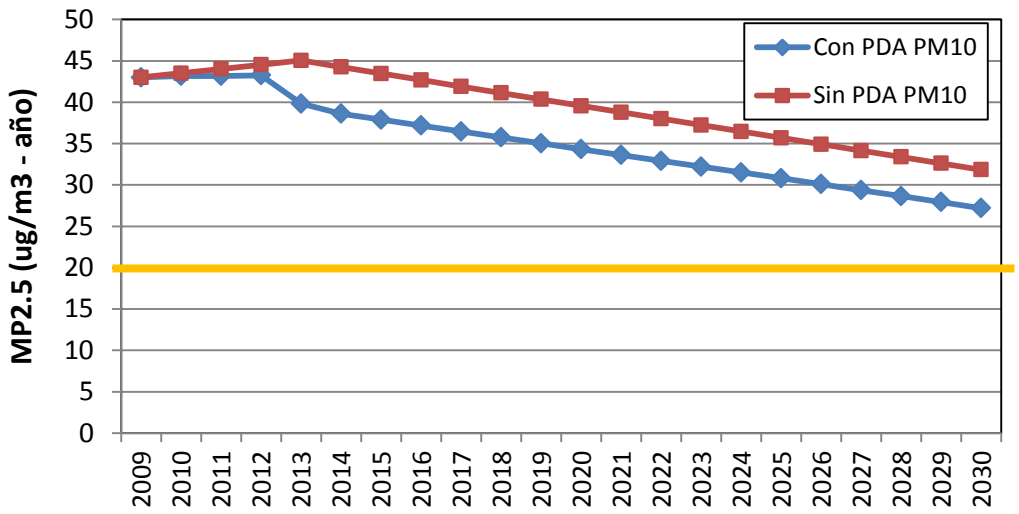


Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la Figura 5-8, presenta la línea base de concentraciones anuales de $MP_{2.5}$. De aquí se puede apreciar, quea pesar de la existencia de la Norma de Calefactores junto con la reducción asociada al PDA de MP10 la zona no alcanza a cumplir con la norma de calidad de $MP_{2,5}$anual a ningún año del periodo de evaluación.

Figura 5-8 Evolución de la Línea Base de Concentraciones de $MP_{2.5}$(Concentración Anual)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl



Fuente: Elaboración propia

5.4 Meta de Reducción de Emisiones según escenarios

Según los resultados presentados en la Sección5.3.2, la proyección de concentraciones de MP2.5 indica que al año 2022 el p98 será de 158.1 ug/m3$MP_{2.5}$, al 2025 será de 147.3 ug/m3$MP_{2.5}$y al 2030 será de 128.6 ug/m3$MP_{2.5}$.

En términos de concentraciones, la siguiente tabla indica la reducción que se debe obtener para cada escenario.Como es de esperarse, producto de que la concentración de línea base va disminuyendo en el tiempo, el porcentaje de reducción del Escenario 3(cumplimiento de norma al 2030) es el más bajo. En todos los escenarios la meta de reducción es mayor al 60% lo que implica un gran desafío para el Plan de Descontaminación de MP2.5.

Tabla 5-13 Meta de reducción de concentraciones según escenario

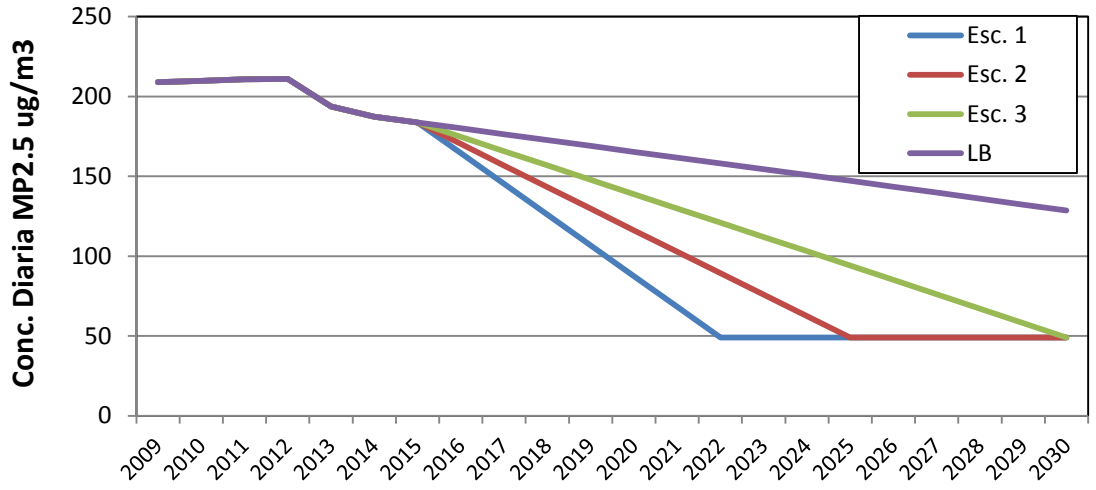
	Año Meta	Concentración LB Año Meta (p98 ug/m3$MP_{2,5}$)	Concentración Meta (p98 ug/m3$MP_{2,5}$)	Reducción (%)
Escenario 1	2022	158.1	49	69.0%
Escenario 2	2025	147.3	49	66.7%
Escenario 3	2030	128.6	49	61.9%

Fuente: Elaboración propia

Los siguientes gráficos muestran, según los % de reducción establecidos en la tabla anterior para cada escenario, como debiera ir evolucionando la concentración diaria y anual asumiendo una reducción lineal a partir del año 2015.

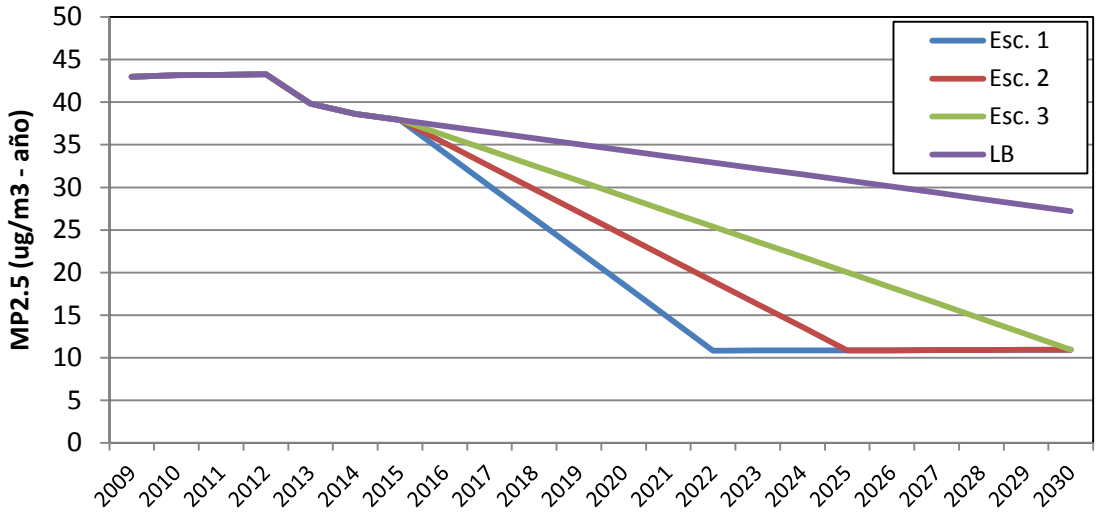
Figura 5-9 Reducción esperada de concentración diaria (p98) de MP2,5 según escenarios

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-10 Reducción esperada de concentración anual de MP2,5 según escenarios



Fuente Elaboración propia

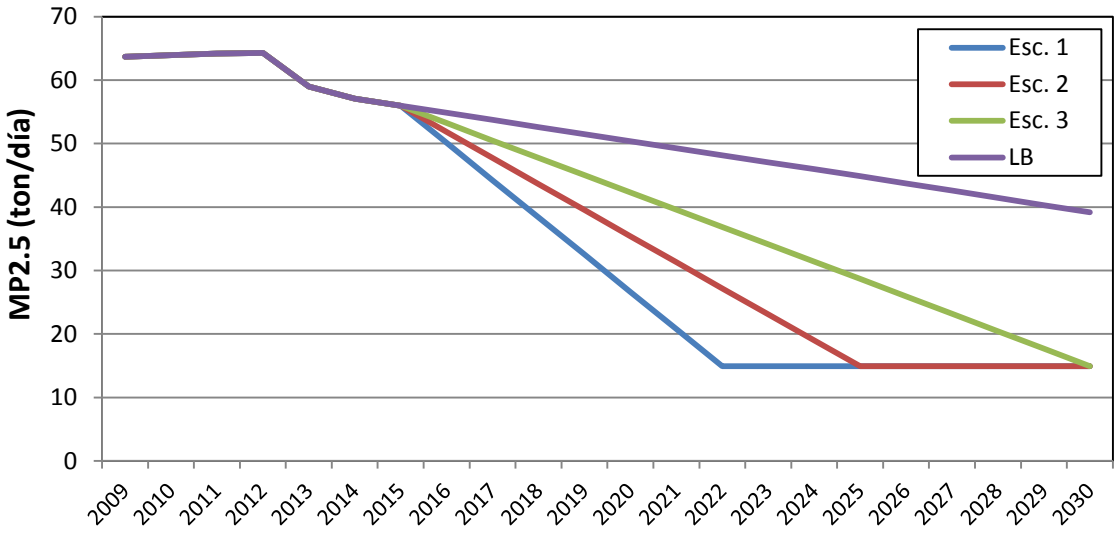
A partir del grafico anterior se desprende que al conseguir la norma diaria de concentraciones de MP2.5 (p98 igual a 50 ug/m3), la norma anual de concentraciones de MP2.5 también se consigue (20 ug/m3 media anual) lo que implica que en la zona de Temuco y Padre las Casas la norma determinante corresponde a la norma diaria (una vez que se alcanza esta, se da cumplimiento de por si a la norma anual).

Utilizando los valores de FEC descritos en la Sección5.3, en términos de emisiones, tanto anuales como diarias, los siguientes gráficos muestran las reducciones de emisiones con respecto a la línea base de emisiones que se debe conseguir para cada escenario. Se

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

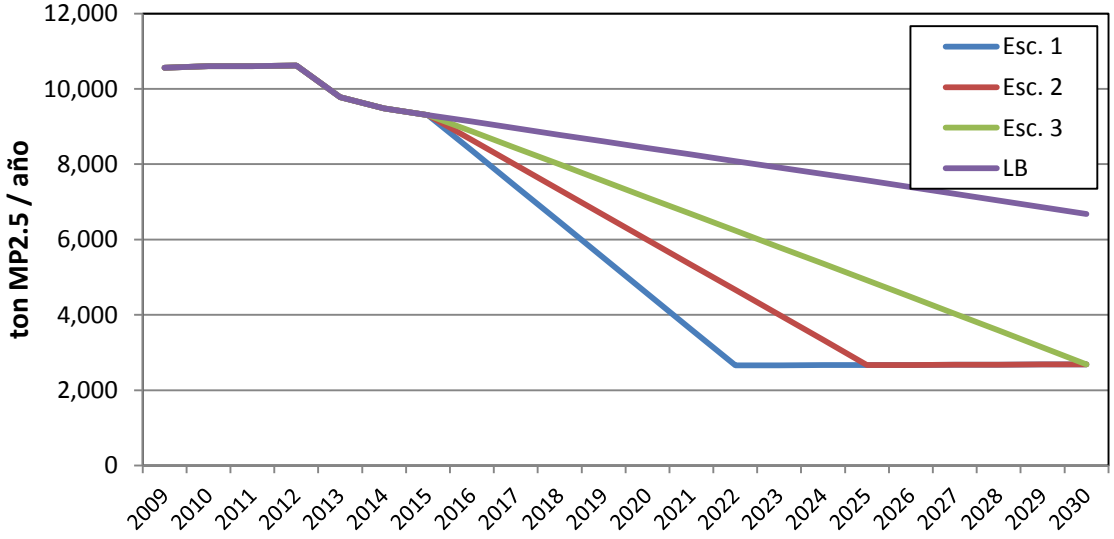
asumió una reducción lineal entre el año 2015 y la reducción requerida para el año meta de cada escenario.

Figura 5-11 Reducción esperada de emisiones diaria (día típico de invierno) de MP2,5 según escenarios



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-12 Reducción esperada de emisiones anuales de MP2,5 según escenarios



Fuente Elaboración propia

Esta reducción de emisiones tendrá que ser producida por la implementación de las medidas que se incluirán en el presente estudio, por lo que estas son evaluadas también según 3 escenarios verificando así, el cumplimiento de los objetivos propuestos.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

6. Identificación de Medidas de Abatimiento de Potencial Aplicación

Se realizó una revisión exhaustiva de medidas de abatimiento de potencial aplicaciónen las comunas de Temuco y Padre las Casas y de los programas complementarios que pueden apoyar a estas.

La revisión de documentos consistió, en primera instancia, en realizar una revisión crítica al documento proporcionadoporla Seremi de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía el cual contiene la Propuesta de Medidas para Evaluar. Este documento y las medidas contenidas son la base para elaborar el listado preliminar de medidas a evaluar, el cual es complementado con la revisión de todos los otros tipos de documentos que serán descritos a continuación.

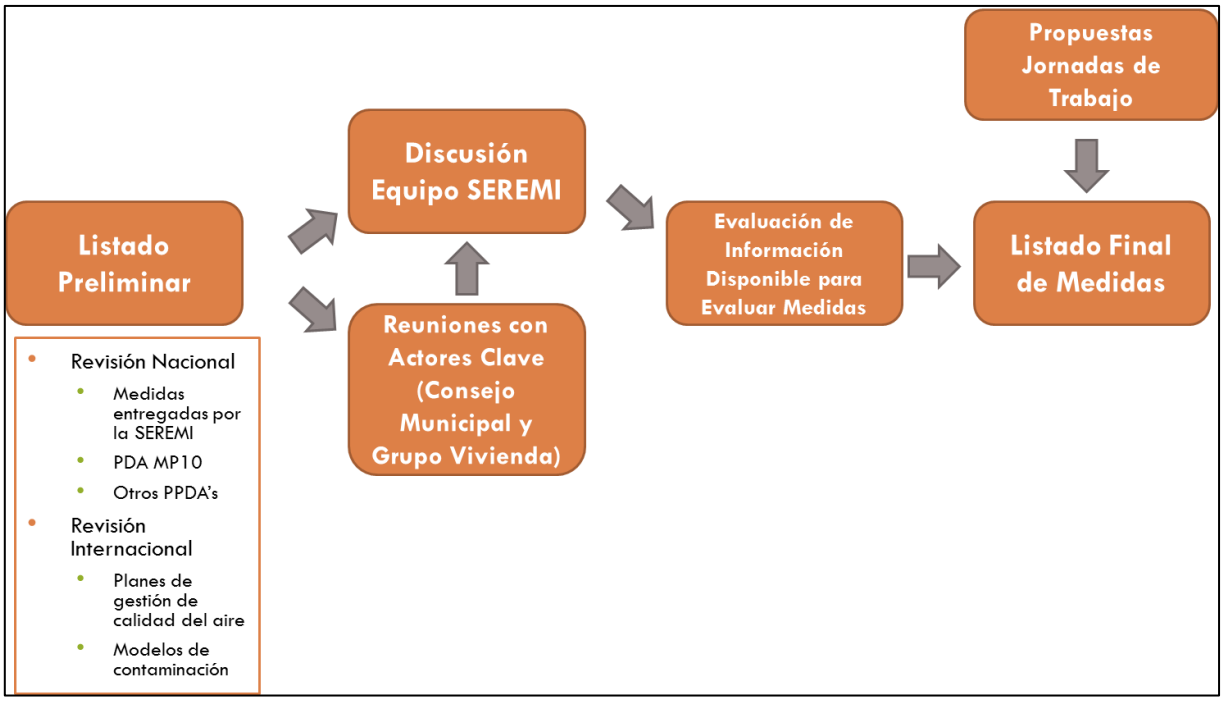
En segunda instancia, se realizó una revisión de la bibliografía nacional, centrándose principalmente en las medidas contenidas en los AGIES asociados a los PDAs y PPAs realizados en Chile a partir del año 1995. Además, se incorporan los resultados de la realización de un taller en la ciudad de Temuco el año 2012, en donde se discutieron las posibles medidas que deben ser incluidas en los futuros PDA y PPA en las ciudades que tienen como principal fuente de contaminación la calefacción residencial con leña.

Por último, se realizó una revisión bibliográfica internacional la cual consideró tanto planes de gestión de calidad del aire de ciudades con problemas de material particulado fino que se encuentren aplicando medidas, como también modelaciones ya desarrolladas por organismos internacionales en reducción de emisiones, costos asociados y cuantificación de beneficios. La revisión de los modelos internacionales, más que generar información sobre posibles medidas a aplicar, serán un aporte al momento de evaluar detalladamente las medidas permitiendo conocer las tecnologías de abatimiento disponibles, su potencial de reducción y los costos asociados.

Esta revisión tiene como resultado, luego de un proceso de priorización y selección, un listado preliminar de medidas para ser detalladamente evaluadas (ver Sección 6.2). Se dio especial énfasis a aquellas medidas asociadas a la reducción de emisiones del sector residencial (uso de leña) por lo que no debe extrañar que gran parte del listado de medidas corresponda a este sector. Luego, en la Sección 7, se establece el listado final de medidas a evaluar que fue discutido y consensuado con la contraparte del estudio además de ser presentado también en reuniones con actores claves, instancias en las cuales también se dio la oportunidad de agregar nuevas medidas a la evaluación. La siguiente figura esquematiza el proceso de selección de medidas que se evalúan detalladamente en el presente estudio.

Figura 6-1 Proceso de Selección de Medidas a Evaluar Detalladamente

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl



Fuente: Elaboración propia

Las siguientes secciones detallan cada uno de los pasos mostrados en la figura anterior.

6.1 Revisión de Documentos

6.1.1 Listado de Medidas entregado por SEREMI Medio Ambiente, Región de la Araucanía

El listado de medidas entregado por la SEREMI de Medio Ambiente consta de dos secciones. La primera de ellas es la revisión y evaluación de las actuales medidas contenidas en el PDA de MP10 evaluando nuevas metas, plazos, alcances y/o formas de aplicación. La segunda sección consta de medidas nuevas referidas a la reducción de emisiones del sector residencial producto de la combustión a leña. El documento integro enviado por la SEREMI se puede apreciar en el Anexo10.1.

6.1.1.1 Medidas Contenidas en el PDA de MP10

La siguiente tabla muestra un resumen de las medidas contenidas en el PDA de MP10 (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010).

Tabla 6-1Medidas contenidas en el PDA de MP10 de Temuco y Padre las Casas

Sector	Tipología	Objetivo / Medida o Programa	Penetración PDA MP10

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Sector	Tipología	Objetivo / Medida o Programa	Penetración PDA MP10
Residencial	Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	80% a los 3 años de vigencia del plan
	Tecnología (artefactos)	Recambio de Estufas (emisión menor a 1.5 g/h) a partir de un programa de recambio voluntario	12000 artefactos en 10 años
		Prohibición de Chimeneas de Hogar Abierto en zonas urbanas	100% a los 6 meses
	Aislación Térmica	Mejoramiento Térmico de Viviendas Existentes a partir de programa en marco del PPPF	10000 viviendas en 10 años
		Mejoramiento Térmico de Viviendas Nuevas a partir de Certificación de viviendas nuevas	No aplica
Industrial y Residencial	Tecnología	Norma de Emisión Industrial, Comercial y Calderas de Calefacción Grupal Nuevas y Existentes	100% a los 3 años de vigencia del plan
	General	Compensación de Emisionesen un 120% para todo aquel proyecto que se someta al SEIA y que genere emisiones mayores a 1 ton/año de MP10, o de 0.5 ton/año para edificios de calderas de calefacción grupal.	100% a los 5 años de vigencia del plan
Quemas	Tecnología	Prohibición de Quemas Agrícolas y Forestales para el periodo 1 de Abril - 30 de Sept.	100% a los 6 meses de vigencia del plan
		Prohibición de Quemas al Aire Libre	No se indica
Transporte Público	Tecnología	Congelamiento de Emisiones 2007	No se indica
Otros	General	Programa de Arborización Urbana	3000 árboles anuales

Fuente: Elaboración propia a partir de (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010)

La SEREMI solicitó especial énfasis en la evaluación de nuevas metas, plazos, alcances y/o formas de aplicación de las medidas que en la tabla anterior se encuentran destacadas por lo que estas serán consideradas prioritarias al momento de generar el listado preliminar de medidas a evaluar.

Adicionalmente, la SEREMI ha indicado especial relevancia a todas aquellas medidas contenidas en el PDA de MP10 relacionadas con programas de educación y difusión.

6.1.1.2 Nuevas Medidas Sector Residencial

Según el documento entregado por la SEREMI (ver documento original en Anexo10.1), se

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

deben considerar en la evaluación las nuevas medidas que son listadas en la siguiente tabla. Las medidas están sub clasificadas entipologías: combustible, tecnología (artefacto), aislación térmica, general (compensaciones) y GEC.

Para presentar la información, se realizó una pequeña modificación a lo entregado originalmente por la SEREMI diferenciando el efecto que se quiere lograr (objetivo) a él o los programas / medidas que apoyan el cumplimiento de este objetivo. Cabe destacar también, que cada uno de estos programas o medidas, deben ir acompañados por instrumentos económicos de gestión ambiental que los apoyen los cuales irán siendo diseñados a lo largo del estudio.

Tabla 6-2Listado de Medidas a evaluar propuesto por SEREMI de Medio Ambiente IX Región

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Registro obligatorio para comerciantes de leña, con prohibición de venta para quienes no estén en el registro.
		Disposición de medidores de humedad (xilohigrómetros) en salón de venta de comerciantes de leña y distribución a domicilio.
		Programa de subsidios o incentivos en capital de trabajo para comerciantes y productores de leña.
		Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de leña y derivados de la madera (biomasa)
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Programa de subsidios a combustibles biomásicos de bajas emisiones.
		Programa de subsidios a otros combustibles como gas, kerosene y/o electricidad.
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **viviendas existentes**	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión.
		Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC.
		Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda
		Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **viviendas nuevas**	Prohibir el uso de artefactos unitarios a leña en viviendas nuevas
		Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.
		Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas nuevas
		Programas de incentivo (tributario u otro) asociado a calefacción distrital para proyectos inmobiliarios nuevos.
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción	Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en edificios residenciales existentes y nuevos.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas
	más eficientes en **edificios residenciales**	
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **sector comercial, industrial y público** (nuevos y existentes)	Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en sector comercial, industrial y público.
Complementaria	Aumentar efectividad de mejora en humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	**No permitir Humos visibles** : Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala Ringelmann u otra alternativa
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de **viviendas existentes**	Implementar programa de Incentivos-subsidios a la aislación térmica en viviendas de más de 650 UF, que actualmente no pueden postular al PPPF térmico tradicional. El incentivo o subsidio debería permitir llegar a una calificación energética clase C.
		Establecer nueva meta de mejoramiento térmico en el marco del PPPF y lograr para estas viviendas llegar a una calificación energética clase C.
	Mejorar aislación térmica de **viviendas nuevas**	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. • Aplicar zona térmica 6 ó 7 de la OGUC en la zona saturada. • Exigir calificación energética clase C para viviendas nuevas.
General	Compensación de emisiones para **viviendas nuevas**	Exigencia para que toda vivienda nueva compense sus emisiones.
		Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA.
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefacto a Leña en zona saturada	Restricción de uso para **todo artefacto a leña** en cualquier episodio de contaminación.
		Restricción de uso para **todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio.** • Alerta: Restricción en 2 zonas • Preemergencia: Restricción en 4 zonas • Emergencia: Restricción en 6 zonas
		Restricción de uso de **artefacto a leña que no cumplen norma de emisión**.

Fuente: Elaboración propia basado en SEREMI de Medio Ambiente

6.1.2 Revisión Bibliográfica Nacional

La revisión nacional se basó en las medidas evaluadas en los AGIES asociados a los PDAs y PPAs realizados en Chile a partir del año 1995. La tabla a continuación lista todos los PDAsyPPAs existentes a la fecha junto con la indicación de la existencia del documento AGIES asociado.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 6-3 Planes de Descontaminación y Prevención Ambiental establecidos en Chile

Plan	Zona Geográfica	Año Publicación Norma	Contaminantes responsables de declaración Zona Latente o Saturada	Existencia de AGIES
PDA	Ventanas	1992	SO2 y MP10 (saturada)	No
PDA	Chuquicamata	1993 + Actualizaciones	SO2 y MP10 (saturada)	Sí
PDA	Fundición Hernán Videla Lira	1995	SO2(saturada)	No
PDA	Caletones	1998	SO2 y MP10 (saturada)	Sí
PDA	Potrerillos	1999	SO2 y MP10 (saturada)	Sí
PDA	María Elena y Pedro de Valdivia	1999 + Actualizaciones	MP10(saturada)	Sí
PPDA	Región Metropolitana	2000 + Actualizaciones	O3, MP10, CO (saturada) NO2(latente)	Sí
PDA	Tocopilla	2010	MP10(saturada)	Sí
PDA	Temuco y Padre las Casas	2010	MP10(saturada)	Sí
PPA	Concepción Metropolitano	En evaluación de anteproyecto	MP10(latente)	Sí
PDA	Valle Central de la VI Región	En evaluación de anteproyecto	MP10(saturada)	Sí

Fuente: Elaboración propia

Para la revisión de medidas incluidas en los PDAs y PPAs presentados en la tabla anterior se excluyeron aquellos que corresponden a áreas industriales (por causa de la industria fueron declaradas saturadas). Además, dado que las medidas contenidas en el PDA de MP10 de Temuco y Padre las Casas fueron analizadas anteriormente (ver Sección 6.1.1.1), la secciones siguientes, presentan las medidas contenidas y evaluadas en los AGIES correspondientes al PPDA de la Región Metropolitana, PPA de Concepción Metropolitana y PDA del Valle Central de la VI Región.

6.1.2.1 PPDA de la Región Metropolitana

Los documentos analizados para la recopilación de medidas asociadas al PPDA de la Región Metropolitana corresponden a:

- ✓ SCL Econometrics(2007). Análisis General de Impacto Económico y Social del Rediseño del Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (MP10) en la Región Metropolitana.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- ✓ DICTUC (2008b). Análisis y Evaluación del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana.
  Este documento realiza la evaluación económica y social de la implementación de las medidas contenidas en el PPDA inicial y de las nuevas medidas propuestas en el anteproyecto para la 2ª Actualización del PPDA, por lo que contiene el listado completo de medidas asociadas al PPDA de la RM.

Tabla 6-4 Medidas de Abatimiento de Emisiones evaluadas para el PPDA de la Región Metropolitana

Sector	Medida
Residencial	Rotulado de artefactos y clasificación por tipo + Prohibición de uso de artefactos según clasificación tipo + Límites de emisión
	Regulación para el uso de calefactores. Gestión de Episodios Críticos (GEC)
	Especificaciones del kerosene
Industrial	Meta 2010 MP (50% de emisiones 1997)
	Norma SO_2 (ng/J) para todas las fuentes
	Meta 2010 NO_X (50% de emisiones 1997)
	Compensación fuentes nuevas RM
	Norma de emisiones grupos electrógenos existentes
	Norma de emisiones grupos electrógenos nuevos
	Optimización del sistema de compensación de emisiones en la Industria
Quemas	Prohibición de quemas agrícolas
Transporte	Normas de emisión para buses nuevos
	Normas de emisión para vehículos pesados nuevos
	Exigencias de tecnologías de control de emisiones y registro de flotas de vehículos de carga y servicio
	Normas de emisión para vehículos livianos y medianos nuevos
	Medición en revisión técnica modo ASM
	Normas de emisión para motocicletas nuevas
	Restricción vehicular permanente para el período GEC
	Programa para acelerar el retiro de los vehículos sin sello verde
	Vehículos de cero y ultra baja emisión
	Especificaciones petróleo diesel
	Especificaciones de la gasolina
	Especificaciones gas licuado de petróleo (LPG) de uso vehicular
	Programa de construcción de ciclovías urbanas
	Instalación de filtros en maquinarias fuera de ruta
Otros	Plan Santiago Verde (Arborización)
	Programa aspirado de calles

Fuente: Elaboración propia en base a (SCL Econometrics 2007, DICTUC 2008b)

Como se desprende de la tabla anterior, los sectores responsables de las emisiones de contaminantes en la Región Metropolitana son muy distintos a los correspondientes a la zona de Temuco y Padre las Casas por lo que las medidas para el sector residencial no son una parte importante del listado.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Dado que la propuesta de medidas para evaluar enviada por la SEREMI es muy completa para el objetivo principal que corresponde al sector residencial y además se encuentran en la lista preliminar de evaluación las medidas contenidas en el PDA de MP10 de Temuco y Padre las Casas, de la tabla anterior no es posible desprender muchas medidas adicionales para incluir en la evaluación.

El sector residencial agrega "Especificaciones al Kerosene" la cual podría cobrar relevancia si se incentiva el uso de este combustible en la zona. El sector Industrial no agrega medidas a la lista ya que las emisiones industriales no son relevantes en la zona, muchas de las medidas ya poseen una norma a nivel nacional y la compensación de emisiones ya se encuentra incorporada en el listado de medidas entregado por la SEREMI. Por su parte, el sector Quemas no entrega nuevas medidas.

Para el sector transporte ocurre similar que con el sector residencial. Las emisiones de MP2.5 de este sector no son relevantes en la zona y muchas de las medidas indicadas en la tabla anterior serán normativa nacional (norma de emisión buses, camiones, vehículos livianos y medianos y motocicletas). De todas maneras, sería interesante evaluar la posibilidad e interés de analizar detalladamente las siguientes medidas:

- ✓ Especificaciones a los combustibles (Petróleo Diésel, Gasolina y LPG)
- ✓ Programa para acelerar el retiro de los vehículos sin sello verde
- ✓ Programa de construcción de ciclovías urbanas
- ✓ Instalación de filtros en maquinarias fuera de ruta

Por último, en el sector "Otros", el Plan de Arborización Urbana ya se encuentra incluido en el listado preliminar de medidas a evaluar y resultaría interesante incluir a este listado la medida "Programa de Aspirado de Calles".

Todas las medidas que se proponen incluir al listado preliminar de medidas a evaluar se encuentran destacadas en la tabla anterior (Tabla 6-4).

6.1.2.2 PPA de Concepción Metropolitano

El documento revisado para la recopilación de medidas de abatimiento corresponde a "Elaboración Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Plan de Prevención Atmosférica de Concepción Metropolitano" (Universidad de Concepción 2011).

Adicionalmente, Universidad de Concepción y PROTERM (2011) en el documento "Evaluación de Medidas para Reducir la Contaminación Atmosférica en Complejos Industriales y Grandes Fuentes del Gran Concepción" realiza un análisis de las mejores técnicas disponibles para las grandes fuentes industriales. Estas medidas y análisis del documento no se incluyen en la presente revisión por no ser el sector industrial en la zona

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

de Temuco y Padre las Casas un importante aporte en las emisiones.

Tabla 6-5 Medidas de Abatimiento de Emisiones evaluadas para el PPA de Concepción Metropolitano

Sector	Medida
Residencial	Norma de emisión para calefactores nuevos de combustión a biomasa.
	Prohibición de uso de chimeneas en zona urbana.
	Recambio de equipos antiguos por nuevos de parte del Estado
	Regulación leña seca
	Subsidio al mejoramiento térmico de las viviendas nuevas y existentes.
Industrial	Incorporación de tecnología de abatimiento y compensación de emisiones en mayores fuentes
	Congelamiento de emisiones de MP y SO_2 de los complejos industriales
	Incorporación de tecnología de abatimiento en nuevos complejos industriales
	Compensación de nuevas emisiones de MP en un 100%
	Norma de Emisión de MP para hornos y calderas existentes
	Norma de Emisión de MP, SO_2 y NO_X para hornos y calderas nuevas
	Reducción progresiva de los niveles de azufre en los combustibles
	Abastecimiento al sector industrial de GNL y/o comprimido
	Sistema de monitoreo continuo de emisiones para MP10, SO_2 y NO_X
Quemas	Prohibición de quemas agrícolas
Otros	Pavimentación de calles no pavimentadas

Fuente: Elaboración propia en base a Universidad de Concepción (2011)

En el sector residencial, no existe nueva medida que no esté incluida en el listado de medidas enviado por la SEREMI. Con respecto al sector industrial, el PDA de MP10 de Temuco y Padre las Casas, ya incluye un sistema de compensación de emisiones y norma para emisiones industriales por lo que solo, “Abastecimiento al Sector Industrial de GNL y/o comprimido” podría resultar interesante de incluir en el listado de medidas a evaluar.

Por último, para reducir las emisiones fugitivas, la medida “Pavimentación de calles no pavimentadas” también será incluida al listado.

Todas las medidas que se proponen incluir al listado preliminar de medidas a evaluar se encuentran destacadas en la tabla anterior (Tabla 6-4).

6.1.2.3 PDA del Valle Central de la VI Región

El documento que se revisó corresponde a un informe de avance del AGIES del Plan de Descontaminación del Valle Central de la VI Región (desarrollado por la Universidad de Concepción).

Tabla 6-6 Medidas de Abatimiento de Emisiones evaluadas para el PDA del Valle Central de la VI Región

Sector	Medida
Residencial	Regulación leña seca
	Norma de Emisión para Artefactos de Uso Residencial que Combustionan con Leña y

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Otros Combustibles de Biomasa
	Incentivo al recambio de artefactos de calefacción
	Prohibir la venta de leña no certificada en meses de invierno
Quemas	Ampliación del D.S. 100 Nº MINAGRI a todas las comunas bajo saturación.
	Eliminación gradual de quemas
	Prohibición de la quema al aire libre, en la vía pública o recintos privados, de hojas secas, restos de podas, y todo tipo de desperdicios
General	Campañas Educacionales

Fuente: Elaboración propia en base a (Universidad de Concepción 2009)

Se considera que todas las medidas presentadas en la tabla anterior ya se encuentran preseleccionadas para su evaluación.

6.1.2.4 Medidas Generadas en Taller Realizado en Temuco

Con el objetivo de ahondar en la revisión de medidas de reducción de emisiones asociadas a la calefacción residencial y su relación con el uso de leña, es que se agrega a esta revisión exhaustiva, los resultados generados luego de la realización de un taller en la ciudad de Temuco.

El taller realizado los días 6 y 7 de Septiembre del 2012 fue desarrollado con el objetivo de compartir y analizar las posibles medidas que deben ser incluidas en los futuros PDA y PPA en las ciudades que tienen como principal fuente de contaminación la calefacción residencial con leña. Participaron de este los SEREMIS de Medio Ambiente de las regiones de la zona centro y sur del país, junto a profesionales de diferentes divisiones y oficinas del MMA (División de Calidad del Aire y otras).

Uno de los resultados de este taller correspondió a un amplio listado de medidas y programas factibles de implementar para reducir las emisiones asociadas a calefacción residencial, el cual fue proporcionado por la División de Información y Economía Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. Este listado se analizó y consolidó entregando un listado final de medidas y programas que se presentan en las siguientes tablas. Se intentó ordenar estas medidas y programas según objetivo que buscan (Idem a Tabla 6-2), para así poder dilucidar realmente cuales de estas medidas ya está incluida en el listado enviado por la SEREMI.

Tabla 6-7Listado de medidas generadas en taller realizado – Temuco 2012

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Incluida en Sección 6.1.1
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Norma leña húmeda	Si
		Capacitación y apoyo a pequeños y medianos empresarios de la leña	Si
		Disponer de medidores de humedad para los consumidores	Si

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Incluida en Sección 6.1.1
		Etiquetado Leña	Si
		Fiscalización leña por la SEC	Si
		Fomento a la asociación de productores pequeños	No
		Fomento e incentivo para tecnologías de secado	Si
		Fomento e incentivo para tecnologías de secado y diseño de un modelo de negocios	Si
		Subsidio a comerciantes y productores de biomasa vegetal	Si
		Registro de comerciantes y productores de biomasa vegetal	Si
		Monitoreo de precio y calidad de la leña	Si
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Prohibir la utilización de leña	No
		Incentivos a la utilización de combustibles de menor emisión (subsidios gas, electricidad, kerosene; Impuesto leña)	Si
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **viviendas existentes**	Programas de recambio de calefactores (subsidios, incentivos, educación)	Si
		Registro de calefactores	Si
		Prohibición de uso de calefactores a leña según algún criterio (antigüedad, tipo, costo vivienda)	Si
		Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda	No
		Recambio de cocinas a leña por cocinas a gas	No
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **viviendas nuevas**	Proyectos inmobiliarios con calefacción distrital	Si
		Incentivo a la calefacción distrital (tributario, sin compensación, etc.)	Si
		Exigencia de calefacción limpia o eficiente según el valor de la vivienda	Si
		Congelamiento del parque de calefactores	Si
		Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según algún criterio (todas, costo vivienda).	Si
		Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas segúntamaño	No
		Etiquetado Calefactores	Si
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **edificios residenciales**	Recambio de calderas en edificios	No
	Utilización de	Cambio de combustible leña por pellets en	No

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Incluida en Sección 6.1.1
	tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **sector comercial, industrial y público** (nuevos y existentes)	instituciones públicas y privadas	
		Prohibición de utilización de leña en instituciones públicas, comerciales y hospitales	Si
		Recambio de calderas en instituciones públicas, comerciales y hospitales	No
Complementaria	Aumentar efectividad de mejora en humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	Instalación de sistemas de abatimiento en calefactores a leña	No
		Fiscalización de emisiones residenciales	Si
		Incentivos para la aislación térmica de viviendas existentes (hipotecario, contribuciones, impuestos, etc.)	Si
		Exigir evaluación de eficiencia energética cuando haya compra venta	No
	Mejorar aislación térmica de **viviendas nuevas**	Exigencia de mayor estándar de aislación térmica en viviendas nuevas	Si
		Certificación energética de viviendas - Etiquetado	Si
		Modificación zonas térmicas	Si
General	Compensación de emisiones para **viviendas nuevas**	Compensación de emisiones para proyectos inmobiliarios	Si
	Otros	*Net Metering* en calefacción	No
		Norma de Emisión para Viviendas, Centros Comerciales, Edificios Públicos	No
	Educación	Campaña educativa de eficiencia energética y utilización de leña	Si
		Difusión de resultados de las medidas	Si
		Fortalecimiento de herramientas comunicacionales	Si
		Generación de conocimientos (malla curricular, centro de investigación y desarrollo estatal de temas de leña)	Si
		Sensibilización ciudadana	Si
		Educación Leña	Si
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefacto a Leña en zona saturada	Prohibición de uso de calefactores a leña según algún criterio	Si

Fuente: Elaboración propia en base a documentos generados durante el taller

Todas las medidas/programas que no han sido incluidas en la propuesta de medidas a evaluar por la SEREMI de Medio Ambiente y que son destacadas en la tabla anterior se propone incluirlas en el listado preliminar de medidas a evaluar. Estas son:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- ✓ Fomento a la asociación de productores pequeños
- ✓ Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (viviendas nuevas y existentes)
- ✓ Recambio de cocinas a leña por cocinas a gas
- ✓ Recambio de calderas en edificios
- ✓ Recambio de calderas en instituciones públicas, comerciales y hospitales
- ✓ Instalación de sistemas de abatimiento en calefactores a leña

Con respecto a aquellas medidas/programas presentadas en la tabla anterior y que no se propone incluirlos al listado preliminar de medidas a evaluar, el motivo de esta decisión es específico para cada una de ellas. Con respecto a la medida que prohíbe totalmente la utilización de leña se cree que esta medida es infactible socialmente por lo que no merece ser evaluada.

Por su parte, la medida "Cambio de combustible leña por pellets en instituciones públicas y privadas" se considera equivalente a "Prohibición de utilización de leña en instituciones públicas, comerciales y hospitales" la cual ya está incluida en el listado entregado por la SEREMI. La prohibición de utilizar leña en este tipo de instituciones se traducirá en un cambio de combustible, el cual podría ser pellet u otro.

Con respecto a "Exigir evaluación de eficiencia energética cuando haya compra venta" a pesar de considerar que es una buena medida, equivalente al certificado energético de viviendas nuevas, es muy complejo asignarle una reducción de emisiones correcta a la implementación de esta medida por lo que se decide no considerarla como medida de reducción de emisiones pero si como programa complementario buscando incentivar la implementación de medidas de aislación térmica en viviendas existentes asociada a viviendas de más de 650 UF.

La medida *"Net Metering* en calefacción" no se considera por no existir suficiente información para su evaluación y disponibilidad técnica actual para su implementación.

Por último, la medida "Norma de Emisión para Viviendas, Centros Comerciales, Edificios Públicos" no se considera por su difícil, y casi imposible, implementación y fiscalización.

6.1.3 Revisión Bibliográfica Internacional

Como se mencionó anteriormente, la revisión bibliográfica internacional se divide en dos secciones. La primera revisa planes de gestión de calidad del aire internacionales con el objetivo de rescatar medidas que estén incluidos en estos. La segunda, describe modelos de estimación de reducción de emisiones, costos y beneficios desarrollados por organismos internacionales, los cuales nos serán de utilidad al momento de evaluar las medidas de reducción d emisiones ya que de estos podemos obtener tecnologías disponibles, sus eficiencias de reducción de emisiones y costos asociados.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

6.1.3.1 Planes de Gestión de Calidad del Aire Internacionales

6.1.3.1.1 EE.UU: Plan de Gestión de Calidad de Aire del South Coast Air Quality Management District (SCAQMD)

El SCAQMD prepara de manera periódica planes de gestión de calidad de aire tanto para cumplir con los requerimientos federales o para incorporar la información técnica más reciente. De esta manera, cada plan es una actualización de su predecesor. El Plan de Gestión de Calidad de Aire de SCAQMD del año 2012 presenta distintos grupos de medidas según los tipos de fuentes (fuentes fijas puntuales y areales, y fuentes móviles) y objetivos del plan. En general se presentan estrategias de control las cuales son llevadas a cabo por un conjunto de métodos o tecnologías de control existentes o en proceso de ser creados o diseñados (e.g. en algunos casos se habla de tecnologías de baja emisión, y existe financiamiento para investigar nuevas tecnologías).

Para el caso de las fuentes fijas, se presentan estrategias tanto de corto plazo para reducción de MP2,5 como estrategias de adopción temprana para el cumplimiento de la norma de ozono y que de manera paralela producen reducción de material particulado.

Las estrategias de corto plazo de MP2,5 son:

- Mayor reducción de NO_X en instalaciones industriales (instalaciones RECLAIM[13])
- Mayor reducción de MP2,5 de equipos residenciales en base a leña, quemas abiertas, y parrillas comerciales.
- Medidas para fuentes indirectas para emisiones de puertos o fuentes asociadas a puertos (para reducción de MP2,5, NO_X y SO_X).
- Aplicación episódica de acidificación de estiércol para reducir las emisiones de NH3 en el sector ganadero.
- Programas de incentivos económicos para adoptar equipamiento más limpio y eficiente
- Reducción de barreras para permisos para la fabricación de tecnologías de cero o casi cero emisión
- Reducción de contaminantes criterio mediante educación, difusión e incentivos
- Evaluación de todas las medidas factibles (en este caso, se deja el espacio abierto para evaluar medidas e incorporarlas en el transcurso del plan)

Para el caso de las fuentes móviles, se presentan medidas para vehículos en ruta y fuera de ruta. En el caso de los vehículos en ruta, hay cuatro medidas que apuntan a acelerar el

[13]http://www.aqmd.gov/reclaim/reclaim.html

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

retiro de vehículos más contaminantes y aumentar la penetración de vehículos de baja o cero emisión. Ambos casos se aplican a vehículos livianos, medianos y pesados.

En el caso de los vehículos fuera de ruta, se consideran las siguientes estrategias:

- Mayor reducción de emisiones para locomotoras (transporte de pasajeros y carga) y embarcaciones (en viaje y en puerto)
- Extensión del financiamiento para adquisición de equipos para construcción y/o industria[14]

En particular, no se desprende ninguna nueva medida para ser incluida en el listado de medidas para evaluar detalladamente.

6.1.3.1.2 Plan de Gestión de Calidad de Aire de Perth, Australia

El año 2000 se desarrolló un plan de gestión de la calidad del aire en Perth con la finalidad de mejorar y mantener el aire limpio en la región metropolitana durante los próximos 30 años. El plan de Perth delinea estrategias y programas enfocados al continuo mejoramiento de la calidad del aire(AQCC Perth 2012).

Cada año el Comité de Coordinación de Calidad de Aire (AQCC, por sus siglas en inglés) de Perth, publica un reporte con los avances de las iniciativas y programas implementados. El plan contiene 10 iniciativas, cada una compuesta por varios programas, los que se presentan a continuación:

Tabla 6-8 Iniciativas Plan de Gestión de Calidad de Aire Perth, Australia

Iniciativa	Programa
I1: Educación Comunitaria	P1: Revisar programas actuales de educación y cambio de comportamiento y establecer una estrategia y estructura para desarrollar e implementar programas de apoyo en el futuro
	P2: Mejorar el acceso de la comunidad a la información y programas de calidad de aire vía internet
	P3: Influenciar el comportamiento de viaje de la comunidad al implementar TravelSmart, trabajo a distancia y otras alternativas de viaje
I2: Reducción de Emisiones Vehiculares	P1: Desarrollar políticas y regulaciones para calidad de combustible, promover una regulación nacional de calidad de combustible alineada con la regulación internacional y coordinar las normas de calidad de combustible con las normas de emisión vehicular
	P2: Evaluar GLP y GNC como fuentes de combustible para pasajeros y carga
	P3: Evaluar opciones de medición de emisiones para introducir a Perth e implementar los resultados para reducir las emisiones vehiculares en servicio
	P4: Implementación de control en ruta de emisiones vehiculares excesivas
	P5: Evaluar e introducir medidas apropiadas para retirar vehículos antiguos

[14]http://www.aqmd.gov/tao/implementation/soonprogram.htm

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Iniciativa	Programa
	P6: Entrenamiento en muestreo de emisiones, y revisión de equipamiento y tecnologías
	P7: Investigar la costo-efectividad de recuperación de vapor (Etapa II) y promoción en caso de ser costo-efectiva
	P8: Investigar el uso de vehículos eléctricos, ultra livianos y con combustibles alternativos
I3: Reducción de Emisiones Industriales	P1: Evaluar contribución de NO_X y COR a la formación de smog en cuenca atmosférica de Perth
	P2: Evaluar la costo-efectividad de opciones de reducción de NO_X, e implementar opciones acordadas para reducir emisiones de fuentes significativas
	P3: Identificar y asistir a los mayores emisores de COR para reducir emisiones industriales, y fomentar el mejoramiento continuo de medidas ya incorporadas
	P4: Promover la conciencia de logros industriales en reducción de emisiones mediante premios de la "Industria Verde"
	P5: Asegurar planificación adecuada de la cuenca atmosférica para el desarrollo futuro de los sectores industriales y de generación eléctrica en la región metropolitana
I4: Investigación en Salud	P1: Investigar los impactos de la contaminación atmosférica en la salud pública
	P2: Investigar fuentes de contaminantes atmosféricos y su impacto en los residentes, al determinar los potenciales impactos en la salud de la variación diaria de calidad de aire
	P3: Desarrollo de una red de contaminación atmosférica y salud
I5: Modelación y Monitoreo	P1: Actualizar y consolidar bases de datos de emisiones atmosféricas
	P2: Validar/mejorar estimaciones de emisiones para fuentes clave
	P3: Mejorar capacidad y precisión de modelación
	P4: Establecer un comité de monitoreo para evaluar temas de monitoreo de calidad de aire
	P5: Revisar prácticas y procedimientos de monitoreo de calidad de aire en Perth
	P6: Desarrollar programas de monitoreo futuro
	P7: Apoyar programas de información a la comunidad y educación en monitoreo de calidad de aire
I6: Calidad de Aire Intradomiciliaria	P1: Desarrollar una red de calidad de aire intradomiciliaria
	P2: Investigar la calidad de aire intradomiciliaria y la contribución de la exposición intradomiciliaria a la exposición personal
	P3: Aumentar la conciencia de la calidad de aire intradomiciliaria en la comunidad
I7: Uso de suelo y planificación de trasporte	P1: Incluir consideraciones de calidad de aire regional y local en la planificación estratégica y la implementación en el Perth del Futuro
	P2: Incluir consideraciones de calidad de aire regional y local en la planificación estratégica y la implementación de propuestas de desarrollo
	P3: Monitorear y revisar la efectividad de las decisiones de uso de suelo y planificación de transporte en su influencia sobre la calidad de aire de Perth
	P4: Asistir a los gobiernos locales en influenciar cambios positivos sobre el comportamiento de viaje de la comunidad.
I8: Reducción de Neblina	P1: Aumentar la conciencia de la comunidad de los impactos de estufas residenciales a leña sobre la calidad del aire
	P2: Aumentar la conciencia entre los proveedores de leña e instaladores de estufas de los impactos de estufas a leña sobre la calidad del aire

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Iniciativa	Programa
	P3: Resolución de humo domiciliario molesto[15]
	P4: Gestión de disposición de residuos verdes y reciclaje para reducir la creación de neblina local
I9: Reducción de Emisiones de Pymes	P1: Fomento a la producción limpia
I10:Gestión del humo	P1: Establecer un grupo de conciencia sobre la gestión del humo para facilitar la educación de la comunidad y la información sobre los impactos del humo sobre quemas planificadas
	P2: Grupo de coordinación de gestión del humo
	P3: Regulación y política sobre gestión del humo
	P4: Investigación sobre gestión del humo

(AQCC Perth 2012)

Del listado presentado en la tabla anterior, se pueden desprender dos nuevas medidas para incluir en la evaluación detallada. Ambas corresponden a cambio de combustible en fuentes móviles.

- ✓ Evaluar GLP y GNC como fuentes de combustible para pasajeros y carga
- ✓ Uso de vehículos eléctricos, ultra livianos y con combustibles alternativos

6.1.3.1.3 Italia

En Italia, los planes de gestión de calidad del aire más recientes destacaron la necesidad de implementar medidas no-técnicas, además de las medidas técnicas, para cumplir con los objetivos nacionales de reducción de emisiones (D'ELIA, BENCARDINO et al. 2009).

El documento revisado presenta un listado de todas las medidas técnicas y no-técnicas consideradas en los planes de gestión de calidad de aire en Italia, además de una modelación del impacto en la reducción de emisiones de NO_X, SO_2 y MP, como también del impacto en la salud de la población.

Se presentan medidas para los sectores de energía, residencial y transporte terrestre. No se incluye información de costos ni eficiencias de reducción. El listado completo de medidas se presenta en la Tabla 6-9.

En el caso del sector de energía, la mayoría de las medidas implica la instalación de sistemas de generación eléctrica y no implica un cambio en el comportamiento de los usuarios de electricidad. En el caso de la energía fotovoltaica, esta se considera mediante

[15]Es un programa que apunta a enmendar la legislación (*HealthAct 1911*) para darle atribucionesa los oficiales para gestionar el humo molesto y generar procesos de mediación a través de la oficina de consejo ciudadano.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

la instalación de paneles solares en las construcciones residenciales. En el caso de este estudio, las medidas incorporadas para este sector tienen una baja frecuencia de aplicación y por lo mismo un bajo impacto sobre la reducción de emisiones.

En el sector residencial las dos medidas que producen el mayor impacto sobre la reducción de emisiones son “Regulación del uso de biomasa, petróleo y carbón” y “Mejoras de eficiencia en chimeneas y estufas”.

En el sector de transporte terrestre las medidas predominantes son no-técnicas. La medida que tiene un mayor aporte a la reducción de emisiones es “Incentivos para nuevos vehículos pesados a diesel” aun cuando fue adoptada solamente en algunas zonas. Por otro lado, una de las medidas más popularmente adoptada pero que produjo bajos niveles de reducción fue la aplicación de “zonas de baja emisión”.

Tabla 6-9 Medidas Planes de Gestión de Calidad del Aire en Italia

Sector	Tipo de Medida
Energía	Fotovoltaica
	Eólica
	Hidroeléctrica
	Geotérmica
	Incineración de Desechos con Recuperación de Calor
	Planta de Calefacción Distrital
	Recuperación de Biogás en sectores agrícola y ganadero
Residencial	Calderas residenciales de alta eficiencia
	Eficiencia energética en construcción
	Medidor de calor residencial
	Bombas de calor
	Regulación del uso de biomasa, petróleo y carbón
	Mejoras de eficiencia en chimeneas y estufas
	Sistemas de calentamiento solar
	Incentivos para adoptar gas natural en calderas residenciales
Transporte Terrestre	Zonas de baja emisión
	Restricción del tráfico
	Cargo por emisión
	Vehículo compartido
	Límites de velocidad en autopistas
	Bicicleta compartida
	Incentivos para nuevos vehículos livianos
	Incentivos para nuevos vehículos pesados a diesel
	Filtro de partículas
	Incentivos para vehículos livianos a hidrógeno
	Nuevas estaciones de servicio de metano
	Incentivos para transporte público con biocombustibles
	Apertura de nuevas líneas de tren
	Apertura de nuevas líneas de tren subterráneo
	Ciclovías
	Cambio modal de vehículos livianos y camiones a barcos
	Inversión en buses (nuevos buses, extensión del servicio, aumento de la frecuencia)
	Racionalización de transporte de carga en áreas urbanas

Fuente: (D'ELIA, BENCARDINO et al. 2009)

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Las medidas destacadas en la tabla anterior son de interés al presente estudio. Para el caso de calderas residenciales de alta eficiencia y bombas de calor, más que una medida nueva, nos entrega información para incorporar en nuestra evaluación de medidas que tengan que ver con cambio tecnológico de sistemas de calefacción. La medida "incentivos para adoptar gas natural en calderas residenciales" es considerada como parte de "programa de subsidios a otros combustibles como gas, kerosene o electricidad" la cual ya se encuentra incluida en la lista para evaluar detalladamente.

Por su parte, para el sector transporte, también se incluyen las dos medidas destacadas.

- ✓ Incentivos para transporte público con biocombustibles
- ✓ Racionalización de transporte de carga en áreas urbanas

6.1.3.1.4 Reino Unido

El año 2001 se armó el grupo de expertos de calidad de aire (AQEG, por sus siglas en inglés) con la finalidad de proveer asesoría con respecto a la calidad del aire para aquellos contaminantes contenidos en la Estrategia de Calidad del Aire (AQS, por sus siglas en inglés) de Inglaterra, Escocia, Gales e Irlanda del Norte, y aquellos cubiertos por la directiva de la Unión Europea sobre Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire. (DEFRA 2007).

El Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales (DEFRA, por sus siglas en inglés) solicitó al AQEG que examinara la relación del cambio climático y la contaminación atmosférica y que identificara sinergias entre ambos. En dicho estudio, el AQEG presenta medidas de reducción de contaminantes, aportando a la mejora tanto de la contaminación atmosférica como el cambio climático.

- Generación Eléctrica:
  - Abatimiento de emisiones, generalmente mediante la desulfuración húmeda de gases o un depurador húmedo.
  - Cambio de combustibles, especialmente de plantas de generación térmica a carbón hacia el uso de gas natural con tecnologías de abatimiento.
  - Co-generación, que necesita una demanda por calor (industria o calefacción distrital).
  - Gasificación integrada en ciclo combinado, produciendo una combustión más eficiente del carbón.
  - Bioenergía, el uso de biomasa si bien tiene una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero produce un aumento en la emisión de contaminantes locales.
- Residencial:
  - Cambio de combustible de carbón a gas natural

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- Mejor aislación térmica
- Eficiencia energética: mediante el uso eficiente de la energía (especialmente electricidad) se logra una importante reducción de emisiones tanto de impacto global como local. Sin embargo, tiene el revés que las emisiones no necesariamente se reducen en los lugares donde se genera el mayor impacto (o donde existe mayor población humana).

- Transporte Terrestre:
  - Abatimiento (e.g. catalizadores, filtro de partículas, SCR, etc.). Es necesario tener en cuenta que la aplicación de muchas tecnologías de abatimiento necesitan combustibles con menor contenido de azufre.
  - Combustibles con menor contenido de azufre. Esto tiene un impacto mayor, ya que abre la posibilidad a la posterior aplicación de nuevas tecnologías de abatimiento.
  - Emulsión agua-diesel para vehículos que utilizan diesel.
  - Vehículos híbridos
  - Cambios de combustible, por ejemplo hacía GNC o GLP
  - Biocombustibles, que aun cuando generan una menor emisión en términos de gases de efecto invernadero, parecieran producir mayores emisiones de NO_X y MP.
  - Hidrógeno, usado directamente en la combustión o en celdas de combustible. La primera, produciendo bajas emisiones locales y la segunda produciendo solamente vapor de agua.
  - Gestión de la demanda, como por ejemplo el cargo en las zonas de alto tráfico, la declaración de zonas de baja emisión o la planificación urbana.
  - Otras medidas, en donde destacan el cambio modal, cambio en el peso de los vehículos, normas de emisión más restrictivas o programas de chatarrización o renovación de vehículos antiguos.

El sector de Generación Eléctrica no es de interés en el presente estudio. Para el sector residencial, las medidas ya se encuentran listadas con anterioridad. Por último, del sector transporte, es posible rescatar “Normas de emisión más restrictivas” y “Programas de chatarrización o renovación de vehículos antiguos”.

6.1.3.1.5 Nueva Zelanda

Aun cuando la calidad del aire en Nueva Zelandia es considerada buena según los estándares de la OCDE, existen zonas que presentan una mala calidad principalmente por calefacción distrital en base a leña. En algunos días de invierno, la excedencia de los límites diarios alcanza un 55%, de acuerdo a mediciones realizadas durante siete años que identifican a las estufas a leña como el principal contribuyente a dichas emisiones(Environment Waikato 2008).

En un reporte realizado por la Oficina de Medio Ambiente de Waikato en Nueva Zelandia (Environment Waikato 2008), se compara la línea base de emisiones con dos escenarios:1)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

regulación diseñada para retirar tecnologías no limpias, y 2) incentivos enfocados al fomento en la adopción de tecnologías limpias.

En el escenario de regulación se consideran las siguientes acciones:

- Prohibición de quemas abiertas
- Adhesión a las nuevas normas nacionales de diseño (< 1gMP10/kg leña) y normas de eficiencia térmica (> 65%) para estufas a leña
- Monitoreo y control

En el escenario de incentivos se consideran:

- Para aquellos residentes que realizaban quemas o utilizaban estufas a carbón antes del año 2000, se presentan incentivos financieros para remplazar dichas quemas por: estufas de baja emisión, estufas a pellets u otras tecnologías limpias como bombas de calor, calentador de noche (mediante almacenamiento), etc.
- Dueños que vivan en casa propia, optan a subsidio completo en la compra de un equipo nuevo para aquellos habitantes que tengan la tarjeta "Servicios de la Comunidad".
- Dueños de viviendas que arriendan, tienen un subsidio del 40% o 10 años sin interés.
- Todos los demás optan a un subsidio de $600 NZD, para remplazar su estufa antigua (pre-2000) o quema abierta con tecnologías nuevas.

A partir de este documento no se desprenden nuevas medidas para incluir al listado de medidas a evaluar detalladamente. A continuación, se presenta un análisis especifico de la ciudad neozelandesa Chrischurch la cual posee una situación similar a la zona de Temuco y Padre las Casas en donde mas del 80% de las emisiones de MP se deben a la combustión residencial.

Gestión de la Calidad del Aire – Ciudad de Christchurch

La ciudad neozelandesa de Christchurch presenta problemas de calidad del aire desde la década del 30, asociando un 83% de las emisiones de MP10 a la combustión residencial. Esta situación, y sumado a que dentro de los principales motivos identificados del problema de calidad del aire de esta ciudad son las condiciones topográficas y las condiciones climáticas, hacen que sea un interesante caso de estudio por presentar características similares a las ciudades de Chile que presentan alta contaminación atmosférica.

Se realizó una recopilación de medidas y programas de incentivo que han sido implementados en esta ciudad en base a una presentación proporcionada por el Ministerio de Medio Ambiente (Felipe Mellado 2012) y con apoyo de otros documentos

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

(Emily Wilton & Bob Ayrey , Ministry for the Environment New Zealand 2002) además de la información presente en la página web del Environment Canterbury Regional Council[16]. Las medidas y programas aplicados en esta ciudad se listan a continuación.

- ✓ Prohibición de instalación de chimeneas de hogar abierto.
- ✓ Restricción de instalación de calefactores a carbón y leña cuyas emisiones no fueran aprobadas por el Consejo Regional.
- ✓ Consumo de leña con una humedad inferior al 25%.
- ✓ Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto desde el 1 de abril al 30 de septiembre.
- ✓ Prohibición de uso de calefactores a leña existentes de antigüedad mayor a 15 años entre el 1 de abril al 30 de septiembre con la posibilidad de instalar una nueva chimenea autorizadas por el Council.
- ✓ Prohibición de instalación de calefactores a leña nuevos.
- ✓ Programa de incentivos para sustituir estufas de leña por otros sistemas de calefacción.
  El programa de incentivos ofrece desde financiamiento del 100% del costo de los recambios en familias de menor nivel socioeconómico, hasta prestamos con 10 años plazo sin interés para recambios de sistemas de calefacción y aislación térmica
- ✓ Programa de Asesoría Personalizada para el Recambio de Equipo de Calefacción y Aislación Térmica.
  El programa incluye una asesoría personalizada realizada por profesionales a cada uno de los postulantes, donde se les ayuda a elegir el mejor equipo de calefacción y las mejoras necesarias en aislación térmica para suplir las necesidades de calefacción de la vivienda.
- ✓ Plataforma web para conocer la antigüedad del calefactor a leña.

Las medidas listadas anteriormente se alinean de muy buena forma a la lista enviada originalmente por la SEREMI de Medio Ambiente de la IX Región. Todas las medidas / programas listados están presentes en este listado, exceptuando el "Programa de incentivos para sustituir estufas de leña por otros sistemas de calefacción" el cual es agregado al listado preliminar de medidas a evaluar.

[16] http://ecan.govt.nz/advice/your-home/home-heating/Pages/home-heating-for-christchurch.aspx#caz1-solid

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

6.1.3.2 Modelos de estimación de reducción de emisiones, costos y beneficios

6.1.3.2.1 AirControlNET

AirControlNET (ACN) es una herramienta de análisis de tecnologías de control desarrollado por E.H. Pechan &Associates, Inc. (Pechan) para la EPA de los EE.UU., para los análisis de política y regulación de contaminación atmosférica(Pechan 2006).

En términos gruesos, AirControlNET es un sistema de base de datos, en el que se relacionan tecnologías de control de contaminación con fuentes de emisión de los inventarios de emisiones de la EPA. La base de datos contiene información de la aplicabilidad de medidas de control, la eficiencia de reducción de contaminantes, además de los costos de implementación de dichas medidas.

El modelo ACN permite realizar análisis en distintos tipos de fuentes: estacionarias puntuales, areales, móviles y fuentes fugitivas.

6.1.3.2.2 CoST

CoST es un *software* desarrollado por la División de Impactos a la Salud y al Medio Ambiente (HEID, por sus siglas en inglés) de la EPA. Su función principal es modelar la reducción de emisiones y costos asociados a medidas de control aplicadas a fuentes puntuales, areales y móviles de contaminantes atmosféricos, para apoyar la toma de decisiones sobre las medidas de control, regulaciones y políticas públicas a implementar para enfrentar la contaminación atmosférica. Su objetivo es ayudar al análisis de múltiples contaminantes concentrados en EE.UU., a escala regional y/o nacional. CoST fue desarrollado para crear estrategias de control que asignen medidas de control a fuentes de emisión usando distintos tipos de algoritmos.

El CoST fue desarrollado como un remplazo del software ACN (ver Sección 6.1.3.2.1) con mejoras en su funcionalidad, efectividad y transparencia para solucionar necesidades actuales. Ambas herramientas poseen la misma funcionalidad, pero CoST tiene nuevas capacidades.

Entre los contaminantes que son afectados por las medidas de control, se consideran en el modelo MP2,5, MP10, NO_X, SO_2, entre otros.

Los costos son estimados de dos maneras: mediante la aplicación de un factor de "**dólares por tonelada de contaminante reducido**" cuando no existe información detallada sobre las fuentes y la otra es mediante **ecuaciones de costo**, cuando la disponibilidad de información es más amplia.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

6.1.3.2.3 GAINS

El *Greenhouse gas – Air PollutionInteraction and Synergies* (GAINS) es un *software* creado por IIASA[17] para identificar portafolios de medidas de control para la mejora de la calidad del aire y reducción de gases de efecto invernadero al menor costo posible, y de ese modo ayudar en la toma de decisiones de política pública relacionadas con la implementación de estrategias de descontaminación atmosférica dentro de Europa.

El GAINS y su antecesor, el *Regional Air PollutionInformation and Simulation* (RAINS), se han utilizado ampliamente para informar a los actores clave de las negociaciones de acuerdos sobre la contaminación del aire en Europa en los últimos años.

El modelo se enfoca en resolver problemas relacionados con la salud humana cuyos efectos son provocados por material particulado fino ($MP_{2,5}$) y ozono a nivel del suelo, daño en ecosistemas por acidificación, deposición excesiva de nitrógeno (eutrofización) y exposición a niveles elevados de ozono, como también sobre el forzante radiativo[18] a largo plazo. Estos impactos son generados por una gran variedad de contaminantes, como lo son el SO_2, NO_X, NH_3, COV no metánico, $MP_{2,5}$ y MP_{10}. Además, se consideran 6 gases de efecto invernadero que fueron incluidos en el Protocolo de Kioto: CO_2, CH_4, N_2O, HFC_S, PFC_S y por último el SF_6.

Bajo la "Convención Transfronteriza de la Contaminación del Aire a Largo Plazo" el modelo GAINS es usado para informar en las negociaciones de la revisión del Protocolo de Gotemburgo[19]. Para este propósito se hace una proyección para 43 países de Europa (la mayoría perteneciente a la UE) de su desarrollo económico y su legislación progresiva de medidas de control.

El modelo involucra distintos aspectos como estimación de emisiones, tipos de medidas de control y sus costos, dispersión atmosférica, impactos a la salud, impactos en la calidad del aire, incertidumbre, entre otras cosas.

[17] IIASA: Es una organización internacional que se dedica a investigar en temas relacionados con la política y que son difíciles de resolver por un solo país o disciplina. Más información en http://www.iiasa.ac.at/

[18] Forzante Radiativo: Es el cambio en el equilibrio entre la radiación que ingresa y la radiación que sale de la atmósfera.

[19] Protocolo de Gotemburgo: Aprobado por la Convención Transfronteriza de la Contaminación del Aire a Largo Plazo el año 1999 para disminuir los niveles de acidificación, eutrofización y el ozono troposférico para cada parte. Se fijó la cantidad máxima de emisiones para los precursores de tales problemas ambientales: SO_2, NO_x, COV y NH_3.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

6.2 Listado Preliminar de Medidas a Evaluar

La tabla a continuación presenta las medidas que se propuso, preliminarmente, evaluar por este estudio. Se les asignó un nivel de priorización de evaluación el cual fue discutido con la contraparte y que finalizó con el listado final de medidas a evaluar (ver Sección 7).

Nivel de prioridad (1) corresponde a todas aquellas medidas propuestas por la contraparte, Nivel de prioridad (2) corresponde a todas aquellas medidas propuestas por el consultor que afectan al sector residencial y por último, Nivel de prioridad (3) corresponde a toda aquella medida propuesta por el consultor que afecta a los otros sectores emisores (transporte, industria y emisiones fugitivas).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 6-10Listado preliminar de medidas a evaluar detalladamente por el presente estudio – Sector Residencial, Comercial y Público

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Prioridad
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Registro obligatorio para comerciantes de leña, con prohibición de venta para quienes no estén en el registro.	1
		Disposición de medidores de humedad (xilohigrómetros) en salón de venta de comerciantes de leña y distribución a domicilio.	1
		Programa de subsidios o incentivos en capital de trabajo para comerciantes y productores de leña.	1
		Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de leña y derivados de la madera (biomasa)	1
		Fomento a la asociación de productores pequeños	2
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Programa de subsidios a combustibles biomásicos de bajas emisiones.	1
		Programa de subsidios a otros combustibles como gas, kerosene y/o electricidad.	1
		Especificaciones al Kerosene	2
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **viviendas existentes**	Aumentar la penetración del Programa de Recambio (PDA MP10)	1
		Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión.	1
		Programas de incentivo (tributario u otro) para sustituir artefactos a leña por otros sistemas de calefacción (no leña).	2
		Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC.	1
		Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	1
		Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.	1
		Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda	2
		Recambio de cocinas a leña por cocinas a gas	2
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **viviendas nuevas**	Prohibir el uso de artefactos unitarios a leña en viviendas nuevas	1
		Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.	1
		Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas nuevas	1
		Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	2
		Programas de incentivo (tributario u otro) asociado a calefacción distrital para proyectos inmobiliarios nuevos.	1
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **edificios residenciales**	Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en edificios residenciales existentes y nuevos.	1
		Recambio de calderas en edificios	2
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en **sector comercial, industrial y público** (nuevos y existentes)	Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en sector comercial, industrial y público.	1
		Recambio de calderas en instituciones públicas, comerciales y hospitales	2
Complementaria	Aumentar efectividad de mejora en	**No permitir Humos visibles** : Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala	1

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Prioridad
	humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	Ringelmann u otra alternativa	
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de **viviendas existentes**	Aumentar la penetración del Programa de MejoramietoTérmico de Viviendas Existentes - Programa PPPF (PDA MP10)	1
		Implementar programa de Incentivos-subsidios a la aislación térmica en viviendas de más de 650 UF, que actualmente no pueden postular al PPPF térmico tradicional. El incentivo o subsidio debería permitir llegar a una calificación energética clase C.	1
		Establecer nueva meta de mejoramiento térmico en el marco del PPPF y lograr para estas viviendas llegar a una calificación energética clase C.	1
	Mejorar aislación térmica de **viviendas nuevas**	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. · Aplicar zona térmica 6 ó 7 de la OGUC en la zona saturada. · Exigir calificación energética clase C para viviendas nuevas.	1
General	Compensación de emisiones para **viviendas nuevas**	Exigencia para que toda vivienda nueva compense sus emisiones.	1
		Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA (PDA MP10).	1
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefacto a Leña en zona saturada	Restricción de uso para **todo artefacto a leña** en cualquier episodio de contaminación.	1
		Restricción de uso para **todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio.** · Alerta: Restricción en 2 zonas · Preemergencia: Restricción en 4 zonas · Emergencia: Restricción en 6 zonas	1
		Restricción de uso de **artefacto a leña que no cumplen norma de emisión**.	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-11Listado preliminar de medidas a evaluar detalladamente por el presente estudio – Otros Sectores

Sector	Alcance	Programa / Medida	Prioridad
Fuentes Móviles - En Ruta	Vehículos Livianos y Medianos	Programa para acelerar el retiro de los vehículos sin sello verde	3
		Programas de chatarrización o renovación de vehículos antiguos	3
		Utilizar GLP y GNC como fuentes de combustible para pasajeros y carga	3
		Uso de vehículos eléctricos, ultra livianos y con combustibles alternativos	3
	Todos	Normas de emisión más restrictivas	3
		Especificaciones al combustible (PetróleoDiésel, Gasolina, LPG)	3
	Cambio de Modo	Construcción de Ciclovías Urbanas	3
	Vehículos Pesados	Racionalización de transporte de carga en áreas urbanas	3
	Transporte Público	Incentivos para transporte público con biocombustibles	3
		Recambio de Buses	3

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Sector	Alcance	Programa / Medida	Prioridad
Fuentes Móviles - Fuera de Ruta	Todas	Instalación de filtros en maquinarias fuera de ruta	3
Fuentes Fugitivas	Calles Pavimentadas	Programa aspirado de calles	3
	Calles no pavimentadas	Pavimentación de calles no pavimentadas	3
Fuentes Puntuales	Industria	Abastecimiento al sector industrial de GNL y/o comprimido	3

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

7. Listado Final de Medidas a Evaluar

El listado preliminar de medidas a evaluar fue analizado en diferentes instancias tanto con la contraparte del estudio como en reuniones con actores claves realizadas. Este trabajo dio como resultado el listado final de medidas que se evaluaran, el cual fue construido siguiendo los siguientes lineamientos generales.

- ✓ Se incluyeron todas aquellas medidas que solicitó la contraparte del estudio y poseen información para poder ser evaluadas.
- ✓ Se incluyeron todas aquellas medidas propuestas adicionalmente por el consultor que corresponden al sector residencial y/o calefacción.
- ✓ Se incluyeron las medidas que fueron discutidas en las reuniones con los actores claves y propuestas por las mesas de trabajo.
    - Instalación de filtros catalizadores en equipos de combustión simple
    - Aumento de la normativa de aislación térmica para viviendas nuevas considerando aumentar las exigencias establecidas para la envolvente Muro (manteniendo la normativa asociada a Zona Térmica 5 para las demás envolventes)
    - Límite de Emisión para Viviendas Unitarias Nuevas
- ✓ Las medidas que afectan a los otros sectores, se ha decidido no incluirlas para no sobre cargar de información que no es necesaria y que no implica una reducción de emisiones importante para la zona en evaluación. En caso de querer ver sus resultados en términos de reducción de emisiones, concentración e indicadores económicos se puede revisar el estudio "Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire", el cual fue desarrollado por el equipo consultor (GreenLabUC) para el Ministerio de Medio Ambiente. En este estudio existe la evaluación genérica de una gran cantidad de medidas para otros sectores emisores.
- ✓ Se excluye toda medida que no reduce directamente MP2.5 producto de que se establece que en la zona de Temuco y Padre las Casas, el aporte de material particulado segundario es despreciable.

De aquí en adelante nos referiremos como "medidas a evaluar" al listado final de medidas que se evaluarán en el presente estudio. Algunas de las medidas que originalmente fueron sugeridas para su evaluación por la contraparte o por el consultor fueron eliminadas del listado de medidas a evaluar debido a falta de información para evaluarlas o infactibilidad técnica de implementación. La justificación del porque fueron eliminadas del listado puede apreciarse en el Anexo 10.3.

Luego de la definición de las medidas a evaluar se procedió a realizar una clasificación de estas con respecto a la reducción de emisiones directa o indirectamente.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

La clasificación realizada responde a identificar qué medidas tienen una reducción directa de emisiones y cuales otras, a pesar de no tener reducción directa de emisiones, apoyan y permiten contribuir al logro de la medida principal (aquella que reduce emisiones). De esta manera se crean las siguientes clasificaciones:

- ✓ Medidas con Reducción de Emisiones: Medidas que directamente se les pueden asociar una reducción de emisiones.
- ✓ Instrumentos Económicos: Se refieren a subsidios, impuestos o intervención de mercado que apoyan una medida en particular aumentando su efectividad y/o penetración.
- ✓ Programas Complementarios: Programas de fiscalización o de educación que apoyan una medida en particular aumentando su efectividad y/o penetración.

Según esta clasificación, la distribución de las medidas contenidas en el listado de medidas a evaluar correspondientes al sector **Residencial**es la siguiente:

Tabla 7-1 Distribución de Medidas a Evaluar según Clasificación de Reducción de Emisiones (Directa o Indirecta)

Tipología	Objetivo	Medida con Red Emisiones	Instrumento Económico	Programa Complementario	Total
Combustible	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	1	2		3
	Comercialización y Utilización de Leña Seca	1	1	4	6
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas existentes	7	3		10
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas nuevas	2	1	1	3
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	2	2		4
	Mejorar aislación térmica de viviendas nuevas	3			3
Complementaria	Aumentar efectividad de mejora en humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	1			1
General	Compensación de emisiones para viviendas nuevas	1			1
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefacto a Leña en zona saturada	2			2
Quemas Agrícolas	Restricción de quemas agrícolas	1			1
Total		**21**	**9**	**5**	**34**

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia entonces que se tienen 21 medidas que reducen emisiones directamente y que

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

cuentan con 9 instrumentos económicos y 4 programas complementarios que apoyan a estas medidas directas en su objetivo. Cabe destacar además que dos de las medidas que reducen emisiones directamente, además actúan como Programa Complementario que apoya alguna otra medida de reducción de emisiones directa.

La tabla a continuación lista cada una de estas medidas indicando:

- ✓ Categoría: combustible, tecnología (artefacto), aislación térmica, general, gestión de episodios críticos o quemas agrícolas.
- ✓ Objetivo de la medida
- ✓ Identificador de la medida
- ✓ Nombre de la medida
- ✓ Una descripción general
- ✓ Si es aplicable en forma permanente o sólo para el manejo de episodios críticos de contaminación (permanente / GEC)
- ✓ Si la medida aplica a fuentes nuevas / existentes

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 7-2 Medidas a Evaluar que poseen Reducción de Emisiones Directas de MP2,5

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Esta medida consiste en aumentar el porcentaje de comercialización y utilización de leña seca (humedad menor o igual a 25%) sobre la leña actualmente utilizada (húmeda y semihúmeda).	Permanente	Ambas
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	M2	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Esta medida consiste en entregar incentivos económicos para el uso de combustibles que no sean leña aumentando así la penetración de estos en el parque de combustibles utilizado para calefacción. La manera de incentivar la utilización del combustible es igualando el costo por MJ entregado (considerando 100% de eficiencia) del combustible elegido al de la leña.	Permanente	Ambas
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas existentes	M3	Recambio de Equipos a Leña	Programa de recambio de equipos existentes a leña por un equipo nuevo de menor emisión. Se considera que el recambio de equipos es desde la tecnología más contaminante a la que es menos, ingresando un equipo a leña que cumpla con la nueva norma de calefactores y/o un equipo a pellets.	Permanente	Existentes
		M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión.	La medida consiste en la prohibición gradual de utilización de artefactos que no cumplen la normativa actual de emisión, estableciendo un cronograma de prohibición que va desde la tecnología más contaminante a la que contamina menos. El equipo entrante corresponde a un artefacto que cumple con la normativa.	Permanente	Existentes
		M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes)	La medida consiste en prohibir la utilización de calefactores a leña en viviendas existentes, sobre un tamaño(metraje) de éstas determinado. Se considera que las viviendas a las cuales se les prohíbe la utilización de leña, suplen su demanda de calefacción en base a kerosene, GLP, GNL, pellets o electricidad.	Permanente	Existentes
		M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	La medida consiste en la prohibición de la tenencia de más de un artefacto a leña por vivienda. Se considera que las viviendas que poseen más de un artefacto a leña (estimadas en base a la Encuesta	Permanente	Existentes

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
				UFRO), dejan de utilizar el artefacto más contaminante y remplazan el 50% de su demanda de calefacción por uno de los siguientes combustibles (kerosene, GLP, electricidad, pellets, GLP).		
		M7	Instalación de filtros catalizadores en calefactores	Esta medida consiste en instalar filtros catalizadores en el ducto de salida de gases de los equipos a leña, disminuyendo de esta manera la cantidad de $MP_{2,5}$ emitido. Se considera que los equipos a los cuales puede instalarse corresponden a la tecnología de combustión simple, siempre y cuando tenga templador. Además este filtro funciona en presencia de leña seca (y baja su efectividad en presencia de leña semihúmeda)	Permanente	Existentes
		M8	Recambio de cocina a leña	Esta medida se subdivide en dos: 1) Programa de recambio para sustituir cocinas a leña por cocinas a GLP: Este programa de recambio solo puede asociarse a aquellos hogares que poseen una cocina a leña, pero que no poseen una cocina a gas licuado (37.4%[20]). Se asume que un 51.1%[21]de los hogares que recambian cocina a leña deben ingresar una estufa a leña por ser la cocina a leña el único artefacto de calefacción que poseen en el hogar (se considera el ingreso de un equipo doble combustión 2.5 g/h) 2) Programa de recambio para sustituir cocinas a leña por calefactores que cumplan normativa: Se comporta como el recambio de calefactores.	Permanente	Existentes
		M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan con la norma	Esta medida consiste en la prohibición del uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y Padre Las Casas.Se asume que un 51.1% de los hogares que	Permanente	Ambas

[20]A partir de la encuesta de la UFRO se obtiene que un 86% de los encuestados no cambiaría su estufa a leña, dentro de los cuales un 73% no lo haría por ya tener una cocina a gas.
[21] Valor obtenido a partir del recambio de calefactores.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
			de emisión.	en la línea base utilizan cocina a leña deben ingresar una estufa a leña por ser la cocina a leña el único artefacto de calefacción que poseen en el hogar(se considera el ingreso de un equipo doble combustión 2,5 g/h o de una cocina a leña que cumpla con la norma de emisión (cocina A++)).		
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas nuevas	M10	Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas	La medida consiste en la prohibición de utilización de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas, siendo reemplazados por artefactos que usan otros combustibles con menores emisiones de $MP_{2,5}$.	Permanente	Nuevas
		M11	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	La medida consiste en prohibir en viviendas nuevas la utilización de calefactores a leña sobre un tamaño de vivienda determinado (metraje). Se considera que las viviendas a las cuales se les prohíbe la utilización de leña, suplen su demanda de calefacción en base a kerosene, GLP, GNL, pellets y electricidad.	Permanente	Nuevas
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	M12	AislaciónTérmica de viviendas existentes de menos 650 UF - M12A: Llegar a la Norma (zona térmica 5) - M12B: Llegar a la norma + mejora en muros - M12C: Llegar másallá de la norma (zona térmica 6) - M12D: Calificación Energética C	Mejorar la aislación térmica de las viviendas existentes de menos de 650 UF a través de las siguientes opciones: **- M12A Llegar a la norma (zona térmica 5):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 5. **- M12B Llegar a la norma + mejora en muros:** llegar a la norma actual en envolventes piso, cielo y a un nivel de aislación en los muros de la vivienda de 0.53 W/m^2K **- M12C Llegar más allá de la norma (zona térmica 6):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 6. **- M12D Calificación energética clase C:** lograr un nivel de clasificación energética clase C para la componente de arquitectura, lo que equivale a tener una demanda de calefacción equivalente al 60% de una vivienda que cumple con la normativa de aislación térmica actual.	Permanente	Existentes
		M13	AislaciónTérmica de	Mejorar la aislación térmica de las viviendas	Permanente	Existentes

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
			viviendas existentes de más de 650 UF - M13A: Llegar a la Norma (zona térmica 5) - M13B: Llegar a la norma + mejora en muros - M13C: Llegar másallá de la norma (zona térmica6) - M13D: Calificación Energética C	existentes de menos de 650 UF a través de las siguientes opciones: **- M13A Llegar a la norma (zona térmica 5):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 5. **- M13B Llegar a la norma + mejora en muros:**llegar a la norma actual en envolventes piso, cielo y a un nivel de aislación en los muros de la vivienda de 0,53 W/m^2K **- M13C Llegar más allá de la norma (zona térmica 6):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 6. **- M13D Calificación energética clase C:** lograr un nivel de clasificación energética clase C para la componente de arquitectura, lo que equivale a tener una demanda de calefacción equivalente al 60% de una vivienda que cumple con la normativa de aislación térmica actual		
	Mejorar aislación térmica de viviendas nuevas	M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. - M14A: Llegar a la norma + mejora en muros - M14B: Llegar más allá de la norma (zona térmica 6 ó 7) - M14C: Exigir calificación energética clase C.	**- M14A Mejora de normativa en muros:** llegar a un nivel de aislación en los muros de la vivienda de 0,53 W/m^2K **- M14B Llegar más allá de la norma (zona térmica 6):** cumplir la norma actual de aislación térmica para la zona térmica 6. **- M14C Calificación energética clase C:** lograr un nivel de clasificación energética clase C para la componente de arquitectura, lo que equivale a tener una demanda de calefacción equivalente al 60% de una vivienda que cumple con la normativa de aislación térmica actual	Permanente	Nuevas
		M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora)	La medida consiste en limitar las infiltraciones de aire por medio de una alta hermeticidad de la envolvente (muros, ventanas y puertas), además de las aberturas que dan paso a las instalaciones. Esto se consigue por medio de un buen sellado de infiltraciones	Permanente	Nuevas

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
		M16	Límite de emisión para viviendas nuevas	Esta medida consiste en aplicar un límite de emisión anual de MP2.5 a las viviendas nuevas, de manera que tengan que tomar diversas medidas para poder lograrlo.	Permanente	Nuevas
General	Aumentar efectividad de mejora en humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	M17	No permitir Humos visibles : Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala Ringelmann u otra alternativa	La medida consiste en regular que a la salida del ducto de los artefactos a leña no se observen humos mejorando así la utilización de los artefactos a leña. La medida genera que los factores por mala operación de las tecnologías que son mal operadas se reduzcan al mejor de los casos (operación con tiraje abierto).	Permanente	Ambas
	Compensación de emisiones para viviendas nuevas	M18	Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA (PDA MP10) u otro mecanismo para declarar emisiones y compensarlas	Esta medida busca que los proyectos inmobiliarios compensen sus emisiones a través de distintos mecanismos, evitando que se genere el problema actual de división en varios proyectos pequeños para evitar la compensación.	Permanente	Nuevas
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefactos a leña que no cumplen la normativa	M19	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla normativa en cualquier episodio de contaminación	La medida consiste en restringir el uso de cualquier artefacto a leña que no cumple la normativa vigente, cuando ocurre un episodio crítico de contaminación, ya sea alerta, preemergencia o emergencia.	GEC	Ambas
		M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas (total de 5) y tipo de episodio. · Alerta: Restricción en 2 zonas · Preemergencia: Restricción en 3 zonas · Emergencia: Restricción en 4 zonas	La medida consiste en la restricción de utilización de cualquier artefacto a leña que no cumpla la normativa vigente, para una cantidad zonas definidas que dependerá del tipo de episodio.Las zonas que asumen la restricción van rotando equivalentemente a una medida de restricción vehicular por dígitos y son determinadas por nivel de emisión y zonas adyacentes. Se consideran 5 zonas en total, y que en caso de una alerta ambiental, 40% de las emisiones producto de calefacción a leña se reducen; en preemergencia 60%; y en emergencia, un 80%. Esta división permite que con el cumplimiento de la	GEC	Ambas

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Categoría	Objetivo	ID	Medidas con Reducción de Emisiones Directas	Descripción General	Aplicabilidad	Fuente Afectada
				medida, se salga del estado de episodio crítico y quede la calidad del aire en un estado "regular"		
Quemas Agrícolas	Restricción de quemas agrícolas	M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo	La medida consiste en considerar una ampliación al periodo de prohibición de quemas agrícolas en la zona.Actualmente la prohibición es de Abril a Septiembre y la medida evalúa la ampliación al mes de marzo. Se considera que el 100% de las quemas agrícolas del mes de marzo se reemplazan por métodos de manejo de rastrojos.	Permanente	-

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Las medidas M17 y M18 a su vez son programas complementarios. La medida M17 también aporta en la penetración de utilización de Leña Seca (M1) y en la utilización de equipos de calefacción de mayor tecnología. Por su parte, la medida M18, incentiva a que más proyectos inmobiliarios, para evitar tener que compensar emisiones, instalen sistemas de calefacción distrital u otras tecnologías, por lo que también es un programa complementario asociado a la reducción de emisiones de la misma medida.

A continuación se muestran los instrumentos económicos y programas complementarios con sus medidas asociadas:

Tabla 7-3 Instrumentos Económicos que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones

Tipología	Objetivo	Instrumentos Económicos	Asociado a Medida
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Programa de subsidios o incentivos en capital de trabajo para comerciantes y productores de leña.	M1
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Programa de subsidios a combustibles biomásicos de bajas emisiones.	M2
		Programa de subsidios a otros combustibles como GLP, GNL y pellets.	M2
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas existentes	Aumentar la penetración del Programa de Recambio (PDA MP10)	M3
		Programa de recambio de cocinas a leña por cocinas a gas	M8 y M9
		Programas de incentivo (tributario u otro) para sustituir artefactos a leña por otros sistemas de calefacción (no leña).	M2
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas nuevas	Programas de incentivo (tributario u otro) asociado a calefacción distrital u otras tecnologías para proyectos inmobiliarios nuevos.	M18
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	Aumentar la penetración del Programa de Mejoramiento Térmico de Viviendas Existentes - Programa PPPF (PDA MP10)	M12
		Implementar programa de Incentivos-subsidios a la aislación térmica en viviendas de más de 650 UF, que actualmente no pueden postular al PPPF térmico tradicional. El incentivo o subsidio debería permitir llegar a una calificación energética clase C.	M13

✓ Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-4 Programas Complementarios que apoyan el logro de Medidas de Reducción Directa de Emisiones

Tipología	Objetivo	Programas Complementarios	Asociado a Medida
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Disposición de medidores de humedad (xilohigrómetros) en salón de venta de comerciantes de leña y distribución a domicilio.	M1
		Fomento a la asociación de productores pequeños	M1
		Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de leña y derivados de la madera (biomasa)	M1
		Registro obligatorio para comerciantes de leña, con prohibición de venta para quienes no estén en el registro.	M1

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	Exigir evaluación de eficiencia energética cuando haya compra venta	M13

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8. Evaluación Detallada de Medidas

Este capítulo incluye la evaluación detallada de todas las medidas establecidas en el capítulo anterior (Sección 7). A continuación se listan los contenidos de la presente sección.

- ✓ Descripción metodológica general de evaluación de cada una de las medidas en términos de costos y reducción de emisiones (ver Sección 8.1).
- ✓ Descripción de todos los supuestos considerados para la evaluación de las medidas en términos de costos y reducción de emisiones (ver Sección 8.2)
- ✓ Potencial máximo de reducción de emisiones MP2.5 de cada una de las medidas evaluadas (ver Sección8.3)
- ✓ Evaluación de la reducción de emisiones y sus costos asociados (públicos y privados) de cada una de las medidas evaluadas independientemente según los distintos escenarios de penetración considerados. Esta sección incluye la estimación de los beneficios en salud asociado a la reducción de concentración de MP2.5 e indicadores económicos para cada medida evaluada independientemente (ver Sección 8.4).
- ✓ Análisis de la factibilidad jurídica de implementación de cada una de las medidas junto con un análisis de los organismos encargados de su implementación (puesta en marcha) y fiscalización (ver Sección 8.5).
- ✓ Evaluación de diferentes conjuntos de medidas considerando sus sinergias, los cuales fueron seleccionados considerando criterios de costo efectividad de las medidas y factibilidad de implementación de estas. Se evalúa un total de 6 conjuntos de medidas incluyendo la reducción conjunta de emisiones y concentraciones, beneficios en salud, indicadores económicos y curvas de costo medio (USD / ton MP2.5).

8.1 Descripción Metodología General de Evaluación de Medidas

A continuación se describe en términos generales la metodología de evaluación de cada una de las medidas considerando la estimación de reducción de emisiones y, los costos que implica la implementación de la medida. Esta descripción aplica solo para aquellas medidas a las cuales se les puede asociar una reducción de emisiones directa.

Los costos mencionados aquí solo son los propios de la implementación de la medida, sin considerar gastos administrativos. Estos serán abordados más adelante (ver Sección 8.2)

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-1 Metodología general de evaluación de Reducción de Emisiones y Costos para las Medidas a Evaluar

ID	Medidas Reducción de Emisiones Directa	Metodología Red Emisiones	Metodología Costos
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	En base a la diferencia en el FE de leña según humedad y diferencia en el consumo debido a una mejora en el poder calorífico de la leña según humedad. Se considera leña seca, leña semihúmeda y leña húmeda.	Considera costo unitario (costo/kg Leña) por secado de la leña.
M2	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	En base a la diferencia en el FE promedio del parque debido al aporte de los distintos combustibles en la LB en comparación con el FE promedio del parque al utilizar en mayor medida el GLP, GNL o Pellets.	Considera costo de compra de nuevo artefacto y diferencia de costo de combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción.
M3	Recambio de Equipos a Leña	En base a la diferencia en el FEdel equipo que consume leña que sale en comparación al FE del equipo de recambio entrante (Doble combustión 2,5 g/h o Pellets).	Considera costo de equipo de recambio, costo de chatarrización y la diferencia en el costo de combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (eficiencia del equipo).
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión.	En base a la diferencia en el FE promedio del parque calefactor que consume leña según el aporte de las distintas tecnologías en la LB en comparación al FE promedio del parque considerando la salida según cronograma de equipos que no cumplen norma y la entrada de un equipo que cumple norma; "Doble combustión 2.5 g/h".	Considera costo de equipo "Doble combustión 2.5 g/h" y la diferencia del costo en combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (eficiencia del equipo).
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes)	Encuesta desarrollada por UFRO contiene información de consumo de leña y de distribución de equipos a leña según tamaño de viviendas. Las viviendas a las cuales se les aplica esta prohibición cambian de tecnología entrando combustibles de remplazo. Reducción de emisiones según diferencia de FE del parque en LB y después de prohibición.	Considera costo de compra de las distintas tecnologías para el caso con prohibición y la diferencia del costo en combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (eficiencia del equipo).
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	Encuesta desarrollada por UFRO contiene información de viviendas que poseen más de un artefacto a leña. Para las viviendas a las cuales se les aplica esta prohibición se considera que cambian segundo artefacto (el más contaminante) manteniendo el 50% del consumo total a leña mientras que el otro 50% de la demanda de calefacción se remplaza por otro combustible. Reducción de emisiones según diferencia de FE del parque en LB y después de prohibición.	Considera costo de compra de las distintas tecnologías para el caso con prohibición y la diferencia en el costo de combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (eficiencia del equipo).
M7	Instalación de filtros catalizadores en calefactores	Reducción de emisiones se obtiene a partir la eficiencia de remoción de éstos multiplicado por la cantidad de filtros que se instalan.	Considera costo de inversión e instalación del filtro considerando una vida útil de 2 años y considera la diferencia del costo en combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (aumenta la eficiencia del equipo con el filtro).
M8	Recambio de cocina a leña	Reducción de emisiones considera un FE asociado al parque actual proyectadode cocinas a leña en comparación al parque con recambio,	Considera costo de cocina a gas, costo de chatarrización y costo de compra de equipo

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medidas Reducción de Emisiones Directa	Metodología Red Emisiones	Metodología Costos
		logrando un menor FE promediodel parque.	de calefacción para un % de las viviendas.
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplen normativa.	Reducción de emisiones considera una diferencia en los FE, asociada al parque actual proyectado de cocinas a leña en comparación al parque con prohibición, el cual considera cocinas a gas, cocinas a leña que cumplen normativa de emisión y un % de ingreso de equipos a calefacción, logrando un menor FE promediodel parque.	Considera costo de cocina a gas o costo de cocina a leña A ++ (cumple normativa) y costo de compra de equipo de calefacción para un % de las viviendas.
M10	Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas	Reducción de emisiones considera un FE asociado al parque de viviendas nuevas proyectado utilizando equipos que cumplen norma en comparación con la utilización de otros combustibles.	Considera costo de compra de las distintas tecnologías para el caso con prohibición y la diferencia en el costo de combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (eficiencia del equipo).
M11	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	Encuesta desarrollada por UFRO contiene información de consumo de leña y de distribución de equipos a leña según tamaño de viviendas. Las viviendas a las cuales se les aplica esta prohibición cambian de tecnología entrando combustibles de remplazo. Reducción de emisiones según diferencia de FE del parque de viviendas nuevas (equipo que cumple norma) en LB y después de prohibición.	Considera costo de compra de las distintas tecnologías para el caso con prohibición y la diferencia de costos en combustible paraobtener un mismo nivel de calefacción (eficiencia del equipo).
M12	AislaciónTérmica de viviendas existentes de menos 650 UF - M12A: Llegar a la Norma (zona térmica 5) - M12B: Llegar a la norma + mejora en muros - M12C: Llegar másallá de la norma (zona térmica 6) - M12D: Calificación Energética C	Reducción de emisiones se calcula debido a la diferencia en la demanda de calor de las viviendas existentes (dependiendo del año de construcción de la vivienda) y el nivel de aislación térmica efectuado. Con esto, se puede estimar una diferencia en el consumo de leña u otro combustible para calefacción, logrando una reducción debido al menor uso de ésta en condiciones con mejor aislación. La diferenciación de menos de 650 UF y de más de 650 UF se establece según tipologías.	Considera costo del material aislante e instalación utilizado para cada envolvente (material, flete y mano de obra) el cual depende de la tipología de la vivienda.
M13	AislaciónTérmica de viviendas existentes de más de 650 UF - M13A: Llegar a la Norma (zona térmica 5) - M13B: Llegar a la norma + mejora en muros - M13C: Llegar másallá de la norma (zona térmica6) - M13D: Calificación Energética C	Reducción de emisiones se calcula debido a la diferencia en la demanda de calor de las viviendas existentes (dependiendo del año de construcción de la vivienda) y el nivel de aislación térmica efectuado. Se estima la diferencia en el consumo de leña u otro combustible para calefacción, logrando una reducción debido al menor uso de ésta en condiciones con mejor aislación. La diferenciación de menos de 650 UF y de más de 650 UF se establece según tipologías.	Considera costo del material aislante e instalación utilizado para cada envolvente (material, flete y mano de obra) el cual depende de la tipología de la vivienda.
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas	Reducción de emisiones se calcula debido a la diferencia en la demanda de calor de las viviendas nuevas (cumplen norma 2007) y el nivel de aislación	Considera costo del material aislante e instalación utilizado para cada envolvente

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medidas Reducción de Emisiones Directa	Metodología Red Emisiones	Metodología Costos
	nuevas. - M14A: Llegar a la norma + mejora en muros - M14B: Llegar más allá de la norma (zona térmica 6 ó 7) - M14C: Exigir calificación energética clase C.	térmica efectuado. Se estima la diferencia en el consumo de leña u otro combustible para calefacción, logrando una reducción debido al menor uso de ésta en condiciones con mejor aislación.	(material, flete y mano de obra) el cual depende de la tipología de la vivienda.
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora)	Reducción de emisiones se calcula debido a la diferencia en la demanda de calor de las viviendas nuevas con LB de 2 ACH y la demanda de calor con 1 ACH (con medida). Se estima la diferencia en el consumo de leña u otro combustible para calefacción, logrando una reducción debido al menor uso de ésta en condiciones con mejor aislación.	Considera costo del material de sellado de infiltraciones e instalación el cual depende de la tipología de la vivienda.
M16	Límite de emisión para viviendas nuevas	Reducción de emisiones se calcula debido a la diferencia en la demanda de calor de las viviendas nuevas (cumplen norma 2007) que utilizan una tecnología de calefacción que cumplen con la normativa y la demanda de calefaccióny el equipo de calefacción necesario según el límite de emisión establecido. Se estima la diferencia en el consumo de leña u otro combustible para calefacción, logrando una reducción de emisiones debido a la menor demanda y el cambio de equipo.	Considera los costos de instalación de equipos de calefacción más eficientes y/o de mejoramiento de aislación térmica necesarios para no superar el límite de emisión establecido.
M17	No permitir Humos visibles : Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala Ringelmann u otra alternativa	Reducción de emisiones se estima modificando los factores de ajustes de los FE por mala operación de los artefactos a leña.	Considera costo de fiscalización e inversión en los instrumentos de medición correspondientes.
M18	Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA (PDA MP10) u otro mecanismo para declarar emisiones y compensarlas	Debido a la falta de información sobre la proyección de la cantidad de proyectos inmobiliarios a instalarse en la zona y sobre la cantidad de viviendas que tendría cada uno, se ha optado por no evaluar la reducción de emisiones ni los costos asociados a esta medida, para solo hacer mención sobre su factibilidad jurídica.	
M19	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación	Reducción de emisiones se estima en base a la cantidad de episodios de contaminación, asumiendo que esos días no hay emisiones por artefactos a leña.	Se considera la diferencia de costos porutilización de combustible.
M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla normativa según zonas (zona de Temuco y Padre las Casas dividida en 5 zonas) y tipo de	La reducción de emisiones se obtiene con la cantidad de viviendas que dejan de emitir según el tipo de episodio.	Se considera la diferencia de costos porutilización de combustible y la compra de equipos que puedan funcionar en estos episodios en un % de la población. Se considera que la población solo compra

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medidas Reducción de Emisiones Directa	Metodología Red Emisiones	Metodología Costos
	episodio. · Alerta: Restricción en 2 zonas · Preemergencia: Restricción en 3 zonas · Emergencia: Restricción en 4 zonas		equipos de bajo costo como estufas a gas licuado o kerosene.
M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo	Reducción de emisiones considera que no existen emisiones asociadas a quemas durante el mes de marzo.	Se considera costos de manejo de rastrojos (costo / ha).

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2 Descripción de supuestos utilizados para la evaluación según medida

Aunque ya se listaron los supuestos generales del estudio en la Sección 4.3, en esta se especifican los que se usaron para cada medida en particular, con respecto a:

- ✓ Reducción de emisiones
- ✓ Costos
  - Inversión
  - Operación y mantención
  - Administrativos: diseño de la medida, difusión, implementación y fiscalización

Se presentan todas las medidas con los costos administrativos que se asocian a su diseño, implementación, fiscalización y difusión. El diseño de la medida consiste en la creación y planificación de esta; la puesta en marcha corresponde a los costos de iniciar la medida; la fiscalización al cuidado de su cumplimiento; y la difusión consiste en informar a los actores que se ven afectados de alguna manera por la medida.

El costo del diseño de las medidas de prohibición, y otras que resulten con el mismo nivel de complejidad para diseñarlas, se basa en lo que se estimó para la medida de Prohibición de Chimeneas Abiertas en el estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006). El costo para medidas más complejas se estima en base al costo de la licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008)[22].Se incurre en los costos del diseño de la medida un año antes de que esta comience su implementación.

Para las medidas que implican difusión, el precio anual de esta actividad fue obtenido del estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).

8.2.1 M1: Comercialización y Utilización de Leña Seca

Esta medida considera el reemplazo de la leña actualmente utilizada, por leña seca (humedad menor o igual a 25%), debido a la prohibición de comercialización y utilización de leña húmeda. La humedad para cada tipo de leña considerada es como sigue:

[22]Obtenido de la página web de Mercado Público.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-2: Porcentaje de humedad de la leña según tipo

	Seca	Semi-húmeda	Húmeda
Humedad (%)	25	30	40

Fuente: (Ministerio del Medio Ambiente 2011)

Además, se considera que al aumentar la humedad, aumentan las emisiones en un cierto factor, el cual multiplica el factor de emisión de la leña en condiciones ideales (Leña Seca). Los valores de este factor multiplicativo por humedad son los siguientes:

Tabla 8-3: Factor multiplicativo del FE según humedad de la leña

Contaminante	Seca	Semi-húmeda	Húmeda
$MP_{2,5}$	1	1.6	2.15

Fuente: Datos administrados en reuniones con miembros del Departamento de Estudios del Ministerio de Medio Ambiente y de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.

Para la modelación es necesario conocer la distribución de la humedad de la leña que se comercializa y utiliza, es decir, el porcentaje ofertado según la humedad. A continuación se muestra esto para el caso base y para el caso al aplicar la medida:

Caso Base

Tabla 8-4: Distribución de la humedad de la leña - Base

Tipo Leña	2009	2010	2011	2012	2013 - 2030
Seca	40%	40%	40%	40%	45%
Semi-húmeda	35%	35%	35%	35%	35%
Húmeda	25%	25%	25%	25%	20%

Fuente: Elaboración propia en base a meta propuesta en Plan de Descontaminación de MP10 (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010) y opinión experta SEREMI de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.

Caso con PDA MP25 propuesto

Escenario Pasivo

Tabla 8-5:Distribución de la humedad de la leña - Pasivo

Tipo Leña	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 - 2030
Seca	40%	40%	40%	40%	45%	45%	45%	45%	50%	50%	55%	60%
Semi-húmeda	35%	35%	35%	35%	35%	35%	40%	40%	35%	35%	30%	25%
Húmeda	25%	25%	25%	25%	20%	20%	15%	15%	15%	15%	15%	15%

Fuente: Elaboración propia en base a meta propuesta en Plan de Descontaminación de MP10 (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010) y opinión experta SEREMI de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Escenario Esperado

Tabla 8-6:Distribución de la humedad de la leña - Esperado

Tipo Leña	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 - 2025
Seca	40%	40%	40%	40%	45%	45%	45%	55%	65%	65%	75%	75%	80%
Semi-húmeda	35%	35%	35%	35%	35%	35%	40%	30%	20%	25%	15%	15%	10%
Húmeda	25%	25%	25%	25%	20%	20%	15%	15%	15%	10%	10%	10%	10%

Fuente: Elaboración propia en base a meta propuesta en Plan de Descontaminación de MP10 (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010) y opinión experta SEREMI de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.

Escenario Agresivo

Tabla 8-7:Distribución de la humedad de la leña - Agresivo

Tipo Leña	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 - 2022
Seca	40%	40%	40%	40%	45%	45%	55%	70%	80%
Semi-húmeda	35%	35%	35%	35%	35%	35%	30%	20%	10%
Húmeda	25%	25%	25%	25%	20%	20%	15%	10%	10%

Fuente: Elaboración propia en base a meta propuesta en Plan de Descontaminación de MP10 (SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania 2010) y opinión experta SEREMI de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.

Además la leña tiene distinto poder calorífico según la humedad que contenga, aumentando al estar más seca. Esto se ve reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 8-8: Poder calorífico de la leña según humedad

Humedad	Poder Calorífico (MJ/kg)
Seca	13.87
Semi-Húmeda	12.49
Húmeda	8.32

Fuente: (Poch Ambiental 2010)

De esta manera se producen menos emisiones debido a un menor consumo de leña para lograr la misma cantidad de energía requerida para calefacción.

Costo de Inversión

Esta medida considera la compra obligatoria de xilohigrómetros, artefactos para la medición de la humedad de la leña, por parte de los comerciantes (privados). Se supone que el costo es de 200.000 CLP, que posee una vida útil de 3 años y que 300 comerciantes de leña son los que realizan la compra, por lo que se genera un costo total de inversión de 60.000.000 CLP.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Costos de operación y mantención

Se considera un costo de inversión para los comercializadores o de operación para los usuarios debido al secado de la leña. Este costo se considera como la diferencia entre el costo de la leña húmeda (16.029 CLP/m^3) y la leña seca (23.639 CLP/m^3)[23] para Temuco y Padre Las Casas (Universidad de Chile 2009). Este costo es asumido por el consumidor, es decir, por la población. Se considera que el costo de secado es la mitad para el caso de leña semi-húmeda.

Adicionalmente se considera un ahorro en leña debido al aumento en el poder calorífico en la leña seca, según lo explicado anteriormente (ver **Tabla 8-8**).

Costos Administrativos

A continuación se resumen los costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-9: Costos administración – M1

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	0	Medida ya diseñada casi por completo
Implementación	0	Ya comenzó la implementación
Fiscalización	- 10,000,000/año - 2,000,000 el primer año por compra de equipos.	10 fiscalizadores con herramientas de trabajo (obtenido del estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas", 2006). 3 fiscalizadores exclusivos para la comercialización y 7 para el uso (viviendas).
Difusión	10,000,000/año	Durante los primeros 2 años.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo que cumple la norma (Doble Combustión 2.5 g/h), utiliza leña húmeda y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida:

[23] Se considera el método de secado que incluye Presecado Natural + Secado Artificial

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-10: Análisis Unitario – M1

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)
Vivienda Línea Base	0.70	123,710	14,869	27	$ 574,254
Vivienda con Leña Seca	0.70	123,710	8,919	16	$ 523,839
Delta		-	5,950	11	50,416
Reducción %		**0.0%**	**40.0%**	40.0%	8.8%

Se observa que la medida logra una disminución de un 40% en el consumo de leña y en las emisiones (dado a que se utiliza el mismo equipo). Eso sí, aunque el costo sí se reduce, no lo hace en ese orden de magnitud, debido al aumento en el costo de la leña al secarla.

8.2.2 M2: Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción (Gas y Pellets)

La medida consiste en incentivar el uso de otros energéticos que reemplacen a la leña, dentro de los cuales se considera el gas licuado de petróleo, el gas natural licuado y los pellets de madera.

Se analiza el subsidio a los tres combustibles mencionados por separado, llegando al mismo precio (por unidad de energía) que la leña. De esta manera, se supone que los equipos nuevos que entran al parque corresponden sólo a equipos del combustible subsidiado y a leña. Para esto se considera que un máximo del 72% de los equipos que normalmente utilizan leña se cambiarían al combustible que se está subsidiando[24].

La reducción de emisiones vendría dada por la diferencia en los poderes caloríficos de los combustibles, la diferencia en las eficiencias de los equipos y los factores de emisión asociados a las tecnologías correspondientes:

[24]El 72% de los encuestados declara que usa leña debido a que es el combustible más barato. Fuente: encuesta UFRO

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-11: Comparación entre la leña y energéticos de reemplazo

Combustible	Poder Calorífico (MJ/kg)	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Leña (seca)	13.9	70%	185
GLP	50.7	78%	1.2
GNL	51.5	78%	0.005
Pellets	18.7	80%	33.34

Fuente: Poderes caloríficos en base al Balance Nacional de Energía y a (Poch Ambiental 2010). Las eficiencias son de (CENMA 2007). Los FE son de (Ambiente Consultores 2007). Para la leña se supone un equipo Doble Combustión 2,5 g/h que opera en con leña seca y tiraje abierto.

Costos de Inversión

El privado debe incurrir en la compra de equipos de los otros energéticos. El costo de inversión considerado para la medida depende de si se trata de alguien que recambia un equipo existente o al comprar uno nuevo prefiere el que utiliza el combustible subsidiado. En el primer caso, el costo de inversión corresponde al total del precio del artefacto nuevo, en cambio en el segundo corresponde a la diferencia de los precios entre los equipos de reemplazo y un equipo a leña que cumple la normativa (Doble Combustión 2.5 g/h). A continuación se detallan los costos.

Tabla 8-12: Comparación entre costos de inversión de la leña y energéticos de reemplazo

Combustible	Costo Equipo (UF)	Costo Equipos (CLP)
Leña	10.4	237,668
GLP	3.2	73,129
GNL	21.7	495,903
Pellets	44.1	1,007,803

Fuente: (Ambiente Consultores 2007).

Costos de Operación y Mantención

Se considera que el Estado incurre en costos por la diferencia en el precio del energético de reemplazo que se está incentivando y la leña. Así, el monto total dependerá del combustible subsidiado y la cantidad. A continuación se presentan los precios de los energéticos considerados en el análisis:

Tabla 8-13: Comparación de precios entre la leña y energéticos de reemplazo

Combustible	Precio [CLP/MJ]	Incentivo [CLP/MJ]	Fuente
Leña Seca	2.9	0	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
GLP	18.6	15.8	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Gas Natural	17.4	14.5	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC(Comuna de Chillan[25] Promedio 2012)
Pellets	8.7	5.9	Página web BOSCA

El subsidio se considera durante todo el periodo que dure el plan.

Además el usuario (población) incurre en ahorros en gastos por energéticos debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos ya mencionadas.

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-14: Costos administración – M2

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	11.000.000	En base a licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008)[26].
Difusión	5.000.000/año	Durante los primeros 2 años. No es una medida que necesite mucha difusión para su correcto funcionamiento.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo que cumple la norma (Doble Combustión 2.5 g/h), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida al subsidiar Gas Natural y considerar un equipo nuevo:

Gas Natural

Tabla 8-15: Análisis Unitario – M2 - GNL

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.70	123,710	16	$ 523,839	-	-
Vivienda con Estufa a GNL	0.78	111,022	0.00	$ 1,931,182	$258,235	$ 22,514

[25] En la actualidad no existe la comercialización de Gas Natural en las comunas de Temuco y Padre las Casas por lo que se asume, que en caso de existir la comercialización en un futuro, el precio correspondería al precio actual que se comercializa en la comuna de Chillan.
[26]Obtenido de la página web de Mercado Público.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Delta		12,688	16	-1,407,343		
Reducción %		**10.3%**	**100.0%**	**-268.7%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 75,8% en el consumo de energético y de un 100% en las emisiones. Sin embargo, el costo de calefacción aumenta aunque disminuya el consumo de energético, debido a que el precio del GNL es mucho mayor que el de la leña.

La siguiente tabla presenta los resultados de la medida al subsidiar Pellets y considerar un equipo nuevo:

Pellets

Tabla 8-16: Análisis Unitario – M2 - Pellets

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.70	123,710	16	$ 523,839	-	-
Vivienda con Estufa a Pellets	0.80	108,246	3	$ 943,185	$770,135	$ 67,144
Delta		15,464	13	(419,346)		
Reducción %		**12.5%**	**82.0%**	**-80.1%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 82% en las emisiones. Sin embargo, el costo de calefacción aumenta aunque disminuya el consumo de energético, debido a que el precio del pellet es significativamente mayor que el de la leña.

8.2.3 M3: Recambio de Equipos a Leña

Esta medida consiste en un programa de recambio de artefactos de combustión a leña, donde los usuarios entregan uno antiguo, y reciben uno nuevo menos contaminante pagando un precio menor al de mercado. La tecnología entrante considerada corresponde a una estufa doble combustión 2.5 g/h y equipos a pellets en distintas proporciones según escenario de penetración.

Se considera que el remplazo de equipos será desde la tecnología más contaminante a la que es menos. A continuación se detallan las características de las tecnologías que salen y las que entran:

Tabla 8-17: Recambio Equipos – Comparación equipos

Tecnología	FE (g/kg)	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Otros	16.1	0.4	2,901.9
Salamandra	16.1	0.5	2,321.6
Combustión Simple	14.9	0.6	1,953.2

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Doble Cámara 2,5 g/h	1.8	0.7	185.4
Pellets	0.5	0.8	33.3

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias, lo que genera un mayor o menor consumo de los energéticos.

Costos de Inversión

Los costos de inversión corresponden a la compra de los equipos nuevos y al costo de chatarrización del equipo antiguo que sale del parque. Con respecto a la compra, el Estado subsidia un 75%[27] del precio de venta de los equipos (en base al programa actual de recambio, suponiendo que se cumple el mismo porcentaje independiente del equipo (pellet o leña) y su costo de compra). A continuación se detallan los precios de los equipos que entran al parque:

Tabla 8-18: Recambio Equipos – Precio equipos entrantes

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)
Doble Cámara 2.5 g/h	10.4	237,668
Pellets	44.1	1,008,488

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

El costo de chatarrización considerado es de 20,000 CLP/equipos. Este también lo asume en un 75% el Estado.

Costos de Operación y Mantención

El privado incurre en un costo de combustible por diferencias en las eficiencias de los equipos (ver Tabla 8-17) y los precios de los combustibles:

[27] El aporte de las personas en el programa de recambio es entre un 10% hasta un 33% en la compra del equipo cuando hay subsidio. De esta manera se utiliza un promedio de 25%, por lo que el Estado aporta un 75%.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-19: Recambio de Equipos – Precio combustibles

Combustible	Precio* [CLP/MJ]	Fuente
Leña Seca (Combustión Simple)	7.1	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Leña Seca (Doble Combustión 2.5 g/h)	6.0	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Pellets	10.9	Página web BOSCA

* Los precios indicados en la tabla ya considera la eficiencia del equipo en donde se utiliza el combustible respectivo.

Costos Administrativos

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-20: Costos administración – M3

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	0	Medida ya diseñada.
Implementación	36.000.000 CLP/año	Costo obtenido del estudio "Diseño de un programa de recambio de artefactos existentes que combustionan leña por tecnología menos contaminante, en las comunas de Temuco y Padre las Casas" (2009). Para todo el periodo en que la medida se esté implementando. Este costo corresponde al funcionamiento de una oficina encargada del programa, con todos sus costos asociados (personal, arriendo, luz, agua, etc.).
Difusión	10.000.000/año	Durante los años de recambio

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de Combustión Simple, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida al recambiar este equipo por uno que cumpla la norma (Doble Combustión 2.5 g/h):

Tabla 8-21: Análisis Unitario – M3

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Vivienda Línea Base	0.55	157,449	11,352	169	$ 666,704	-	-
Vivienda con Doble Combustión 2,5 g/h	0.70	123,710	8,919	16	$ 523,839	$237,668	$ 20,721
Delta		33,739	2,433	153	$ 142,865		
Reducción %		**21.4%**	**21.4%**	**90.5%**	**21.4%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 21.4% en el consumo de energético y de un 90.5% en las emisiones. Además, el costo de calefacción también disminuye en un 21.4% debido a que se compara el mismo energético (leña seca).

8.2.4 M4: Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión

La medida consiste en prohibir gradualmente el uso de distintas tecnologías del parque existente que no cumplan con la norma de emisión actual. Las tecnologías consideradas que no cumplen norma son:

- ✓ Otros
- ✓ Chimenea (esta ya está prohibida en la línea base)
- ✓ Salamandra
- ✓ Combustión Simple

La salida del parque de los equipos se realiza desde la tecnología más contaminante a la que contamina menos. A su vez, el equipo que entraría al parque en vez de las tecnologías prohibidas sería un artefacto a leña que cumple la norma (Doble Combustión 2.5 g/h).

A continuación se comparan estas tecnologías en términos de factores de emisión y eficiencias con la que cumple la norma:

Tabla 8-22: Prohibición Gradual – Comparación equipos

Tecnología	FE (g/kg)	Eficiencia
Otros	16.1	0.4
Salamandra	16.1	0.5
Combustión Simple	14.9	0.6
Doble Cámara 2.5 g/h	1.8	0.7

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias, lo que genera un menor consumo de los

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

energéticos en el caso del equipo que cumple la norma.

Costos de Inversión

Los costos de inversión corresponden a la compra de los equipos que cumplen la normativa, los cuales son asumidos por la población. El equipo que cumple la normativa tiene un precio de venta de 237,668 CLP/equipo o 10.4 UF.

Costos de Mantención y Operación

El usuario (población) incurre en un ahorro en combustible debido al cambio en las eficiencias (ver Tabla 8-22). El precio de la leña según humedad es como sigue:

Humedad	Precio (UF/kg)	Fuente
Húmeda (40% Humedad)	1.69 x 10^-3	Elaboración propia en base a (Universidad de Chile 2009) –Ciudad de Temuco
Seca (25% Humedad)	2.57 x 10^-3	Costo correspondiente a la leña humeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Semi-Húmeda (30% Humedad)	2.11x 10^-3	Considera la mitad del costo de secado de la leña.

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-23: Costos administración – M4

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	2.000.000/año	No es muy alta debido a que puede ser agregada a otras fiscalizaciones. Tampoco necesita instrumentos especializados.
Difusión	10.000.000/año	Durante el año anterior y el primer año en que se prohíbe una nueva tecnología

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Esta vivienda en línea base posee un equipo de Combustión Simple, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida:

Tabla 8-24: Análisis Unitario – M4

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.55	157,449	11,352	169	$ 666,704	-	-
Vivienda con Doble Combustión 2.5 g/h	0.70	123,710	8,919	16	$ 523,839	$237,668	$ 20,721
Delta		33,739	2,433	153	$ 142,865		
Reducción %		**21.4%**	**21.4%**	**90.5%**	**21.4%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 21.4% en el consumo de energético y de un 90.5% en las emisiones. Además, el costo de calefacción también disminuye en un 21.4% debido a que se compara el mismo energético (leña seca).

8.2.5 M5: Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes)

Esta medida consiste en prohibir el uso de calefactores a leña para un cierto rango de tamaño de las viviendas. Como opción de reemplazo se consideraron estufas a kerosene, GLP, eléctricas y pellets; entran todas en la misma proporción al parque.

Tabla 8-25: Prohibición Leña según tamaño vivienda – Equipos Salen

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Otros	0.4	2,901.9
Salamandra	0.5	2,321.6
Combustión Simple	0.6	1,953.2
Doble Cámara 2,5 g/h	0.7	185.4

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

Tabla 8-26: Prohibición Leña según tamaño vivienda – Equipos Entran

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Estufa a Kerosene	0.8	8.0
Estufa a Gas Licuado	0.8	8.0
Estufa Eléctrica	1.0	-
Pellets	0.8	33.3

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias, lo que genera un menor consumo de los energéticos en el caso del equipo que cumple la norma.

Según el rango de tamaño de viviendas a prohibir se tendría la siguiente distribución de equipos con su consecuente prohibición y cantidad de viviendas que son afectadas (porcentaje acumulado de viviendas):

Tabla 8-27: Distribución de equipos según tamaño de vivienda

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA						
Superficie	Cocina	Salamandra	C. Lenta	Chimenea	Otros	% Acumulado de Viviendas
>1 m2	35,5%	7,4%	55,5%	0,8%	0,7%	100%
>11 m2	35,3%	7,3%	55,8%	0,8%	0,7%	99%
>31 m2	34,1%	6,3%	57,9%	0,9%	0,8%	91%
>51 m2	26,3%	4,0%	67,9%	1,1%	0,7%	64%
>71 m2	21,9%	2,4%	74,5%	1,2%	0,0%	37%
>91 m2	20,0%	2,3%	76,9%	0,8%	0,0%	20%
>111 m2	17,9%	2,6%	78,2%	1,3%	0,0%	13%
>131 m2	19,0%	4,8%	76,2%	0,0%	0,0%	7%
>151 m2	27,3%	4,5%	68,2%	0,0%	0,0%	4%
>171 m2	40,0%	6,7%	53,3%	0,0%	0,0%	3%
>200 m2	40,0%	0,0%	60,0%	0,0%	0,0%	1%

Fuente: (Universidad de La Frontera 2010).

Para equipos que salen del parque se considera la distribución tecnológica de los calefactores para este tipo de vivienda, según datos de la encuesta de la UFRO (ver tabla anterior).

Costos de Inversión

El privado incurre en la compra del equipo de reemplazo:

Tabla 8-28: Prohibición leña según tamaño vivienda – Costo equipos

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)
Estufa a Kerosene	3.3	75,642
Estufa a Gas Licuado	3.3	75,642
Estufa Eléctrica	30.0	684,895
Pellets	44.1	1,008,488

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-29: Prohibición leña según tamaño vivienda – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Fuente
GLP	4.13×10^{-2}	944.3	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Gas Natural	3.92×10^{-2}	896.5	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC(Comuna de Chillan[28] Promedio 2012)
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Kerosene	2.83×10^{-2}	646.0	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Pellets	7.13×10^{-3}	162.9	Página web BOSCA
Electricidad [kW-h]	4.08×10^{-3}	93.2	Elaboración propia en base a CGE Distribución Tarifa BT1 Comunas Temuco y Padre las Casas

Tabla 8-30: Prohibición leña según tamaño vivienda – Poder calorífico

Combustible	PCI (MJ/kg)
Gas Licuado	50.7
Gas Natural	51.5
Lena	13.9
Kerosene	46.5
Pellets	18.7
Kerosene	46.5

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos Administrativos

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-31: Costos administración – M5

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	2.000.000/año	El costo no es tan alto debido a que puede ser agregada a otras fiscalizaciones. Tampoco necesita instrumentos especializados.
Difusión	10.000.000/año	Durante el año anterior y primer año de implementación.

[28] En la actualidad no existe la comercialización de Gas Natural en las comunas de Temuco y Padre las Casas por lo que se asume, que en caso de existir la comercialización en un futuro, el precio correspondería al precio actual que se comercializa en la comuna de Chillan.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de Combustión Simple, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para un calefactor a pellets:

Tabla 8-32: Análisis Unitario – M5

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar -año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.55	157,449	11,352	169	$ 666,704	-	-
Vivienda con Estufa a Pellets	0.80	108,246	5,789	3	$ 943,185	$1,007,803	$ 87,865
Delta		49,203	5,563	166	$(276,481)		
Reducción %		**31.3%**	**49.0%**	**98.3%**	**-41.5%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 49% en el consumo de energético y de un 98.3% en las emisiones. Sin embargo, el costo de calefacción aumenta en un 41.5% debido a que el precio del pellet es significativamente mayor que el de la leña.

8.2.6 M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda

La medida consiste en la prohibición de la tenencia de un segundo artefacto a leña en cualquier vivienda, independiente de si es estufa o cocina. Como opción de reemplazo se consideran estufas a kerosene, a GLP, eléctricas y pellets; entran todas en la misma proporción, es decir, un 25% para cada una.

Tabla 8-33: Prohibición tenencia más de 1 artefacto – Equipos Salen

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Otros	0.4	2,901.9
Salamandra	0.5	2,321.6
Combustión Simple	0.6	1,953.2
Doble Cámara 2,5 g/h	0.7	185.4

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

Tabla 8-34: Prohibición tenencia más de 1 artefacto – Equipos Entran

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Estufa a Kerosene	0.8	8.0
Estufa a Gas Licuado	0.8	8.0
Estufa Eléctrica	1.0	-
Pellets	0.8	33.3

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias, lo que genera un menor consumo de los energéticos en el caso del equipo que cumple la norma.

Se supone que sale uno de los dos equipos (el más contaminante) y que la demanda en calefacción de la vivienda era suplida en un 50% por dicho equipo.

Según el registro de calefactores, que posee un total de 40,432 viviendas registradas; 8,792 viviendas poseen más de un calefactor a leña. Esto es un 21.7% de las viviendas (considera cocinas a leña).

En base al análisis de distribución de equipos en aquellas viviendas que poseen más de un artefacto a leña, la distribución de equipos que se apagan del parque es:

Artefacto	% que se "apaga"
Cocina Leña	23.8%
Salamandras	20.3%
Otros	16.8%
Combustión Simple	16.2%

Fuente: Elaboración propia en base a registro de calefactores. Por ejemplo, los % mencionados se traducen como; el 23.8% de las cocinas existentes en el parque se "apagan".

Costos de Inversión

El privado incurre en la inversión del equipo nuevo:

Tabla 8-35: Prohibición tenencia más de un equipo a leña – Costo equipos

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)
Estufa a Kerosene	3.3	75,642
Estufa a Gas Licuado	3.3	75,642
Estufa Eléctrica	30.0	684,895
Pellets	44.1	1,008,488

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-36: Prohibición tenencia de más de un equipo a leña – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Fuente
GLP	4.13×10^{-2}	944.3	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Gas Natural	3.92×10^{-2}	896.5	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC(Comuna de Chillan[29] Promedio 2012)
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Kerosene	2.83×10^{-2}	646.0	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Pellets	7.13×10^{-3}	162.9	Página web BOSCA
Electricidad [kW-h]	4.08×10^{-3}	93.2	Elaboración propia en base a CGE Distribución Tarifa BT1 Comunas Temuco y Padre las Casas

Tabla 8-37: Prohibición tenencia de más de un equipo a leña – Poder calorífico

Combustible	PCI (MJ/kg)
Gas Licuado	50.7
Gas Natural	51.5
Lena	13.9
Kerosene	46.5
Pellets	18.7

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos Administrativos

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-38: Costos administración – M6

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	2.000.000/año	El costo no es tan alto debido a que puede ser agregada a otras fiscalizaciones. Tampoco necesita instrumentos especializados.
Difusión	10.000.000/año	Durante el año anterior y primer año de implementación.

[29] En la actualidad no existe la comercialización de Gas Natural en las comunas de Temuco y Padre las Casas por lo que se asume, que en caso de existir la comercialización en un futuro, el precio correspondería al precio actual que se comercializa en la comuna de Chillan.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24.055 kW-h/vivienda-año (86.597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de Combustión Simple, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para un calefactor a pellets:

Tabla 8-39: Análisis Unitario – M6

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.70	61,855	66	$ 261,919	-	-
Vivienda con Estufa a Pellets	0.80	54,123	1	$ 471,593	$1,007,803	$ 87,865
Delta		7,732	65	$ (209,673)		
Reducción %		**12.5%**	**97.8%**	**-80.1%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 35.1% en el consumo de energético y de un 97.8% en las emisiones. Sin embargo, el costo de calefacción aumenta en un 80.1% debido a que el precio del pellet es significativamente mayor que el de la leña.

8.2.7 M7: Instalación de Filtros Catalizadores en Calefactores

Se analiza la instalación de un filtro catalizador en equipos de combustión simple con templador y estufas doble combustión (se considera que solo en este tipo de equipos funciona) de modo de reducir las emisiones de material particulado de estos artefactos.

Se considera que el filtro catalizador solo tiene efectividad en la reducción de emisiones de MP2.5 en equipos de combustión simple con templador y en equipos de doble combustión. En la zona de Temuco y Padre las Casas, dentro de los potenciales equipos a instalar el filtro, solo existen equipos de combustión simple con templador.

Se asume que el 46.7% de los equipos de combustión simple existentes en la zona, poseen templador (DICTUC 2008a).

A partir del modelo RAINS, se puede obtener que la reducción de emisiones que se produce debido a esta medida es:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-40Eficiencia de Reducción de Emisiones Filtros Catalíticos

MP	MP_{10}	$MP_{2,5}$
65%	65%	65%

Fuente: (IIASA 2002)

Esta eficiencia solo se cumple si el filtro se utiliza en presencia de leña seca. Para leña semi-húmeda la efectividad se reduce a un 25% de la original (25% de 65%) mientras que en presencia de leña húmeda no se genera ninguna reducción de emisiones (eficiencia en la reducción igual a 0).

Esta reducción se aplica directamente en los factores de emisión de los equipos. El factor de emisión ideal de MP2.5 (considerando una condiciones de operación idóneas (tiraje abierto y leña seca) de un equipo de combustión simple es igual a 14.9 $gMP_{2.5}$/kg leña (DICTUC 2008a).

Adicionalmente, se considera una mejora en la eficiencia en un 10% del equipo al tener instalado el filtro (Universidad de Concepción 2002). La eficiencia térmica original del equipo de combustión simple es igual a 55% (Ambiente Consultores 2007).

Los costos de la medida corresponden al costo de inversión en los filtros catalíticos y al ahorro en combustible producido por el aumento del 10% de la eficiencia térmica del equipo.

Costo de Inversión

Se consideró que el costo de inversión del filtro es de $135,000 (Surclima) mientras que el costo de instalación es igual a $19,000 (Asesorías en Ingeniería Ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E.I.R.L (2006), valor actualizado al 2013). Esto es equivalente a 6.74 UF que se considera que es asumido por el Estado.

La vida útil considerada es de 2 años considerado como un escenario conservador ya que se plantea que dependiendo la operación del equipo esto puede variar entre 2 y 6 años (Universidad Católica de Temuco 2012).

Costos de Combustible

Debido al aumento en la eficiencia de los equipos por la instalación de los filtros, se obtiene un ahorro en combustibles que beneficia al usuario (población).

Se considera un precio de la leña dependiendo de la humedad como lo muestra la siguiente tabla:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Leña	Precio [UF/kg]	Fuente
Húmeda: 40%	1.69×10^{-3}	Ciudad de Temuco (Universidad de Chile 2009)
Seca: 25%	2.57×10^{-3}	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" – Ciudad de Temuco (Universidad de Chile 2009)
Semi-Húmeda: 30%	2.11×10^{-3}	Considera la mitad del costo de secado de la leña.

Los poderes caloríficos y densidades que se consideran son los siguientes:

Leña	PCI [MJ/kg]	Densidad [kg/m3 estéreo]
Seca: 25%	13.87	411
Semi-Húmeda: 30%	12.49	432
Húmeda: 40%	8.32	453

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración a cargo de los organismos públicos para implementar la medida.

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	11.000.000	En base a licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008)
Implementación	30.000.000	Implica realizar pruebas de homologación de filtros catalizadores (Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas, 2006). Todo para el primer año.
Difusión	10.000.000/año	Durante los años de instalación

Análisis Unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando la instalación de un filtro catalítico en una vivienda Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 13,091 kwh/vivienda-año (47,128 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple con templador, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión MP2.5 (kg/año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda LB	0.55	85,687	6,178	92	362,835	-	-
Vivienda con Filtro Catalítico	0.61	77,897	5,616	29	329,850	154,000	83,997
Delta		(7,790)	(562)	(62.76)	(32,985)		
Reducción (%)		9.1%	9.1%	**68.2%**	**9.1%**		

Como se aprecia en la tabla anterior, la instalación de un filtro catalizador en un equipo de combustión simple con templador, en condiciones ideales de funcionamiento reduce un 68.2% de las emisiones de MP2.5 y además reduce el consumo de leña en un 9.1%. Cabe destacar que estos resultados corresponden al funcionamiento ideal del filtro ya que, como se mencionó anteriormente, al utilizarlo con leña semi húmeda o húmeda la eficiencia de reducción reduce considerablemente.

8.2.8 M8: Recambio de Cocinas a Leña

Esta medida busca reemplazar las actuales cocinas a leña, por cocinas a gas licuado cuyas emisiones son menores. Además, si esa vivienda utiliza la cocina a leña como calefactor exclusivo de su vivienda, se le debe apoyar con un calefactor a leña que cumpla la norma también.

De esta forma se debe "dividir" el programa en dos.

- ✓ **Programa de recambio para sustituir cocinas a leña por cocinas a GLP**: En este "sub programa" solo pueden participar aquellas viviendas que no poseen cocina a GLP. Según UFRO (2009), el 37.4% de las viviendas que posee cocina a leña, no posee cocina a GLP.
  A su vez, de este potencial de cocinas, un 51.1% de este posee exclusivamente este artefacto para calefaccionarse (según Registro de Calefactores) por lo que es necesario que este recambio por cocinas a GLP sea acompañado por un calefactor que cumpla normativa.
- ✓ **Programa de recambio para sustituir cocinas a leña por calefactores que cumplan normativa:**Eneste "sub programa" participan todas aquellas viviendas que tienen una cocina a gas por lo que se comporta como el programa de recambio de calefactores. Según UFRO (2009), el 62.6% de las viviendas que posee cocina a leña, posee cocina a GLP por lo que estas son el potencial máximo de recambio de este "sub programa".

A continuación se comparan las características de los equipos afectados por este programa:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-41: Recambio de cocinas – comparación equipos

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Cocina a Lena	0.4	2,901.9
Cocina a Gas Licuado	0.8	1.2
Doble Cámara 2,5 g/h	0.7	185.4

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias, lo que genera un menor consumo de los energéticos en el caso del equipo que cumple la norma y la cocina a gas licuado.

Costos de Inversión

Se consideran costos de chatarrización de 20.000 CLP/equipo y costo de compra equipo:

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)
Cocina a Gas Licuado	3.2	73,129
Doble Cámara 2,5 g/h	10.4	237,668

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

De los costos de inversión descritos anteriormente, un 25% lo asume la población y un 75% el Estado[30].

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos:

Tabla 8-42: Recambio cocinas – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Precio [CLP/MJ]	Fuente
GLP	4.13×10^{-2}	944.3	18.6	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	4.2	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco

[30] El aporte de las personas en el programa de recambio actual es entre un 10% hasta un 33% en la compra del equipo cuando hay subsidio. De esta manera se utiliza un promedio de 25%, por lo que el Estado aporta un 75%.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-43: Recambio Cocinas – Poder calorífico

Combustible	PCI (MJ/kg)
Gas Licuado	50.7
Lena	13.9

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-44: Costos administración – M8

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.500.000	En base a licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008). Se considera la mitad del costo de este diseño por ya existir experiencia en el diseño de este tipo de programas.
Implementación	0	Costos de implementación ya asumidos por el programa de recambio de equipos actual.
Difusión	10.000.000/año	Durante los años en que se realiza el recambio.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee una Cocina a Leña y utiliza leña seca. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para la cocina a gas licuado en combinación con un calefactor Doble Combustión 2.5 g/h:

Tabla 8-45: Análisis Unitario – M8

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/vivienda-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.40	216,492	15,609	290	$ 916,718	-	-
Viviendas con Estufa Doble Combustión 2,5 g/h	0.70	123,710	8,919	16	$ 523,839	$237,668	$ 20,721
Vivienda con cocina a GLP	0.78	0	0	0	0	$ 73,129	$ 6,376

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Total		123,710	**-**	**16**	**$ 523,839**	**$310,796**	$ 27,097
Delta		(92,782)	-	274	$ 392,879		
Reducción %		42.9%	-	94.4%	42.9%		

Se puede apreciar que existe un ahorro en consumo de leña de un 42.9%, tanto en la cantidad como en el costo, disminuyendo las emisiones en un 94.4%. Sin embargo, se debe considerar la compra de la cocina a GLP en el costo de inversión.

8.2.9 M9: Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC

La medida consiste en la prohibición de cocinas a leña en toda la zona urbana que integran las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Se considera que un 20% de las cocinas entrantes en reemplazo por las cocinas antiguas serán cocinas a leña que emiten material particulado a un nivel asimilable a la norma de emisión de calefactores, representadas por una tecnologíaA++[31]. El resto corresponden a cocinas a gas licuado.

Se supone que un 51.1% de las viviendas que poseen cocinas a leña, poseen exclusivamente este artefacto para calefaccionarse (según Registro de Calefactores) por lo que instalarán un calefactor que cumple normativa.

A continuación se comparan las características de los equipos afectados por esta medida:

Tabla 8-46: Prohibición de cocinas – comparación equipos

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Cocina a Lena	0.4	2,901.9
Cocina a Lena A++	0.7	360.5
Cocina a Gas Licuado	0.8	1.2
Doble Cámara 2,5 g/h	0.7	185.4

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias.

Costos de Inversión

El 37.4% de las viviendas asume un costo de compra de cocina a gas (no la tienen en la línea base). El privado incurre en la compra de una cocina a gas licuado en caso de no

[31] Esta tecnología es hipotética, y no dice relación directa con la norma de emisión de calefactores.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

tenerla (un 37,4% no la tiene) y un 51.1% en la compra de una estufa que cumple normativa.

Tabla 8-47: Prohibición cocinas – Precios equipos

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)
Cocina a Lena A++	21.4	489,857
Cocina a Gas Licuado	3.2	73,479
Doble Cámara 2,5 g/h	10.4	237,668

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos:

Tabla 8-48: Prohibición cocinas – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Fuente
GLP	4.13×10^{-2}	944.3	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco

Tabla 8-49: Prohibición Cocinas – Poder calorífico

Combustible	PCI (MJ/kg)
Gas Licuado	50.7
Lena	13.9

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-50:Costos administración – M9

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio “Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas” (2006).
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	5.000.000/año. Primeros dos años. 2.000.000/año, resto de los años	Considera sólo el costo por honorarios de fiscalizadores. Para todo el periodo según el detalle.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Difusión	10.000.000/año	Durante el año anterior y primer año de implementación.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24.055 kW-h/vivienda-año (86.597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee una Cocina a Leña y utiliza leña seca. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para la cocina a gas licuado en combinación con un calefactor Doble Combustión 2,5 g/h:

Tabla 8-51: Análisis Unitario – M9

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/vivienda-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.40	216,492	15,609	290	$ 916,718	-	-
Viviendas con Estufa Doble Combustión 2,5 g/h	0.70	123,710	8,919	16	$ 523,839	$237,668	$ 20,721
Vivienda con cocina a GLP	0.78	0	0	0	0	$ 73,129	$ 6,376
Total		**123,710**	**-**	**16**	**$ 523,839**	**$310,796**	$ 27,097
Delta		92,782	-	274			
Reducción %		42.9%	-	94.4%	42.9%		

Se puede apreciar que existe un ahorro en consumo de leña de un 42.9%, tanto en la cantidad como en el costo, disminuyendo las emisiones en un 94.4%. Sin embargo, se debe considerar la compra de la cocina a GLP en el costo de inversión.

8.2.10M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas

Esta medida considera que las viviendas unitarias nuevas que de acuerdo a la proyección utilizarían leña, utilizarán otras formas de calefacción y cocina. La forma en que entran al parque las tecnologías de reemplazo es como sigue:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-52: Prohibición artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas - tecnologías de reemplazo

Tecnología proyección actual	Tecnología	Penetración
Estufa doble cámara 2,5 g/h	Estufa a Kerosene	25%
	Estufa a gas licuado	25%
	Estufa eléctrica	25%
	Estufa a Pellets	25%
Cocina a leña	Cocina a gas licuado	100%

Fuente: Supuesto del consultor

A continuación se comparan las características de los equipos afectados por esta medida:

Tabla 8-53: Recambio de cocinas – comparación equipos

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Doble Cámara 2.5 g/h	0.7	185.4
Estufa a Kerosene	0.8	8.0
Estufa a Gas Licuado	0.8	1.2
Estufa Eléctrica	1.0	-
Pellets	0.8	33.3

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias.

Costos de Inversión

El costo de inversión de esta medida corresponde a la diferencia de los costos de adquisición de los nuevos artefactos con respecto al equipo que cumple norma (base v/s proyecto), el cual es incurrido por el usuario:

Tabla 8-54: Prohibición leña viviendas nuevas – Precios equipos

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)	Diferencia Inversión (CLP/equipo)
Doble Cámara 2,5 g/h	10.4	237,668	-
Estufa a Kerosene	3.3	75,642	-162,025
Estufa a Gas Licuado	3.2	73,479	-164,189
Estufa Eléctrica	30.0	684,895	447,227
Pellets	44.1	1,008,488	770,821

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos:

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-55: Prohibición leña viviendas nuevas – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Precio [CLP/MJ]	Fuente
GLP	4.13×10^{-2}	944.3	18.6	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	2.9	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Kerosene	2.83×10^{-2}	646.0	13.9	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Pellets	7.13×10^{-3}	162.9	8.7	Página web BOSCA
Electricidad [UF/kW-h]	4.08×10^{-3}	93.2	25.9	Elaboración propia en base a CGE Distribución Tarifa BT1 Comunas Temuco y Padre las Casas

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-56: Costos administración – M10

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	2.000.000/año	2 fiscalizadores. Todo el periodo. Se asume fiscalización baja ya que se debiera realizar la fiscalización al momento del permiso de edificación y que la vivienda quede con un "sello".
Difusión	5.000.000/año	Año anterior y primer año desde el inicio de la medida. Publicidad es menos masiva, enfocada a las empresas constructoras.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24,055 kW-h/vivienda-año (86,597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de Doble Combustión 2.5 g/h, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para un calefactor a Pellets:

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-57: Análisis Unitario – M10

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.70	123,710	8,919	133	$ 523,839	-	-
Vivienda con Estufa a Pellets	0.80	108,246	5,789	3	$ 943,185	$770,135	$ 67,144
Delta		15,464	3,131	130	$ (419,346)		
Reducción %		**12.5%**	**35.1%**	**97.8%**	**-80.1%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 12.5% en el consumo de energético y de un 97.8% en las emisiones. Sin embargo, el costo de calefacción aumenta debido a que el precio de compra del pellet es considerablemente mayor que el de la leña.

8.2.11M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño

La medida consiste en la prohibición del uso de calefactores en viviendas de cierto tamaño hacia arriba. Como opción de recambio se tienen estufas a kerosene, GLP, eléctricas y pellets; todas las tecnologías de reemplazo entran en la misma proporción. Las estufas que son reemplazadas serían estufas que cumplen con la nueva normativa. A continuación una comparación de las tecnologías que son afectadas por la medida:

Tabla 8-58: Recambio de cocinas – comparación equipos

Tecnología	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Doble Cámara 2,5 g/h	0.7	185.4
Estufa a Kerosene	0.8	8.0
Estufa a Gas Licuado	0.8	1.2
Estufa Eléctrica	1.0	-
Pellets	0.8	33.3

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

De esta manera, la reducción de emisiones se explica por la diferencia en los factores de emisión y la diferencia en las eficiencias.

Costos de Inversión

El privado incurre en la compra del equipo de reemplazo:

Tabla 8-59: Prohibición leña viviendas nuevas según tamaño – Precios equipos

Tecnología	Costo Equipo (UF/equipo)	Costo Equipo (CLP/equipo)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Doble Cámara 2,5 g/h	10.4	237,668
Estufa a Kerosene	3.3	75,642
Estufa a Gas Licuado	3.2	73,479
Estufa Eléctrica	30.0	684,895
Pellets	44.1	1,008,488

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos:

Tabla 8-60: Prohibición leña viviendas nuevas según tamaño – Poder calorífico

Combustible	PCI (MJ/kg)
Gas Licuado	50.7
Leña	13.9
Kerosene	46.5
Pellets	18.7

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Tabla 8-61: Prohibición leña viviendas nuevas según tamaño – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Precio [CLP/MJ]	Fuente
GLP	4.13×10^{-2}	944.3	18.6	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	2.9	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Kerosene	2.83×10^{-2}	646.0	13.9	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
Pellets	7.13×10^{-3}	162.9	8.7	Página web BOSCA
Electricidad [UF/kW-h]	4.08×10^{-3}	93.2	25.9	Elaboración propia en base a CGE Distribución Tarifa BT1 Comunas Temuco y Padre las Casas

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-62: Costos administración – M11

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	11.000.000	En base a licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008)
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	2.000.000/año	2 fiscalizadores. Todo el periodo. Se asume fiscalización baja ya que se debiera realizar la fiscalización al momento del permiso de edificación

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

		y que la vivienda quede con un "sello".
Difusión	5.000.000/año	Año anterior y primer año desde el inicio de la medida. Publicidad es menos masiva, enfocada a las empresas constructoras.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24.055 kW-h/vivienda-año (86.597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de Doble Combustión 2,5 g/h, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para un calefactor a Pellets:

Tabla 8-63: Análisis Unitario – M10

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)	Costo Inversión Anualizado (CLP)
Vivienda Línea Base	0.70	123,710	8,919	133	$ 523,839	-	-
Vivienda con Estufa a Pellets	0.80	108,246	5,789	3	$ 943,185	$770,135	$ 67,144
Delta		15,464	3,131	130	$ (419,346)		
Reducción %		**12.5%**	**35.1%**	**97.8%**	**-80.1%**		

Se observa que la medida logra una disminución de un 12.5% en el consumo de energético y de un 97.8% en las emisiones. Sin embargo, el costo de calefacción aumenta debido a que el precio de compra del pellet es considerablemente mayor que el de la leña.

8.2.12 Supuestos generales en la evaluación de las medidas de Aislación Térmica

Para la evaluación de las medidas que tienen que ver con aislación térmica de viviendas nuevas y existentes se utiliza como información base lo desarrollado en el estudio "Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas" (Ambiente Consultores & PRIEN 2007), estudio que fue elaborado para el MINVU. En este se establecen los principales supuestos que son utilizados para la evaluación de estas medidas. A continuación se listan todos estos supuestos y la manera en como estos son utilizados en el presente estudio. A pesar de que muchos de

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

estos supuestos ya fueron mencionados en secciones anteriores, se vuelve a repetir la información para que quede claridad de los supuestos utilizados.

Se utiliza lacaracterización de tipologías de viviendas que es utilizada en Ambiente Consultores and PRIEN (2007) en donde se describen las características de cada una de las viviendas con respecto a metraje total, número de pisos, superficie de las envolventes, volumen, materialidad, etc. Las siguientes tablas indican estas características.

Tabla 8-64 Metraje total y descripción básica de las tipologías consideradas

Tipología	Descripción	N° de Pisos	Superficie Edificada [m2]
1	Casa pareada	1	32.47
2	Casa pareada	2	40
3	Casa aislada, piso pilotes	1	39.76
4	Departamento pareado en edificio. 4 pisos	1	42.84
5	Casa aislada	1	72.02
6	Casa pareada	2	81.1
7	Casa pareada	2	39.9
8	Casa aislada	1	74.27
9	Departamento en edificio colectivo. 10 pisos	1	67.7
10	Departamento en edificio colectivo. 6 pisos	1	68.3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-65 Superficie de las Envolventes según tipologías consideradas

Envolvente/Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cielo	32.47	20.57	39.76	14.28	72.02	42.66	20.7	70.51	6.25	10.64
Muro Piso 1	32.43	23.26	47.62	36.39	66.29	36.91	24.51	50.3	35.12	30.97
Muro Piso 2		25.63				41.2	24.9	20.88		
Piso	16.84	12.84	39.76	8.73	34.9	21.99	12.9	26.8	3.16	5.33
Ventana	4.36	4.6	10.38	6.43	10.59	15.51	5.75	12.68	14.35	15.24
Puerta	1.6	3	1.8	2.35	3.4	3.14	1.6	5	1.8	3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-66 Volumen de las viviendas según tipología

Tipología	Volumen (m^3)
1	74
2	88
3	91.5
4	95.1
5	165.6
6	186.5
7	87.8
8	165.6
9	157
10	157.1

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Se considera que la distribución de viviendas según tipologías en la zona de Temuco y

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Padre las Casas es igual a la distribución nacional presentada en Ambiente Consultores and PRIEN (2007) para el parque existente. Se considera también que esta distribución se mantiene constante para el parque nuevo de viviendas. Esta distribución se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 8-67 Distribución de viviendas en la zona de Temuco y Padre las Casas según tipologías consideradas

Tipología	Porcentaje
1	21%
2	18%
3	13%
4	12%
5	11%
6	9%
7	5%
8	5%
9	3%
10	3%

Fuente:(Ambiente Consultores & PRIEN 2007). Estas tipologías probablemente no representan a todo el parque de viviendas presente en la zona evaluada ni en Chile, sin embargo, es la mejor información disponible. Para realizar la evaluación correcta de este tipo de medidas se debiera disponer de información específica para la zona evaluada que considere una mejor representatividad de tipologías de vivienda y de su distribución.

El estudio desarrollado por Ambiente Consultores and PRIEN (2007) permite identificar la transmitancia térmica (W/m2K) de cada una de las envolventes para las viviendas construidas antes del año 2000 (sin normativa específica de aislación). Además, en base a las modificaciones a la normativa que se establecieron a partir del año 2000 (normativa de aislación en techumbre) y a partir del año 2007 (normativa en muros, pisos y ventanas) es que la transmitancia térmica de las envolventes para cada una de las tipologías y envolventes según año de construcción de la vivienda son como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8-68 Transmitancia térmica (W/m^2-K) según Tipología y Año de construcción de la Vivienda para la Zona de Temuco y Padre las Casas

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pre 2000	Cielo	3.59	0.72	3.38	0.84	3.52	1.05	0.55	0.71	3.81	0.6
	Muro Piso 1	2.13	2.28	1.74	2.28	1.98	2.19	1.74	1.98	3.22	3.04
	Muro Piso 2		2.28				2.19	1.74	0.64		
	Piso	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	Ventana	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	2.7	3	3	3	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	Muro Piso 1	2.13	2.28	1.74	2.28	1.98	2.19	1.74	1.98	3.22	3.04
	Muro Piso 2		2.28				2.19	1.74	0.64		
	Piso	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	Ventana	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Puerta	3	3	2.7	3	3	3	3	3	3	3
Post 2007	Cielo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	Muro Piso 1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	Muro Piso 2		1.6				1.6	1.6	0.64		
	Piso	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ventana	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	2.7	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

La demanda de calor para el escenario de línea base para el parque existente y nuevo se calcula en base a los supuestos anteriormente descritos y por medio de la siguiente ecuación.

$$G = \frac{\sum A_P U_P + \sum A_T U_T' + \sum A_V U_V + \sum A_S U_S + \sum A_M U_M}{V} + 0.35N\left[\frac{W}{m3K}\right]$$

$$Q = \frac{1}{1000} GV(°hr)$$

Dónde:

A_M : Superficie paredes piso 1 y 2

A_T : Superficie techo construcción

A_V : Superficie ventanas

A_S : Superficie suelo

A_P : Superficie puerta

U Coeficientes globales de transferencia de calor (pisos, techo, ventanas, suelo, puerta)

N : Numero de renovaciones de aire por hora

V : Volumen de la construcción

°hr : grados hora

Para establecer los costos de las medidas de aislación térmica, tanto de viviendas nuevas como existentes se construyeron curvas de costo según transmitancia térmica (delta U) que se quiere conseguir en el escenario con medida. Estas curvas de costo se construyeron en base a los materiales aislantes utilizados y la reducción de transmitancia térmica asociada a estos materiales para los distintos escenarios evaluados en (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007). Estos costos de inversión incluyen costo de material, mano de obra y flete.

$$Inversión\left[\frac{UF}{m^2}\right] = A \cdot e^{B \cdot \Delta U}$$

Tabla 8-69 Curva Costos – A [UF/m2]

Tipología/ Envolvente	Cielo	Muro	Piso

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

1	1.6E-04	6.9E-02	1.7E-02
2	1.1E-02	7.6E-02	1.7E-02
3	7.0E-07	1.5E-01	1.7E-02
4	4.9E-03	5.1E-02	1.7E-02
5	4.7E-05	1.5E-01	1.7E-02
6	1.8E-03	1.4E-01	1.7E-02
7	1.4E-02	1.4E-01	1.7E-02
8	5.8E-03	7.1E-02	1.7E-02
9	5.0E-06	7.8E-02	1.7E-02
10	2.3E-06	6.5E-02	1.7E-02

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-70 Curva Costos – B [W/m2-K]$^{-1}$

Tipología/ Envolvente	Cielo	Muro	Piso
1	1.9	0.7	5.9
2	14.1	0.7	5.9
3	3.9	1.7	5.9
4	2.3	0.7	5.9
5	2.0	0.2	5.9
6	2.6	0.3	5.9
7	11.5	1.1	5.9
8	2.3	0.9	5.9
9	2.0	0.2	5.9
10	2.4	0.2	5.9

Fuente:Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-71: Costo unitario de sellado de infiltraciones

Tipología	UF/m^2
1	0.0297
2	0.0241
3	0.0242
4	0.0225
5	0.0134
6	0.0119
7	0.0241
8	0.0129
9	0.0142
10	0.0141

Fuente:Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Para evaluar el reacondicionamiento térmico de las viviendas existentes, medidas que se desagregan en viviendas de un valor menor a 650UF y mayor a 650UF, se realizó el supuesto, debido a la no existencia de otra información válida, de que una vivienda social corresponde a aquellas de un valor menor a 650UF. Estas viviendas poseen un metraje de alrededor de 45m2 por lo que se considera que las viviendas de las tipologías 1, 2, 3, 4 y 7 corresponden a viviendas de menos de 650UF.

A continuación se detalla, para cada una de las medidas asociadas a aislación térmica

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

como se utilizan específicamente los supuestos recién descritos.

8.2.12.1 M12: Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF

La medida consiste en mejorar la aislación térmica de las viviendas existentes alcanzando diferentes niveles de aislación. Los cuales son descritos en las siguientes secciones según sea el caso.

Como se mencionó anteriormente, se considera que las viviendas de valor menos a 650UF corresponden a las tipologías de menos de 45m2; 1, 2, 3, 4, 7, las cuales poseen una participación dentro del parque existente igual a 21%, 18%, 13%, 12% y 5% respectivamente.

Para la implementación de la aislación térmica se considera a las viviendas construidas antes del 2000 (sin exigencia en ninguna de las envolventes) y a viviendas construidas entre los años 2000 y 2007 (normativa techumbre) mejorando primero las construidas antes del año 2000 y en caso de que todas estas sean ya reacondicionadas térmicamente se procede a reacondicionar aquellas post 2000 (para ninguno de los escenarios evaluados en el presente estudio ocurre esto, excepto al evaluar el potencial máximo de penetración de la medida).

La reducción de emisiones depende de la tipología de la vivienda como también del equipo calefactor (su modo de utilización y las características del combustible) que esta utilice.

Los costos de la medida corresponden al costo de inversión (que incluye materiales, mano de obra y flete) el cual está asociado al nivel de aislación que se quiera para cada una de las envolventes según sea el caso (ver siguientes secciones). Se considera que este costo de inversión lo asume en un 100% el Estado a través de un subsidio que es otorgado a estas viviendas.

Los costos de operación y mantención corresponden a los ahorros que se generan por menor consumo de calefacción producto de la disminución de la demanda de energía generada por la mejor aislación de la vivienda. Estos ahorros los percibe la población y depende del nivel de mejora en la aislación que se considera en cada caso (ver siguientes secciones).

Se consideran los siguientes gastos administrativos para cualquiera de las opciones dentro de esta medida (a cargo del Estado):

Tabla 8-72Costos administración – M12

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Diseño de la medida	0	Ya está implementado.
Implementación	0	El personal que implementa esta medida ya es parte del MINVU.
Difusión	10.000.000/año	Durante los años de entrega del subsidio

A continuación se describen los supuestos considerados para cada nivel de reacondicionamiento térmico en viviendas existentes de menos de 650UF evaluados:

- ✓ Aislación Térmica hasta llegar a la normativa de viviendas nuevas (Zona Térmica 5)
- ✓ Aislación Térmica hasta llegar a la normativa de viviendas nuevas (Zona Térmica 5) con una aislación mayor en la envolvente muro
- ✓ Aislación Térmica hasta llegar más allá de la normativa de viviendas nuevas (Zona Térmica 6)
- ✓ Aislación Térmica para lograr calificación energética C

8.2.12.1.1 M12A: Llegar a la norma (zona térmica 5)

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento.

Tabla 8-73 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K)y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	1		2		3		4		7	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.59	**0.33**	0.72	**0.33**	3.38	**0.33**	0.84	**0.33**	0.55	**0.33**
	Muro Piso 1	2.13	**1.6**	2.28	**1.6**	1.74	**1.6**	2.28	**1.6**	1.74	**1.6**
	Muro Piso 2			2.28	**1.6**					1.74	**1.6**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	Muro Piso 1	2.13	**1.6**	2.28	**1.6**	1.74	**1.6**	2.28	**1.6**	1.74	**1.6**
	Muro Piso 2			2.28	**1.6**					1.74	**1.6**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-74Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	6,135	5,090	8,428	4,596	4,507
PDA	3,223	3,977	4,978	3,756	4,021

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Reducción	47.5%	21.9%	40.9%	18.3%	10.8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-75Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	4,000	4,982	5,989	4,485	4,472
PDA	3,223	3,977	4,978	3,756	4,021
Reducción	19.4%	20.2%	16.9%	16.3%	10.1%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 5 (según el delta U,Tabla 8-73). Estos costos los asume el Estado.

Según los Delta U presentado en laTabla 8-73 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-76Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo (UF)	2.5	102.0	3.6	0.7	2.3
Muro Piso 1 (UF)	3.3	4.8	7.7	3.5	11.9
Muro Piso 2 (UF)		4.8			
Piso (UF)	109.7	135.1	134.3	144.7	243.2
Total (UF)	**115.5**	**246.7**	**145.6**	**148.9**	**154.7**
Total CLP	**2,655,811**	**5,674,673**	**3,348,470**	**3,424,135**	**3,557,058**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-77Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo					
Muro Piso 1	3.3	4.8	7.7	3.5	6.4
Muro Piso 2		4.8			6.4
Piso	109.7	135.1	134.3	144.7	134.8
Total (UF)	**113.0**	**144.7**	**142.0**	**148.2**	**147.5**
Total CLP	**2,598,210**	**3,327,978**	**3,266,650**	**3,408,514**	**3,391,763**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 5 para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 1 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 6,135 kwh/vivienda-año (22,087 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento.

Tabla 8-78 Análisis Unitario M12A – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	22,087	2,895	43.1	170,045	
Vivienda Reacondicionada	11,602	1,521	22.7	89,326	2,655,811
Reducción	10,484	1,374	20	80,719	
% Reducción	47%	47%	47%	47%	

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.12.1.2 M12B: Llegar a la norma + mejora en muros

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento hasta conseguir la normativa de aislación térmica para todas las envolventes exceptuando la envolvente Muros la cual se establece en U= 0.53 W/m2K[32] (Normativa en Zona Térmica 5 establece 1.6 W/m2K).

Tabla 8-79 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K)y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5 + Mayor Aislación en Muros)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	1		2		3		4		7	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.59	**0.33**	0.72	**0.33**	3.38	**0.33**	0.84	**0.33**	0.55	**0.33**
	Muro Piso 1	2.13	**0.53**	2.28	**0.53**	1.74	**0.53**	2.28	**0.53**	1.74	**0.53**
	Muro Piso 2			2.28	**0.53**					1.74	**0.53**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	Muro Piso 1	2.13	**0.53**	2.28	**0.53**	1.74	**0.53**	2.28	**0.53**	1.74	**0.53**
	Muro Piso 2			2.28	**0.53**					1.74	**0.53**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-80Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	6,135	5,090	8,428	4,596	4,507
PDA	2,492	2,874	3,904	2,935	2,906
Reducción	59.4%	43.5%	53.7%	36.1%	35.5%

Fuente: Elaboración propia

[32] Esta opción fue propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda por lo que se considera, que además de presentar la opción con mejor costo efectividad, las posibilidades de que finalmente sea esta la opción escogida se aumenta ya que los actores claves para la implementación de esta medida ya se encuentran de acuerdo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-81Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	4,000	4,982	5,989	4,485	4,472
PDA	2,492	2,874	3,904	2,935	2,906
Reducción	37.7%	42.3%	34.8%	34.6%	35.0%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 5 y la mayor exigencia para la envolvente muros (según el delta U, ver Tabla 8-79). Estos costos los asume el Estado.

Según los Delta U presentado en laTabla 8-79 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-82Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo (UF)	2.5	102.0	3.6	0.7	7.2
Muro Piso 1 (UF)	7.4	9.9	47.8	7.3	21.3
Muro Piso 2 (UF)		9.9			21.3
Piso (UF)	109.7	135.1	134.3	144.7	134.8
Total (UF)	**119.5**	**256.8**	**185.6**	**152.7**	**184.5**
Total CLP	**2,748,916**	**5,907,046**	**4,269,097**	**3,512,252**	**4,244,206**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-83Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo					
Muro Piso 1	7.4	9.9	47.8	7.3	21.3
Muro Piso 2		9.9			21.3
Piso	109.7	135.1	134.3	144.7	134.8
Total (UF)	**117.0**	**154.8**	**182.1**	**152.0**	**177.3**
Total CLP	**2,691,315**	**3,560,351**	**4,187,278**	**3,496,630**	**4,078,910**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 5 con una mayor aislación en muros (U= 0.53W/m^2-K) para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 1 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 6,135 kwh/vivienda-año (22,087 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento del equipo calefactor.

Tabla 8-84 Análisis Unitario M12B – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5 con mayor nivel de aislación en muros.

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	22,087	2,895	43.1	170,045	
Vivienda Reacondicionada	8,970	1,176	17.5	69,059	2,748,916
Reducción	13,117	1,719	26	100,987	
% Reducción	59%	59%	59%	59%	

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.1.3 M12C: Llegar más allá de la norma (zona térmica 6)

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento para conseguir un nivel de aislación asociado a la normativa para la Zona Térmica 6.

Tabla 8-85 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 6)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	1		2		3		4		7	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.59	**0.28**	0.72	**0.28**	3.38	**0.28**	0.84	**0.28**	0.55	**0.28**
	Muro Piso 1	2.13	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**
	Muro Piso 2			2.28	**1.1**					1.74	
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**
	Muro Piso 1	2.13	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**
	Muro Piso 2			2.28	**1.1**					1.74	
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-86Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	6,135	5,090	8,428	4,596	4,507
PDA	2,808	3,410	4,342	3,337	3,448
Reducción	54.2%	33.0%	48.5%	27.4%	23.5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-87Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	4,000	4,982	5,989	4,485	4,472
PDA	2,808	3,410	4,342	3,337	3,448
Reducción	29.8%	31.5%	27.5%	25.6%	22.9%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 6 (según el delta U, ver Tabla 8-85). Estos costos los asume el Estado.

Según los Delta U presentado en laTabla 8-85 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-88Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo (UF)	2.8	206.3	4.3	0.8	12.7
Muro Piso 1 (UF)	4.8	6.7	18.1	5.0	11.2
Muro Piso 2 (UF)		6.7			11.2
Piso (UF)	209.4	257.9	256.4	276.2	257.3
Total (UF)	**216.9**	**477.7**	**278.8**	**281.9**	**292.4**
Total CLP	**4,989,192**	**10,986,452**	**6,412,660**	**6,484,849**	**6,724,985**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-89Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo	0.0	0.8	0.0	0.2	1.0
Muro Piso 1	4.8	6.7	18.1	5.0	11.2
Muro Piso 2		6.7			11.2
Piso	209.4	257.9	256.4	276.2	257.3
Total (UF)	**214.2**	**272.2**	**274.5**	**281.4**	**280.7**
Total CLP	**4,925,978**	**6,260,702**	**6,313,448**	**6,472,802**	**6,455,281**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 6 para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 1 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 6,135 kwh/vivienda-año (22,087 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento.

Tabla 8-90 Análisis Unitario M12C – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 6

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	22,087	2,895	43.1	170,045	
Vivienda Reacondicionada	10,109	1,325	19.7	77,825	4,989,192
Reducción	11,978	1,570	23	92,220	
% Reducción	54%	54%	54%	54%	

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.12.1.4 M12D: Lograr clasificación energética clase C

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento para conseguir un nivel de aislación asociado conseguir una Calificación Energética C (se aísla la vivienda para conseguir una demanda de energía del 60% de la demanda de energía de línea base). Se realiza el supuesto, que además coincide con la reducción necesaria, que para conseguir la calificación energética C se debe implementar un nivel de aislación correspondiente a Zona Térmica 6 y conseguir un nivel de hermeticidad igual 1 ACH.

Tabla 8-91 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 6 + Nivel de Hermeticidad igual a 1 ACH)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	1		2		3		4		7	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.59	**0.28**	0.72	**0.28**	3.38	**0.28**	0.84	**0.28**	0.55	**0.28**
	Muro Piso 1	2.13	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**
	Muro Piso 2			2.28	**1.1**					1.74	
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3
	Hermeticidad (ACH)	2	**1**	2	**1**	2	**1**	2	**1**	2	**1**
2000 - 2007	Cielo	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**
	Muro Piso 1	2.13	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**	2.28	**1.1**	1.74	**1.1**
	Muro Piso 2			2.28	**1.1**					1.74	
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.6	5.8	5.8	5.6	5.6
	Puerta	3	3	3	3	2.7	2.7	3	3	3	3
	Hermeticidad (ACH)	2	**1**	2	**1**	2	**1**	2	**1**	2	**1**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-92Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	6,135	5,090	8,428	4,596	4,507
PDA	2,262	2,761	3,667	2,636	2,801
Reducción	63.1%	45.8%	56.5%	42.7%	37.9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-93Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	7
Base	4,000	4,982	5,989	4,485	4,472

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

PDA	2,262	2,761	3,667	2,636	2,801
Reducción	43.5%	44.6%	38.8%	41.2%	37.4%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 6 y establecer el nivel de hermeticidad igual a 1ACH (según el delta U, verTabla 8-91). Estos costos los asume el Estado.

Según los Delta U presentado en laTabla 8-91 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69, Tabla 8-70 y Tabla 8-71, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-94Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo (UF)	2.8	206.3	4.3	0.8	12.7
Muro Piso 1 (UF)	4.8	6.7	18.1	5.0	11.2
Muro Piso 2 (UF)		6.7			11.2
Piso (UF)	209.4	257.9	256.4	276.2	257.3
Hermeticidad 1ACH (UF)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Total (UF)	**217.9**	**478.6**	**279.8**	**282.9**	**293.4**
Total CLP	**5,011,272**	**11,008,532**	**6,434,740**	**6,506,929**	**6,747,065**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-95Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	1	2	3	4	7
Cielo (UF)	0.0	0.8	0.0	0.2	1.0
Muro Piso 1 (UF)	4.8	6.7	18.1	5.0	11.2
Muro Piso 2 (UF)		6.7			11.2
Piso (UF)	209.4	257.9	256.4	276.2	257.3
Hermeticidad 1ACH (UF)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Total (UF)	**215.1**	**273.2**	**275.5**	**282.4**	**281.6**
Total CLP	**4,948,058**	**6,282,782**	**6,335,528**	**6,494,882**	**6,477,361**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 6 junto con establecer un nivel de hermeticidad igual a 1ACH (escenario que representa conseguir una Calificación Energética C para la vivienda) para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 1 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 6,135 kwh/vivienda-año (22,087 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento.

Tabla 8-96 Análisis Unitario M12D – Reacondicionamiento Térmico Calificación Energética C (Zona Térmica 6 + Nivel de Hermeticidad 1ACH)

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	22,087	2,895	43.1	170,045	
Vivienda Reacondicionada	8,143	1,067	15.9	62,691	5,033,210
Reducción	13,944	1,828	27	107,354	
% Reducción	63%	63%	63%	63%	

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.2 M13: Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF

La medida es equivalente a la medida anterior pero esta vez asociada a las viviendas de más de 650UF. Consiste en mejorar la aislación térmica de las viviendas existentes alcanzando diferentes niveles de aislación (los mismos niveles evaluados en la medida anterior). Los cuales son descritos en las siguientes secciones según sea el caso.

Como se mencionó anteriormente, se considera que las viviendas de valor de más de 650UF corresponden a las tipologías de más de 45m^2; 5, 6, 8, 9, 10, las cuales poseen una participación dentro del parque existente igual a 11%, 9%, 5%, 3% y 3% respectivamente.

Para la implementación de la aislación térmica se considera a las viviendas construidas antes del 2000 (sin exigencia en ninguna de las envolventes) y a viviendas construidas entre los años 2000 y 2007 (normativa techumbre) mejorando primero las construidas antes del año 2000 y en caso de que todas estas sean ya reacondicionadas térmicamente

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

se procede a reacondicionar aquellas post 2000 (para ninguno de los escenarios evaluados en el presente estudio ocurre esto, excepto al evaluar el potencial máximo de penetración de la medida).

La reducción de emisiones depende de la tipología de la vivienda como también del equipo calefactor (su modo de utilización y las características del combustible) que esta utilice.

Los costos de la medida corresponden al costo de inversión (que incluye materiales, mano de obra y flete) el cual está asociado al nivel de aislación que se quiera para cada una de las envolventes según sea el caso (ver siguientes secciones). Se considera que este costo de inversión lo asume en este caso en un 30% el Estado y en un 70% los privados (población) a través de un incentivo económico otorgado por el Estado.

Los costos de operación y mantención corresponden a los ahorros que se generan por menor consumo de calefacción producto de la disminución de la demanda de energía generada por la mejor aislación de la vivienda. Estos ahorros los percibe la población y depende del nivel de mejora en la aislación que se considera en cada caso (ver siguientes secciones).

Se consideran los siguientes gastos administrativos para cualquiera de las opciones dentro de esta medida (a cargo del Estado):

Tabla 8-97 Costos administración – M13

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	0	Ya está implementado.
Implementación	0	El personal que implementa esta medida ya es parte del MINVU.
Difusión	10.000.000/año	Durante los años de entrega del subsidio

A continuación se describen los supuestos considerados para cada nivel de reacondicionamiento térmico en viviendas existentes de menos de 650UF evaluados:

- ✓ Aislación Térmica hasta llegar a la normativa de viviendas nuevas (Zona Térmica 5)
- ✓ Aislación Térmica hasta llegar a la normativa de viviendas nuevas (Zona Térmica 5) con una aislación mayor en la envolvente muro
- ✓ Aislación Térmica hasta llegar más allá de la normativa de viviendas nuevas (Zona Térmica 6)
- ✓ Aislación Térmica para lograr calificación energética C

8.2.12.2.1 M13A: Llegar a la norma (zona térmica 5)

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento.

Tabla 8-98 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	5		6		8		9		10	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.52	**0.33**	1.05	**0.33**	0.71	**0.33**	3.81	**0.33**	0.6	**0.33**
	Muro Piso 1	1.98	**1.6**	2.19	**1.6**	1.98	**1.6**	3.22	**1.6**	3.04	**1.6**
	Muro Piso 2			2.19	**1.6**	0.64					**1.6**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	2.7	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	Muro Piso 1	1.98	**1.6**	2.19	**1.6**	1.98	**1.6**	3.22	**1.6**	3.04	**1.6**
	Muro Piso 2			2.19	**1.6**	0.64					**1.6**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	2.7	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-99Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	13,091	10,044	8,535	7,163	6,646
PDA	7,057	8,008	7,060	5,446	5,544
Reducción	46.1%	20.3%	17.3%	24.0%	16.6%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-100Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	8,462	9,522	8,179	6,723	6,617
PDA	7,057	8,008	7,060	5,446	5,544
Reducción	16.6%	15.9%	13.7%	19.0%	16.2%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 5 (según el delta U, ver Tabla 8-98). Estos costos los asume en un 30% el Estado y el restante la Población (privados).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Según los Delta U presentado en laTabla 8-98y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-101Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	5	6	8	9	10
Cielo (UF)	2.3	0.9	1.0	0.4	0.0
Muro Piso 1 (UF)	11.9	13.4	7.4	6.8	5.7
Muro Piso 2 (UF)		13.4			
Piso (UF)	243.2	273.9	250.8	228.6	230.7
Total (UF)	**257.4**	**301.7**	**259.3**	**235.8**	**236.4**
Total CLP	**5,920,624**	**6,938,825**	**5,963,326**	**5,423,312**	**5,436,956**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-102Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	5	6	8	9	10
Cielo					
Muro Piso 1	11.9	13.4	7.4	6.8	5.7
Muro Piso 2		13.4			
Piso	243.2	273.9	250.8	228.6	230.7
Total (UF)	**255.1**	**300.7**	**258.3**	**235.4**	**236.4**
Total CLP	**5,866,881**	**6,917,151**	**5,939,905**	**5,414,378**	**5,436,949**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 5 para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 13,091 kwh/vivienda-año (47,128 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

del equipo de calefacción.

Tabla 8-103 Análisis Unitario M13A – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	47,128	6,178	92.1	362,835	
Vivienda Reacondicionada	25,404	3,330	49.6	195,585	5,920,624
Reducción	21,724	2,848	42	167,250	
% Reducción	46%	46%	46%	46%	

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.12.2.2 M13B: Llegar a la norma + mejora en muros

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento hasta conseguir la normativa de aislación térmica para todas las envolventes exceptuando la envolvente Muros la cual se establece en U= 0.53 W/m2K[33] (Normativa en Zona Térmica 5 establece 1.6 W/m2K).

Tabla 8-104 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5 + Mayor Aislación en Muros)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	5		6		8		9		10	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.52	**0.33**	1.05	**0.33**	0.71	**0.33**	3.81	**0.33**	0.6	**0.33**
	Muro Piso 1	1.98	**0.53**	2.19	**0.53**	1.98	**0.53**	3.22	**0.53**	3.04	**0.53**
	Muro Piso 2			2.19	**0.53**	0.64	**0.53**				**0.53**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8	5.6
	Puerta	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	Muro Piso 1	1.98	**0.53**	2.19	**0.53**	1.98	**0.53**	3.22	**0.53**	3.04	**0.53**
	Muro Piso 2			2.19	**0.53**	0.64	**0.53**				**0.53**
	Piso	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**	1.4	**0.5**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.6	5.8	5.8	5.8	5.6
	Puerta	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

[33] Esta opción fue propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda por lo que se considera, que además de presentar la opción con mejor costo efectividad, las posibilidades de que finalmente sea esta la opción escogida se aumenta ya que los actores claves para la implementación de esta medida ya se encuentran de acuerdo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-105Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	13,091	10,044	8,535	7,163	6,646
PDA	5,562	6,247	5,877	4,654	4,846
Reducción	57.5%	37.8%	31.1%	35.0%	27.1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-106Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	8,462	9,522	8,179	6,723	6,617
PDA	5,562	6,247	5,877	4,654	4,846
Reducción	34.3%	34.4%	28.1%	30.8%	26.8%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 5 y la mayor exigencia para la envolvente muros (según el delta U,verTabla 8-104). Estos costos los asume el Estado.

Según los Delta U presentado en laTabla 8-104y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-107Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

Tipología	5	6	8	9	10
Cielo (UF)	2.3	0.9	1.0	0.4	0.0
Muro Piso 1 (UF)	15.4	17.6	19.8	8.0	6.9
Muro Piso 2 (UF)		17.6	5.8		
Piso (UF)	243.2	273.9	250.8	228.6	230.7
Total (UF)	**261.0**	**310.0**	**277.4**	**237.0**	**237.6**
Total CLP	**6,003,112**	**7,130,027**	**6,380,696**	**5,450,678**	**5,463,967**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-108Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

Tipología	5	6	8	9	10
Cielo					
Muro Piso 1	15.4	17.6	19.8	8.0	6.9
Muro Piso 2		17.6	5.8		
Piso	243.2	273.9	250.8	228.6	230.7
Total (UF)	**258.7**	**309.1**	**276.4**	**236.6**	**237.6**
Total CLP	**5,949,368**	**7,108,353**	**6,357,276**	**5,441,744**	**5,463,960**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 5 con una mayor aislación en muros (U= 0.53W/m^2-K) para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, corresponde a 13,091 kwh/vivienda-año (47,128 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento del equipo calefactor.

Tabla 8-109 Análisis Unitario M13B – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 5 con mayor nivel de aislación en muros.

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	47,128	6,178	92.1	362,835	
Vivienda Reacondicionada	20,023	2,625	39.1	154,155	6,003,112
Reducción	27,105	3,553	53	208,680	
% Reducción	58%	58%	58%	58%	

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.2.3 M13C: Llegar más allá de la norma (zona térmica 6)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento para conseguir un nivel de aislación asociado a la normativa para la Zona Térmica 6.

Tabla 8-110 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	5		6		8		9		10	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.52	**0.28**	1.05	**0.28**	0.71	**0.28**	3.81	**0.28**	0.6	**0.28**
	Muro Piso 1	1.98	**1.1**	2.19	**1.1**	1.98	**1.1**	3.22	**1.1**	3.04	**1.1**
	Muro Piso 2			2.19	**1.1**	0.64					
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	2.7	3	3	3	3
2000 - 2007	Cielo	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**
	Muro Piso 1	1.98	**1.1**	2.19	**1.1**	1.98	**1.1**	3.22	**1.1**	3.04	**1.1**
	Muro Piso 2			2.19	**1.1**	0.64					
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	2.7	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-111Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	13,091	10,044	8,535	7,163	6,646
PDA	6,201	7,089	6,393	5,062	5,194
Reducción	52.6%	29.4%	25.1%	29.3%	21.8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-112Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	8,462	9,522	8,179	6,723	6,617
PDA	6,201	7,089	6,393	5,062	5,194
Reducción	26.7%	25.6%	21.8%	24.7%	21.5%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 6 (según el delta U,verTabla 8-110). Estos costos los asume en un 30% el

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Estado mientras que el restante lo aportan los privados (población).

Según los Delta U presentado en laTabla 8-110 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-113Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	5	6	8	9	10
Cielo (UF)	2.6	1.1	1.1	0.4	0.0
Muro Piso 1 (UF)	13.4	15.2	11.7	7.3	6.2
Muro Piso 2 (UF)		15.2			
Piso (UF)	464.4	522.9	478.9	436.5	440.4
Total (UF)	**480.4**	**554.5**	**491.8**	**444.3**	**446.6**
Total CLP	**11,048,687**	**12,752,520**	**11,310,572**	**10,217,823**	**10,272,650**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-114Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	5	6	8	9	10
Cielo	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0
Muro Piso 1	13.4	15.2	11.7	7.3	6.2
Muro Piso 2		15.2			
Piso	464.4	522.9	478.9	436.5	440.4
Total (UF)	**477.8**	**553.5**	**491.1**	**443.8**	**446.6**
Total CLP	**10,989,232**	**12,731,538**	**11,295,455**	**10,207,946**	**10,272,646**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 6 para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 13,091 kwh/vivienda-año (47,128 MJ/vivienda-año).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento del equipo de calefacción.

Tabla 8-115 Análisis Unitario M13C – Reacondicionamiento Térmico Zona Térmica 6

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	47,128	6,178	92.1	362,835	
Vivienda Reacondicionada	22,325	2,927	43.6	171,879	11,048,687
Reducción	24,803	3,251	48	190,955	
% Reducción	53%	53%	53%	53%	

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.2.4 M13D: Lograr clasificación energética clase C

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes luego de aplicarse el reacondicionamiento para conseguir un nivel de aislación asociado conseguir una Calificación Energética C (se aísla la vivienda para conseguir una demanda de energía del 60% de la demanda de energía de línea base). Se realiza el supuesto, que además coincide con la reducción necesaria, que para conseguir la calificación energética C se debe implementar un nivel de aislación correspondiente a Zona Térmica 6 y conseguir un nivel de hermeticidad igual 1 ACH.

Tabla 8-116 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 6 + Nivel de Hermeticidad igual a 1 ACH)

Status Vivienda	Envolvente/ Tipología	5		6		8		9		10	
		Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA	Base	PDA
Pre 2000	Cielo	3.52	**0.28**	1.05	**0.28**	0.71	**0.28**	3.81	**0.28**	0.6	**0.28**
	Muro Piso 1	1.98	**1.1**	2.19	**1.1**	1.98	**1.1**	3.22	**1.1**	3.04	**1.1**
	Muro Piso 2			2.19	**1.1**	0.64					
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**
	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	2.7	3	3	3	3
	Hermeticidad (ACH)	2	**1**	2	**1**	2	**1**	2	**1**	2	**1**
2000 - 2007	Cielo	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**	0.33	**0.28**
	Muro Piso 1	1.98	**1.1**	2.19	**1.1**	1.98	**1.1**	3.22	**1.1**	3.04	**1.1**
	Muro Piso 2			2.19	**1.1**	0.64					
	Piso	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**	1.4	**0.39**

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Ventana	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	Puerta	3	3	3	3	3	2.7	3	3	3	3
	Hermeticidad (ACH)	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-117Demanda Calor Viviendas construidas antes del 2000 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	13,091	10,044	8,535	7,163	6,646
PDA	4,980	5,713	5,172	3,903	4,036
Reducción	62.0%	43.1%	39.4%	45.5%	39.3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-118Demanda Calor Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (kWh/vivienda-año)

Tipología	5	6	8	9	10
Base	8,462	9,522	8,179	6,723	6,617
PDA	4,980	5,713	5,172	3,903	4,036
Reducción	41.2%	40.0%	36.8%	41.9%	39.0%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la normativa correspondiente a la zona térmica 6 y establecer el nivel de hermeticidad igual a 1ACH (según el delta U, ver Tabla 8-116). Estos costos los asume en un 30% el Estado mientras que el restante 70% lo asume la Población (privados).

Según los Delta U presentado en laTabla 8-116 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69, Tabla 8-70 y Tabla 8-71, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-119Inversión Viviendas construidas antes del 2000(UF/vivienda)

	5	6	8	9	10
Cielo (UF)	2.6	1.1	1.1	0.4	0.0
Muro Piso 1 (UF)	13.4	15.2	11.7	7.3	6.2
Muro Piso 2 (UF)		15.2			
Piso (UF)	464.4	522.9	478.9	436.5	440.4
Hermeticidad 1ACH (UF)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Total (UF)	**481.3**	**555.4**	**492.7**	**445.2**	**447.6**
Total CLP	**11,070,767**	**12,774,600**	**11,332,652**	**10,239,903**	**10,294,730**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-120Inversión Viviendas construidas entre el 2000 y 2007 (UF/vivienda)

	5	6	8	9	10
Cielo (UF)	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0
Muro Piso 1 (UF)	13.4	15.2	11.7	7.3	6.2
Muro Piso 2 (UF)		15.2			
Piso (UF)	464.4	522.9	478.9	436.5	440.4
Hermeticidad 1ACH (UF)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Total (UF)	**478.8**	**554.5**	**492.1**	**444.8**	**447.6**
Total CLP	**11,011,312**	**12,753,618**	**11,317,535**	**10,230,026**	**10,294,726**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando un reacondicionamiento térmico alcanzando la normativa de Zona Térmica 6 junto con establecer un nivel de hermeticidad igual a 1ACH (escenario que representa conseguir una Calificación Energética C para la vivienda) para una vivienda construida antes del año 2000. Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 13,091 kwh/vivienda-año (47,128 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo de combustión simple (eficiencia térmica del 55%), utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-121 Análisis Unitario M13D – Reacondicionamiento Térmico Calificación Energética C (Zona Térmica 6 + Nivel de Hermeticidad 1ACH)

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	47,128	6,178	92.1	362,835	
Vivienda Reacondicionada	17,927	2,350	35.0	138,016	11,092,706
Reducción	29,201	3,828	57	224,818	
% Reducción	62%	62%	62%	62%	

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.3 M14: Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas

La medida consiste en establecer un nivel de exigencia mayor en la aislación térmica de las viviendas nuevas alcanzando diferentes niveles de exigencia en aislación. Se evalúan 4 niveles de exigencia, los que se listan a continuación.

- ✓ Mantener la exigencia actual de la Zona (Zona Térmica 5) aumentando únicamente la exigencia a la envolvente Muro estableciendo una transmitancia térmica de U= 0.53 W/m2K (Normativa en Zona Térmica 5 establece 1.6 W/m2K).
- ✓ Aumentar las exigencias de aislación térmica a un equivalente de Zona Térmica 6 o 7
- ✓ Exigir calificación energética clase C para toda vivienda nueva

Esta medida afecta a todo el nuevo parque construido en la zona.

La reducción de emisiones depende de la tipología de la vivienda como también del equipo calefactor (su modo de utilización y las características del combustible) que esta utilice.

Los costos de la medida corresponden al costo incremental de inversión que se asocia a una mayor aislación de las viviendas para cumplir con las mayores exigencias de aislación que se establece para cada una de las envolventes según sea el caso (ver siguientes secciones). Este costo incluye materiales, mano de obra y flete). Se considera que este costo de inversión lo asume en un 100% la Población (privados) a través de un aumento en el costo de compra de la vivienda.

Los costos de operación y mantención corresponden a los ahorros que se generan por menor consumo de calefacción producto de la disminución de la demanda de energía generada por la mejor aislación de la vivienda. Estos ahorros los percibe la población y depende del nivel de mejora en la aislación que se considera en cada caso (ver siguientes secciones).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Se consideran los siguientes gastos administrativos para cualquiera de las opciones dentro de esta medida (a cargo del Estado):

Tabla 8-122Costos administración – M14

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	0	Ya existe personal que esté presente en fiscalizar los permisos de edificación y que se cumpla normativa actual.
Difusión	5.000.000/año	Año anterior y primer año desde el inicio de la medida. Publicidad es menos masiva, enfocada a las empresas constructoras.

En general esta medida es equivalente a las medidas M12 y M13 en cuanto a supuestos aplicando en este caso a viviendas que en línea base se construyen cumpliendo la normativa vigente. Los detalles de cada versión se muestran a continuación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.12.3.1 M14A: Llegar a la norma + mejora en muros

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes entre el escenario base (tipologías cumplen con normativa de aislación correspondiente a Zona Térmica 5) y la mayor exigencia en la envolvente muros (la cual se establece en U= 0.53 W/m2K[34] (Normativa en Zona Térmica 5 establece 1.6 W/m2K).

Tabla 8-123 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) y según nivel de aislación especifico de la medida (Zona 5 + Mayor Aislación en Muros)

Envolvente	Todas las Tipologías	
	Línea Base	PDA
Cielo	0.33	0.33
Muro	1.6	**0.53**
Piso	0.5	0.5
Ventana	5.8	5.8
Puerta	3	3

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007) y mesa de trabajo de vivienda

Tabla 8-124Reducción de la demanda de calor producto de una mayor exigencia en aislación de Muros para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base	3,223	3,977	4,978	3,756	7,057	8,008	4,021	7,060	5,446	5,544
PDA	2,492	2,874	3,904	2,935	5,562	6,247	2,906	5,877	4,654	4,846
Reducción	22.7%	27.7%	21.6%	21.8%	21.2%	22.0%	27.7%	16.8%	14.5%	12.6%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la mayor exigencia para la envolvente muros (según el delta U,verTabla 8-123). Estos costos los asume la Población (privados).

[34] Esta opción fue propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda por lo que se considera, que además de presentar la opción con mejor costo efectividad, las posibilidades de que finalmente sea esta la opción escogida se aumenta ya que los actores claves para la implementación de esta medida ya se encuentran de acuerdo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Según los Delta U presentado en laTabla 8-123y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-125Inversión producto de una mayor exigencia en aislación de Muros para viviendas nuevas(UF/vivienda)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muro Piso 1 (UF)	4.9	6.2	37.7	4.6	14.1	15.2	18.2	14.0	6.2	5.4
Muro Piso 2 (UF)		6.2				15.2	18.2	5.8		
Total (UF)	**4.9**	**12.5**	**37.7**	**4.6**	**14.1**	**30.3**	**36.4**	**19.8**	**6.2**	**5.4**
Total CLP	**113,818**	**287,043**	**866,084**	**105,731**	**323,221**	**696,947**	**836,272**	**454,591**	**143,184**	**123,355**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presenta un análisis unitario de la medida considerando una mayor exigenciaen la aislación en muros (U= 0.53W/m^2-K) para una vivienda considerando como línea base que la vivienda se construye de acuerdo a la actual exigencia de Zona Térmica 5. Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de línea base de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, corresponde a 7,057kwh/vivienda-año (25,404 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo que cumple la normativa de calefactores "Doble Combustión 2.5 g/h) con una eficiencia térmica del 70%, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento del equipo calefactor.

Tabla 8-126 Análisis Unitario M14A – Mayor exigencia de aislación en muros.

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	25,404	3,330	49.6	195,585	
Vivienda Reacondicionada	20,023	2,625	39.1	154,155	323,221
Reducción	5,381	705	11	41,430	
% Reducción	21%	21%	21%	21%	

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.3.2 M14B: Aplicar zona térmica 6 o 7 de la OGUC

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes entre el escenario base (tipologías cumplen con normativa de aislación correspondiente a Zona Térmica 5) y el escenario aplicando mayores exigencias a las envolventes según la normativa objetivo.

Tabla 8-127 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) según nivel de aislación especifico de la medida; Zona 5, 6, 7

Envolvente	Zona 5 (LB)	Zona 6	Zona 7
Cielo	0.33	0.28	0.25
Muro	1.6	1.1	0.6
Piso	0.5	0.39	0.32

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-128 Reducción de la demanda de calor producto de una aumentar la exigencia en aislación térmica según Zona Térmica 6 para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base	3,223	3,977	4,978	3,756	7,057	8,008	4,021	7,060	5,446	5,544
PDA	2,808	3,410	4,342	3,337	6,201	7,089	3,448	6,393	5,062	5,194
Reducción	12.9%	14.2%	12.8%	11.1%	12.1%	11.5%	14.2%	9.4%	7.1%	6.3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-129 Reducción de la demanda de calor producto de una aumentar la exigencia en aislación térmica según Zona Térmica 7 para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base	3,223	3,977	4,978	3,756	7,057	8,008	4,021	7,060	5,446	5,544
PDA	2,421	2,863	3,756	2,932	5,406	6,207	2,895	5,761	4,683	4,853
Reducción	24.9%	28.0%	24.5%	21.9%	23.4%	22.5%	28.0%	18.4%	14.0%	12.5%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la mayor exigencia para conseguir un nivel de aislación asociado a la Zona Térmica 6 o 7 (según el delta U,verTabla 8-127). Estos costos los asume la Población (privados).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Según los Delta U presentado en laTabla 8-127 y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-130Inversión producto de exigir nivel de aislación según Zona Térmica 6 para viviendas nuevas (UF/vivienda)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cielo	0.0	0.8	0.0	0.2	0.0	0.2	1.0	0.5	0.0	0.0
Muro Piso 1	3.2	4.3	14.3	3.1	12.2	13.1	9.5	8.3	5.7	4.9
Muro Piso 2		4.3				13.1	9.5			
Piso	1.1	1.3	1.3	1.4	2.3	2.6	1.3	2.4	2.2	2.2
Total (UF)	**4.3**	**10.7**	**15.6**	**4.7**	**14.5**	**29.0**	**21.4**	**11.2**	**7.9**	**7.1**
Total CLP	**98,720**	**245,142**	**358,324**	**108,847**	**334,634**	**667,965**	**492,545**	**257,209**	**181,918**	**162,692**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-131Inversión producto de exigir nivel de aislación según Zona Térmica 7 para viviendas nuevas (UF/vivienda)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cielo	0.0	1.3	0.0	0.3	0.0	0.2	1.4	0.5	0.0	0.0
Muro Piso 1	4.7	6.0	33.4	4.4	13.8	14.9	16.8	13.1	6.2	5.3
Muro Piso 2		6.0				14.9	16.8	5.4		
Piso	1.6	2.0	1.9	2.1	3.5	4.0	2.0	3.6	3.3	3.3
Total (UF)	**6.3**	**15.2**	**35.4**	**6.7**	**17.3**	**33.9**	**37.0**	**22.7**	**9.5**	**8.6**
Total CLP	**144,752**	**348,759**	**813,727**	**154,890**	**398,947**	**780,205**	**850,857**	**521,980**	**217,991**	**198,846**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presentan dos análisis unitarios de la medida considerando una mayor exigencia en la aislación asociado a conseguir la aislación exigida en la Zona Térmica 6 y 7 considerando como línea base que la vivienda se construye de acuerdo a la actual exigencia de Zona Térmica 5. Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de línea base de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, corresponde a 7,057kwh/vivienda-año

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

(25,404 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo que cumple la normativa de calefactores "Doble Combustión 2.5 g/h) con una eficiencia térmica del 70%, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento del equipo calefactor.

Tabla 8-132 Análisis Unitario M14B – Mayor exigencia equivalente a exigencia Zona Térmica 6

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	25,404	3,330	49.6	195,585	
Vivienda Reacondicionada	22,325	2,927	43.6	171,879	334,634
Reducción	3,079	404	6	23,705	
% Reducción	12%	12%	12%	12%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-133 Análisis Unitario M14B – Mayor exigencia equivalente a exigencia Zona Térmica 7

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	25,404	3,330	49.6	195,585	
Vivienda Reacondicionada	19,461	2,551	38.0	149,831	398,947
Reducción	5,943	779	12	45,754	
% Reducción	23%	23%	23%	23%	

Fuente: Elaboración propia

8.2.12.3.3 M14C: Exigir calificación energética clase C para viviendas nuevas

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de la diferencia en la transmitancia térmica de las envolventes para conseguir un nivel de aislación asociado conseguir una Calificación Energética C (se aísla la vivienda para conseguir una demanda de energía del 60% de la demanda de energía de línea base). Se realiza el supuesto, que además coincide con la reducción necesaria, que para conseguir la calificación energética C se debe implementar un nivel de aislación correspondiente a Zona Térmica 6 y conseguir un nivel de hermeticidad igual 1 ACH.

Tabla 8-134 Transmitancia Térmica Base (W/m^2-K) según nivel de aislación especifico de la medida

Envolvente	Zona 5 (LB)	Zona 6 + Nivel de Hermeticidad
Cielo	0.33	0.28
Muro	1.6	1.1
Piso	0.5	0.39
Nivel de Hermeticidad (ACH)	2	1

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Tabla 8-135 Reducción de la demanda de calor producto de exigir Calificación Energética C para viviendas nuevas (kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base	3,223	3,977	4,978	3,756	7,057	8,008	4,021	7,060	5,446	5,544
PDA	2,262	2,761	3,667	2,636	4,980	5,713	2,801	5,172	3,903	4,036
Reducción	29.8%	30.6%	26.3%	29.8%	29.4%	28.7%	30.3%	26.7%	28.3%	27.2%

Fuente: Elaboración propia

Costo de Inversión

El costo de inversión se calcula según tipología y corresponde al costo de material, flete y mano de obra para pasar de la situación base a cumplir con la una vivienda que posea Calificación Energética C, equivalente a exigencias asociadas a zona térmica 6 y establecer el nivel de hermeticidad igual a 1ACH (según el delta U, ver Tabla 8-134). Estos costos los asume en un 100% los privados (Población).

Según los Delta U presentado en laTabla 8-134y las curvas de costo presentadas en la Tabla 8-69 y Tabla 8-70, el costo de inversión para cada tipología se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 8-136Inversión producto de exigir nivel de aislación equivalente a Calificación Energética C en viviendas nuevas (UF/vivienda)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cielo	0.0	0.8	0.0	0.2	0.0	0.2	1.0	0.5	0.0	0.0
Muro Piso 1	3.2	4.3	14.3	3.1	12.2	13.1	9.5	8.3	5.7	4.9

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Muro Piso 2		4.3				13.1	9.5			
Piso	1.1	1.3	1.3	1.4	2.3	2.6	1.3	2.4	2.2	2.2
Hermeticidad 1ACH (UF)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Total (UF)	**5.3**	**11.6**	**16.5**	**5.7**	**15.5**	**30.0**	**22.4**	**12.1**	**8.9**	**8.0**
Total CLP	**120,800**	**267,222**	**380,404**	**130,927**	**356,714**	**690,045**	**514,625**	**279,289**	**203,998**	**184,772**

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007, Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2007)

Costo de Operación

Los costos asociados a operación corresponden a ahorros por reducción del consumo de combustible producto de la menor demanda en calefacción. Esto dependerá de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros. Los ahorros de combustible son percibidos por la población (privados).

Análisis unitario

A continuación se presentan un análisis unitario de la medida considerando una mayor exigencia en la aislación alcanzando la normativa de Zona Térmica 6 junto con establecer un nivel de hermeticidad igual a 1ACH (escenario que representa conseguir una Calificación Energética C para la vivienda). Para el ejemplo se utilizará la tipología 5 de viviendas. La demanda energética de línea base de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, corresponde a 7,057kwh/vivienda-año (25,404 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un equipo que cumple la normativa de calefactores "Doble Combustión 2.5 g/h) con una eficiencia térmica del 70%, utiliza leña seca y utiliza el calefactor con el tiraje abierto. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida considerando condiciones ideales de funcionamiento del equipo calefactor.

Tabla 8-137 Análisis Unitario M14B – Mayor exigencia equivalente a exigencia asociada a vivienda con Calificación Energética C

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo de Leña (kg Leña)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Vivienda LB	25,404	3,330	49.6	195,585	
Vivienda Reacondicionada	17,927	2,350	35.0	138,016	378,652
Reducción	7,477	980	15	57,568	
% Reducción	29%	29%	29%	29%	

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.12.4 M15: Establecer obligación de nivel de hermeticidad[35] igual a 1ACH en viviendas nuevas

La medida consiste en limitar las infiltraciones de aire por medio de una alta hermeticidad de la envolvente (muros, ventanas y puertas), además de las aberturas que dan paso a las instalaciones. Esto se consigue por medio de un buen sellado de infiltraciones que busca conseguir pasar de un nivel de infiltraciones de línea base igual a 2ACH a un nivel de 1ACH[36].

Reducción de Emisiones

La reducción de emisiones se produce por la reducción del consumo de energía necesario para calefacción y dependerá de la tecnología de calefacción que utiliza la vivienda para suplir la demanda en calefacción. Por este motivo, aquí se presenta la reducción de la demanda de calefacción producto de conseguir un nivel de conseguir un nivel de hermeticidad igual 1 ACH.

Tabla 8-138 Reducción de la demanda de calor producto de conseguir un nivel de conseguir un nivel de hermeticidad igual 1 ACH(kWh/vivienda-año)

Tipología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base	3,223	3,977	4,978	3,756	7,057	8,008	4,021	7,060	5,446	5,544
PDA	2,677	3,328	4,303	3,054	5,835	6,632	3,373	5,838	4,287	4,386
Reducción	16.9%	16.3%	13.6%	18.7%	17.3%	17.2%	16.1%	17.3%	21.3%	20.9%

Fuente: Elaboración propia

[35]Al hablar de hermeticidad se refiere exclusivamente al concepto de infiltraciones y excluye al concepto de ventilación. El entendimiento de la medida fue conversado con Hernán Madrid, de la unidad de IICoS (Construcción Sustentable) de DICTUC S.A.

[36] A pesar de que se tiene conocimiento de que el nivel de línea base de hermeticidad de las viviendas es mayor a 2ACH, se realiza esta supuesto por ser como fue modelado en el estudio base que se utiliza en este documento para las medidas de aislación térmica; Ambiente Consultores & PRIEN (2007). Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas. Estudio elaborado para el MINVU.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Costo de Inversión

Los costos de la medida corresponden al costo incremental de inversión que se asocia a aumentar el nivel de hermeticidad. Estos dependen de la tipología.

Tabla 8-139: Costo unitario de sellado de infiltraciones

Tipología	UF/m^2
1	0.0297
2	0.0241
3	0.0242
4	0.0225
5	0.0134
6	0.0119
7	0.0241
8	0.0129
9	0.0142
10	0.0141

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Según la tabla anterior y el metraje de la vivienda, para todas las tipologías en la zona, el costo de inversión es igual a 0.96 UF. Estos costos los asume la Población (privados).

Costos de Operación

Los costos de operación y mantención corresponden a los ahorros que se generan por menor consumo de calefacción producto de la disminución de la demanda de energía generada por el mejor nivel de hermeticidad de la vivienda. Estos ahorros los percibe la población y dependen de la tecnología de calefacción que posea la vivienda. En el ejemplo de un análisis unitario se puede apreciar un ejemplo de estos ahorros.

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-140Costos administración – M15

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	11.000.000	En base a licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008)
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización[37]	0	Ya existe personal que esté presente en fiscalizar los permisos de edificación y que se cumpla normativa actual.
Difusión	5.000.000/año	Año anterior y primer año desde el inicio de la medida. Publicidad es menos masiva, enfocada a las empresas constructoras.

[37] A pesar de que se debiera reforzar el equipo de trabajo que está a cargo de los permisos de edificación y de que se cumpla la normativa de aislación térmica actual, se asume que este costo de reforzamiento es marginal.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.13M16: Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas

La medida consiste en establecer un límite de emisión a las viviendas unitarias nuevas, expresado en kg/vivienda-año. El límite de emisión depende del escenario de penetración:

Tabla 8-141: Límite de emisión por vivienda

Escenario de penetración	Agresivo	Esperado	Pasivo
Límite de emisión (kg MP2,5/vivienda-año)	1	2.4	3.3

Los límites de emisión se establecen según condiciones impuestas a las distintas tipologías según escenario. Sin embargo, esta es la manera en que se modelan las emisiones y no necesariamente es el comportamiento real de la población.

Para establecer los límites de emisión según escenario se asume que en línea base una vivienda cumple con la norma de aislación térmica para la zona térmica 5 y que tiene un calefactor a leña que cumple normativa 2.5 g/h.

Escenario Pasivo: Límite se establece considerando que viviendas pequeñas (aprox. 40 m2) no realizan ningún esfuerzo.

Tabla 8-142: Límite emisión viviendas nuevas - Pasivo

Tipo	Superficie (m^2)	Emisión anual Base (kg/vivienda-año)	¿Quéincluir?	Emisión anual Post (kg/vivienda-año)	Red %
1	32.5	2.2	Nada	2.2	
2	40	2.7	Nada	2.7	
3	39.8	3.3	Nada	**3.3**	
4	42.8	2.5	Nada	2.5	
7	39.9	2.7	Nada	2.7	
5	72.0	4.7	SelladoInfiltraciones / Zona 6	3.3	29%
6	81.1	5.3	SelladoInfiltraciones/ Zona 7	3.2	40%
8	74.3	4.7	SelladoInfiltraciones / Zona 7	3.0	36%
9	67.7	3.6	SelladoInfiltraciones	2.9	21%
10	68.3	3.7	SelladoInfiltraciones	2.9	21%

Escenario Esperado: Límite se establece considerando que viviendas pequeñas implementan aislación térmica correspondiente a Zona 6 y sellado de infiltraciones para llegar a 1 ACH.

Tabla 8-143: Límite emisión viviendas nuevas - Esperado

Tipo	Superficie (m2)	Emisión anual Base (kg/vivienda-año)	¿Quéincluir?	Emisión anual Post (kg/vivienda-año)	Red %
1	32.5	2.2	Nada	2.2	0
2	40	2.7	SelladoInfiltraciones / Zona 6	1.8	31%
3	39.8	3.3	SelladoInfiltraciones / Zona 6	**2.4**	26%
4	42.8	2.5	SelladoInfiltraciones / Zona 6	1.8	30%
7	39.9	2.7	SelladoInfiltraciones / Zona 6	1.9	30%

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

5	72.0	4.7	DobleCámara 1,5 g/h	1.7	65%
6	81.1	5.3	DobleCámara 1,5 g/h	1.9	64%
8	74.3	4.7	DobleCámara 1,5 g/h	1.7	63%
9	67.7	3.6	ZonaTérmica 7	2.4	35%
10	68.3	3.7	DobleCámara 1,5 g/h	1.3	64%

Nota: A pesar de que en algunas tipologías pueda resultar más costo efectivo cumplir con el límite de emisión implementando otra medida de abatimiento de emisiones, se realizan estos supuestos de modelación y no necesariamente será el comportamiento real de la población en caso de que se aplique la medida.

Escenario Agresivo: Limite se establece considerando que viviendas pequeñas implementan aislación térmica correspondiente a Zona 7, sellado de infiltraciones para llegar a 1 ACH y utilizan un equipo doble combustión mejorada de 1.5 g/h.

Tabla 8-144: Límite emisión viviendas nuevas - Agresivo

Tipo	Superficie (m2)	Emisión anual Base (kg/vivienda-año)	¿Quéincluir?	Emisión anual Post (kg/vivienda-año)	Red %
1	32.5	2.2	Sellado Infiltraciones / Zona 7 / Doble Cámara 1.5 g/h	0.6	71%
2	40	2.7	Sellado Infiltraciones / Zona 7 / Doble Cámara 1.5 g/h	0.7	72%
3	39.8	3.3	Sellado Infiltraciones / Zona 7 / Doble Cámara 1.5 g/h	**1.0**	69%
4	42.8	2.5	Sellado Infiltraciones / Zona 7 / Doble Cámara 1.5 g/h	0.7	70%
7	39.9	2.7	Sellado Infiltraciones / Zona 7 / Doble Cámara 1.5 g/h	0.7	72%
5	72.0	4.7	Pellets	0.5	89%
6	81.1	5.3	Pellets	0.6	89%
8	74.3	4.7	Pellets	0.5	88%
9	67.7	3.6	Pellets	0.4	88%
10	68.3	3.7	Pellets	0.4	88%

Costos de Inversión

El costo de inversión lo asume en un 100% la población y dependerá de la curva de costos para las distintas envolventes de las viviendas, la cual tiene la siguiente forma:

$$Inversión\left[\frac{UF}{m^2}\right] = A \cdot e^{B \cdot \Delta U}$$

Tabla 8-145: Límite Emisiones – Curva Costos – A [UF/m2]

Tipología/ Envolvente	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso
1	1.6E-04	6.9E-02	6.9E-02	1.7E-02

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2	1.1E-02	7.6E-02	7.6E-02	1.7E-02
3	7.0E-07	1.5E-01	1.5E-01	1.7E-02
4	4.9E-03	5.1E-02	5.1E-02	1.7E-02
5	4.7E-05	1.5E-01	1.5E-01	1.7E-02
6	1.8E-03	1.4E-01	1.4E-01	1.7E-02
7	1.4E-02	1.4E-01	1.4E-01	1.7E-02
8	5.8E-03	7.1E-02	7.1E-02	1.7E-02
9	5.0E-06	7.8E-02	7.8E-02	1.7E-02
10	2.3E-06	6.5E-02	6.5E-02	1.7E-02

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-146: Límite Emisiones – Curva Costos – B [W/m2-K]$^{-1}$

Tipología/ Envolvente	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso
1	1.9	0.7	0.7	5.9
2	14.1	0.7	0.7	5.9
3	3.9	1.7	1.7	5.9
4	2.3	0.7	0.7	5.9
5	2.0	0.2	0.2	5.9
6	2.6	0.3	0.3	5.9
7	11.5	1.1	1.1	5.9
8	2.3	0.9	0.9	5.9
9	2.0	0.2	0.2	5.9
10	2.4	0.2	0.2	5.9

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

La diferencia en la transmitancia térmica entre el caso base y las distintas exigencias (zonas térmicas) son como siguen:

Tabla 8-147: Límite Emisiones – Delta U [W/m^2-K] – Zona térmica 6

Tipología/ Envolvente	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso
1	0.05	0.5	-	0.11
2	0.05	0.5	0.5	0.11
3	0.05	0.5	-	0.11
4	0.05	0.5	-	0.11
5	0.05	0.5	-	0.11
6	0.05	0.5	0.5	0.11
7	0.05	0.5	0.5	0.11
8	0.05	0.5	0	0.11
9	0.05	0.5	-	0.11
10	0.05	0.5	-	0.11

Fuente: elaboración propia

Tabla 8-148: Límite Emisiones – Delta U [W/m^2-K] – Zona térmica 7

Envolvente	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso
1	0.08	1	-	0.18
2	0.08	1	-1	0.18
3	0.08	1	-	0.18

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

4	0.08	1	-	0.18
5	0.08	1	-	0.18
6	0.08	1	-1	0.18
7	0.08	1	-1	0.18
8	0.08	1	-0.04	0.18
9	0.08	1	-	0.18
10	0.08	1	-	0.18

Fuente: elaboración propia

Con estos datos, la inversión unitaria (UF/m2) queda como sigue:

Tabla 8-149: Límite Emisiones – Inversión Unitaria (UF/m2)

Tipología/ Envolvente	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso	Infiltraciones
1	0.0002	0.14		0.05	0.03
2	0.03	0.15	0.15	0.05	0.02
3	0.000001	0.84		0.05	0.02
4	0.01	0.10		0.05	0.02
5	0.0001	0.19		0.05	0.01
6	0.002	0.18	0.18	0.05	0.01
7	0.04	0.42	0.42	0.05	0.02
8	0.01	0.18	0.07	0.05	0.01
9	0.00001	0.09		0.05	0.01
10	0.000003	0.08		0.05	0.01

Fuente: elaboración propia

Además, se tienen los siguientes datos de las superficies construidas por tipología:

Tabla 8-150: Límite Emisiones – Superficie Construida por Tipología

Tipología	Superficie Construida (m2)
1	32.47
2	40
3	39.76
4	42.84
5	72.02
6	81.1
7	39.9
8	74.27
9	67.7
10	68.3

Fuente: (Ambiente Consultores & PRIEN 2007)

Tabla 8-151: Límite Emisiones – Inversión Total (UF/vivienda)

Tipología	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso	Infiltraciones	Total
1	0.0	4.7		1.6	1.0	**7.3**
2	1.3	6.0	6.0	2.0	1.0	**16.1**
3	0.0	33.4		1.9	1.0	**36.3**
4	0.3	4.4		2.1	1.0	**7.7**

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

5	0.0	13.8		3.5	1.0	**18.3**
6	0.2	14.9	14.9	4.0	1.0	**34.9**
7	1.4	16.8	16.8	2.0	1.0	**38.0**
8	0.5	13.1	5.4	3.6	1.0	**23.7**
9	0.0	6.2		3.3	1.0	**10.4**
10	0.0	5.3		3.3	1.0	**9.6**

Fuente: elaboración propia

Estos valores expresados en CLP son como sigue:

Tabla 8-152: Límite Emisiones – Inversión Total (CLP/vivienda)

Tipología	Cielo	Muro Piso 1	Muro Piso 2	Piso	Infiltraciones	Total
1	136	107,325		36,364	22,026	**165,850**
2	29,626	136,051	136,051	44,797	22,000	**368,525**
3	1	763,985		44,528	22,014	**830,528**
4	5,814	100,106		47,977	21,991	**175,890**
5	91	315,643		80,657	22,006	**418,398**
6	4,013	340,185	340,185	90,826	22,005	**797,213**
7	32,989	383,866	383,866	44,685	21,994	**867,400**
8	11,810	299,321	124,328	83,177	21,968	**540,604**
9	9	140,767		75,819	22,010	**238,605**
10	4	121,077		76,491	21,955	**219,527**

Fuente: elaboración propia

Además, hay inversión en artefactos de calefacción nuevos en caso que corresponda:

Tabla 8-153: Límite Emisiones – Inversión Equipos

Tecnología	Costo (UF/equipo)	Costo (CLP/equipo)
Doble Cámara 1.5 g/h	12.3	281,545
Pellets	44.1	1,008,488

Fuente: (Ambiente Consultores 2007)

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por consumo de combustible debido a las diferencias en las eficiencias de los equipos, el poder calorífico de los energéticos (más o menos consumo para suplir la misma demanda de calor) y a los precios de éstos:

Tabla 8-154: Límite Emisiones – Eficiencia Equipos

Tecnología	Eficiencia
Doble Cámara 1,5 g/h	78%
Pellets	80%

Fuente: (CENMA 2007)

Tabla 8-155: Límite Emisiones – Poder calorífico

Combustible	PCI (MJ/kg)
Leña	13.9

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Pellets	18.7

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Tabla 8-156: Límite Emisiones – Precio combustibles

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Precio [CLP/MJ]	Fuente
Leña	2.57×10^{-3}	39.8	2.9	Costo correspondiente a la leña húmeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Pellets	7.13×10^{-3}	162.9	8.7	Página web BOSCA

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-157: Costos administración – M16

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	11.000.000	En base a licitación del estudio para el diseño de la medida de recambio de calefactores (2008). Se considera una medida de diseñó complejo que necesita un estudio más específico.
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización
Fiscalización	2.000.000/año	2 fiscalizadores. Todo el periodo. Se asume fiscalización baja ya que se debiera realizar la fiscalización al momento del permiso de edificación y que la vivienda quede con un "sello".
Difusión	10.000.000/año	Año anterior y primer año desde el inicio de la medida. Publicidad es menos masiva, enfocada a las empresas constructoras. Pero algo más intensa que las otras medidas para viviendas nuevas por tener un componente doble que controlar (aislación y equipos).

Análisis Unitario

Para este análisis se utiliza como ejemplo una vivienda de tipología 5 (72 m^2) con el estándar de aislación para la Zona Térmica 5. En estas condiciones, para la zona de Temuco y Padre Las Casas, la demanda de energía anual para esta vivienda es de 7,057 [kW-h/vivienda-año] o 25,404 [MJ/vivienda-año].

El equipo seleccionado para el análisis corresponde a un calefactor Doble Combustión 2,5 g/h que usa leña seca y opera con el tiraje abierto. A continuación se presenta el resultado de aplicar la medida en el escenario Pasivo, dividido en dos pasos, primero aplicando Sellado de Infiltraciones y luego sumándole una aislación que respete la normativa para la Zona Térmica 6.

Sellado Infiltraciones

Tabla 8-158: Análisis Unitario – M16 - Sellado

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo Energético (kg/vivienda -año)	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Base	25,404	2,617	4.7	153,674	
Mejora	21,006	2,164	3.9	127,067	298,317
Reducción	4,398	453	1	26,607	
% Reducción	17%	17%	17%	17%	

Sellado Infiltraciones + Zona Térmica 6

Tabla 8-159: Análisis Unitario – M16 - Todo

	Consumo Energía (MJ/vivienda-año)	Consumo Energético	Emisión (kg/vivienda-año)	Costo Calefacción (CLP/año)	Costo Inversión (CLP)
Base	25,404	2,617	4.7	153,674	

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Mejora	17,927	1,846	3.3	108,441	356,572
Reducción	7,477	770	1	45,232	
% Reducción	29%	29%	29%	29%	

8.2.14M17: No permitir Humos visibles

Esta medida consiste en la fiscalización de los ductos de salida de gases residenciales, de manera tal que no salgan humos visibles. La medida genera que los factores por mala operación de las tecnologías que son mal operadas se reduzcan al mejor de los casos (operación con tiraje abierto):

Tabla 8-160: Factor multiplicativo del FE por mala operación

Tecnología	Abierto	Mitad	Cerrado
Combustión Simple	1	2	3
Doble Combustión 5 g/h	1	2	3
Doble Combustión 3 g/h	1	2	3
Doble Combustión 2,5 g/h	1	2	3
Doble CombustiónMejorada2 g/h	1	2	3

Nota: Factor de mala operación igual a 3 (o 2 en el caso de mitad abierto), durante un tercio del tiempo (horario nocturno), supuesto utilizado en la evaluación de la Norma de Calefactores. Esto se traduce en que se multiplica por un factor igual a 5/3. Estos valores se consensuaron en forma conjunta con el Departamento de Economía Ambiental, División de Estudios del Ministerio de Medio Ambiente.

La distribución base según la operación del tiraje es como sigue:

Tabla 8-161: Distribución base de operación de los equipos

Tiraje	Porcentaje
Abierto	7.8%
Mitad	61.5%
Cerrado	30.7%

Fuente: (CENMA 2010)

Además, aunque no se modele el efecto, esta medida apoya la medida de leña seca.

Costos de Inversión

No se consideran costos de inversión para la medida, excepto en costos de administración (ver Tabla 8-162).

Costos de Operación y Mantención

No se modelan costos por aumento o disminución en el consumo de combustible.

Costos de Administración

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-162: Costos administración – M17

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	10.000.000	Se considera la compra de 2 vehículos.
Fiscalización	18.000.000/año	5 fiscalizadores con un costo de honorarios total de 3.000.000 CLP/mes, para 6 meses. Se considera la compra de 10 opacímetros (costo despreciable).
Difusión	10.000.000/año	Durante el año anterior y primer año de implementación. Difusión con mayor fuerza con el objetivo de educar a la población en cómo conseguir no generar humos visibles.

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24.055 kW-h/vivienda-año (86.597 MJ/vivienda-año).

Esta vivienda en línea base posee un calefactor Doble Combustión 2,5 g/h, utiliza leña seca y opera con el tiraje cerrado. La siguiente tabla presenta los resultados de la medida para el mismo calefactor y humedad de leña, pero operando con el tiraje abierto:

Tabla 8-163: Análisis Unitario – M17

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/hogar-año)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/hogar-año)	Costo Calefacción (CLP/año)
Vivienda Línea Base	0.55	157,449	11,352	282	$ 666,704
Vivienda sin humos visibles	0.55	157,449	11,352	169	$ 666,704
Delta		0.0	0.0	113	$ -
Reducción %		**0.0%**	**0.0%**	**40.0%**	**0.0%**

8.2.15M18: Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Debido a la falta de información sobre la proyección de la cantidad de proyectos inmobiliarios a instalarse en la zona y sobre la cantidad de viviendas que tendría cada uno, se ha optado por no evaluar la reducción de emisiones ni los costos asociados a esta medida. Sólo se hace mención sobre su factibilidad jurídica de implementación (ver Sección 8.5.

8.2.16M19: Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación

La medida consiste en restringir el uso de artefactos de combustión a leña en cualquier episodio crítico de contaminación. Se asume que el 50% de las viviendas que apagan equipos, prenden uno nuevo en su reemplazo a gas licuado o kerosene.

Se considera que para salir de un episodio se tiene que llegar a una concentración menor o igual a 79 ug/m^3.

Los equipos que no cumplen la normativa corresponden a salamandras, calefactores de combustión simple y cocinas a leña, mientras que el equipo que sí lo hace corresponde a uno de Doble Combustión 2.5 g/h, el cual puede seguir prendido un día de episodio crítico. Sus características son las siguientes:

Tabla 8-164: Recambio Equipos – Comparación equipos

Tecnología	FE (g/kg)	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Salamandra	16.1	0.5	2,321.6
Combustión Simple	14.9	0.6	1,953.2
Cocina a Leña	16.1	0.4	2,901.9
Doble Combustión 2.5 g/h	1.8	0.7	185.4
Estufa a Kerosene		0.8	8
Estufa a Gas Licuado		0.78	1.2

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

Para esta medida se realiza un análisis diario en el caso de un episodio crítico de contaminación; no se hace una evaluación de reducción anual. Para esto se asume un día típico del mes de julio.

Costos de Inversión

El usuario (población) incurre en costos de inversión en el 50% de los casos, en que se reemplaza un equipo que no cumple la norma por uno a kerosene o a gas licuado. El costo de los equiposmencionados es como sigue:

Equipo / Tecnología	Costo (UF/Equipo)	Costo (UF/Equipo)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Estufa a Kerosene	3.3	75,642
Estufa a Gas Licuado	3.2	73,479
Cocina a Gas Licuado	10.7	244,929

Fuente: Precios de mercado.

Sin embargo, para el análisis diario, este costo de inversión es dividido por la cantidad de días de calefacción en el año (270).

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por diferencia en los consumos de combustible debido a la diferencia de las eficiencias de los equipos y en los poderes caloríficos y precios de los combustibles:

Tabla 8-165: GEC para toda la zona – Precio Energéticos

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Fuente
GLP	4.13 x 10^-2	944.3	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
LeñaHúmeda (40% Humedad)	1.69 x 10^-3	39.8	Elaboración propia en base a (Universidad de Chile 2009) –Ciudad de Temuco
Leña Seca (25% Humedad)	2.57 x 10^-3	58.7	Costo correspondiente a la leña humeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Leña Semi-Húmeda (30% Humedad)	2.11x 10^-3	48.2	Considera la mitad del costo de secado de la leña.
Kerosene	2.83 x 10^-2	646.0	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)

Tabla 8-166: GEC para toda la zona – Poder Calorífico Energéticos

Combustible		Unidad	PCI
Lena	Seca (25% Humedad)	MJ/kg	13.87
	SemiHumeda (30% Humedad)		12.49
	Humeda (40% Humedad)		8.32
Kerosene		MJ/kg	46.5
Gas Licuado		MJ/kg	50.7

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-167: Costos administración – M19

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	0	Medida de simple diseño
Implementación	126.262 CLP/episodio	Se considera un costo asociado al modelo de pronóstico de 25.000.000 CLP/año. Sin embargo el modelo se utiliza desde el 1 de abril hasta el 15 de octubre (198 días).
Fiscalización	300.000/episodio	10 fiscalizadores
Difusión	200.000/episodio	

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24.055 kW-h/vivienda-año (86.597 MJ/vivienda-año).

Dado a que el análisis de esta medida es diario, se utiliza un día de julio, usando el porcentaje de grados-hora de ese mes con respecto al total del año, correspondientes al 19.5%. Con esto se asume que la demanda de calor de ese mes corresponde al mismo porcentaje de la demanda anual por energía, es decir, 16,886 MJ/vivienda-año. Dado a que julio tiene 31 días, la demanda diaria de calor es de 545 MJ/vivienda-día.

A continuación se muestran las emisiones para la vivienda descrita anteriormente, considerando además que utiliza un calefactor de Combustión Simple con leña seca y tiraje abierto. Se muestra el caso en que se prende una estufa a Kerosene:

Tabla 8-168: Análisis Unitario – M19

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/vivienda -día)	Consumo de Energético (kg/día)	Emisión MP2.5 (kg/vivienda -día)	Costo Calefacción (CLP/día)
Vivienda Línea Base	0.55	990	71.41	1.1	$ 4,194
Vivienda con Estufa a Kerosene	0.80	681	14.64	0.01	$ 9,470
Delta		310	57	1.1	$ (5,276)
Reducción %		**31.3%**	**79.5%**	**99.5%**	**-125.8%**

8.2.17M20: Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla normativa según zonas y tipo de episodio.

La medida consiste en restringir el uso de artefactos de combustión a leña en cualquier episodio crítico de contaminación. Se asume que el 50% de las viviendas que apagan

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

equipos, prenden uno nuevo en su reemplazo a gas licuado o kerosene.

Se considera que para salir de un episodio se tiene que llegar a una concentración menor o igual a 79 ug/m^3, que corresponde a un nivel "regular" de contaminación.

Los equipos que no cumplen la normativa corresponden a salamandras, calefactores de combustión simple y cocinas a leña, mientras que el equipo que sí lo hace corresponde a uno de Doble Combustión 2.5 g/h, el cual puede seguir prendido un día de episodio crítico. Sus características son las siguientes:

Tabla 8-169: Recambio Equipos – Comparación equipos

Tecnología	FE (g/kg)	Eficiencia	FE (mg/MJ)
Salamandra	16.1	0.5	2,321.6
Combustión Simple	14.9	0.6	1,953.2
Cocina a Leña	16.1	0.4	2,901.9
Doble Combustión 2.5 g/h	1.8	0.7	185.4
Estufa a Kerosene		0.8	8
Estufa a Gas Licuado		0.78	1.2

Fuente: factores de emisión y eficiencias obtenidos de (CENMA 2007)

Se consideran 5 zonas grandes que agrupan distintos distritos de la zona de Temuco y Padre Las Casas, las cuales van rotando equivalentemente a una medida de restricción vehicular por dígitos.

Para esta medida se realiza un análisis diario en el caso de un episodio crítico de contaminación; no se hace una evaluación de reducción anual.

Para definir el número de zonas que debían apagarse para salir del episodio critico se realizó el ejercicio de ver, bajo una concentración representativa de cada uno de los episodios críticos, qué % de emisiones de los equipos que no cumplen norma (considerando condiciones de línea base) debían apagarse. La siguiente tabla muestra el análisis para salir de la condición de episodio.

Año	Emisiones de equipos que no cumplen norma	Reducción Necesaria Sector Residencial			Reducción Necesaria de Equipos que NO cumplen norma		
		Alerta	Pre Emergencia	Emergencia	Alerta	Pre Emergencia	Emergencia
2009	99.9%	36.3%	59.5%	67.6%	36.4%	59.5%	67.6%
2015	99.1%	36.4%	59.5%	67.6%	36.7%	60.1%	68.2%
2020	97.2%	36.5%	59.7%	67.8%	37.5%	61.4%	69.8%
2025	95.0%	36.6%	60.0%	68.1%	38.6%	63.2%	71.7%
2030	92.3%	36.8%	60.3%	68.5%	39.9%	65.4%	74.2%

Costos de Inversión

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

El usuario (población) incurre en costos de inversión en el 50% de los casos, en que se reemplaza un equipo que no cumple la norma por uno a kerosene o a gas licuado. El costo de los equipos mencionados es como sigue:

Equipo / Tecnología	Costo (UF/Equipo)	Costo (UF/Equipo)
Estufa a Kerosene	3.3	75,642
Estufa a Gas Licuado	3.2	73,479
Cocina a Gas Licuado	10.7	244,929

Fuente: Precios de mercado.

Sin embargo, para el análisis diario, este costo de inversión es dividido por la cantidad de días de calefacción en el año (270).

Costos de Operación y Mantención

El usuario (población) incurre en costos por diferencia en los consumos de combustible debido a la diferencia de las eficiencias de los equipos y en los poderes caloríficos y precios de los combustibles:

Tabla 8-170: GEC para toda la zona – Precio Energéticos

Combustible	Precio [UF/kg]	Precio [CLP/kg]	Fuente
GLP	4.13 x 10^-2	944.3	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)
LeñaHúmeda (40% Humedad)	1.69 x 10^-3	39.8	Elaboración propia en base a (Universidad de Chile 2009) –Ciudad de Temuco
Leña Seca (25% Humedad)	2.57 x 10^-3	58.7	Costo correspondiente a la leña humeda sumado al costo de secado con tecnología "pre-secado natural + secado artificial" (Universidad de Chile 2009) – Ciudad de Temuco
Leña Semi-Húmeda (30% Humedad)	2.11x 10^-3	48.2	Considera la mitad del costo de secado de la leña.
Kerosene	2.83 x 10^-2	646.0	INE - Precios Observados a Publico a partir de Encuesta SERNAC (IX Región Promedio 2012)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-171: GEC para toda la zona – Poder Calorífico Energéticos

Combustible		Unidad	PCI
Lena	Seca (25% Humedad)	MJ/kg	13.87
	SemiHumeda (30% Humedad)		12.49
	Humeda (40% Humedad)		8.32
Kerosene		MJ/kg	46.5
Gas Licuado		MJ/kg	50.7

Fuente:Estimados en base a los Balances Nacionales de Energía y (Poch Ambiental 2010)

Costos de Administración

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-172: Costos administración – M20

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	5.000.000	En base al diseño de la medida de prohibición de uso de chimeneas abiertas. Según estudio "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas" (2006).
Implementación	126.262 CLP/episodio	Se considera un costo asociado al modelo de pronóstico de 25.000.000 CLP/año. Sin embargo el modelo se utiliza desde el 1 de abril hasta el 15 de octubre (198 días).
Fiscalización	- Alerta: 100.000/episodio - Preemergencia: 200.000/episodio - Emergencia: 300.000/episodio	El costo aumenta según episodio, debido a que se deben fiscalizar más zonas.
Difusión	200.000/episodio	

Análisis Unitario

Se considera una vivienda de Tipología 5 (72 mt2) que no presenta ningún estándar de aislación (construida antes del año 2000). La demanda energética de esta vivienda, dadas las condiciones climáticas existentes en la zona de Temuco y Padre las Casas, es igual a 24.055 kW-h/vivienda-año (86.597 MJ/vivienda-año).

Dado a que el análisis de esta medida es diario, se utiliza un día de julio, usando el porcentaje de grados-hora de ese mes con respecto al total del año, correspondientes al 19.5%. Con esto se asume que la demanda de calor de ese mes corresponde al mismo porcentaje de la demanda anual por energía, es decir, 16.886 MJ/vivienda-año. Dado a que julio tiene 31 días, la demanda diaria de calor es de 545 MJ/vivienda-día.

A continuación se muestran las emisiones para la vivienda descrita anteriormente, considerando además que utiliza un calefactor de Combustión Simple con leña seca y tiraje abierto. Se muestran el análisis para el caso en que se utiliza una estufa a kerosene:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-173: Análisis Unitario – M19 - Apaga

Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/vivienda-día)	Consumo de Energético (kg)	Emisión MP2.5 (kg/vivienda-día)	Costo Calefacción (CLP/año)
0.55	990	71	1.1	$ 4,194

En el caso que la vivienda comprara un calefactor Doble Combustión 2,5 g/h, la reducción sería como sigue:

Tabla 8-174: Análisis Unitario – M20

	Eficiencia Equipo	Consumo E (MJ/vivienda -día)	Consumo de Energético (kg/día)	Emisión MP2.5 (kg/vivienda -día)	Costo Calefacción (CLP/día)
Vivienda Línea Base	0.55	990	71.41	1.1	$ 4,194
Vivienda con Estufa a Kerosene	0.80	681	14.64	0.01	$ 9,470
Delta		310	57	1.1	$ (5,276)
Reducción %		**31.3%**	**79.5%**	**99.5%**	**-125.8%**

8.2.17.1 Alerta: restricción en 2 zonas

- Se considera que en los días de alerta ambiental, dos de las zonas definidas dejan de emitir durante todo el día.
- Para la modelación se considera que un 40% de los equipos existentes que no cumplen normativa no se utilizan dicho día.

8.2.17.2 Preemergencia: restricción en 3 zonas

- Se considera que en los días de preemergencia ambiental tres zonas dejan de emitir durante todo el día.
- Para la modelación se considera que un 60% de los equipos existentes que no cumplen normativa no se utilizan dicho día.

8.2.17.3 Emergencia: restricción en 4 zonas

- Se considera que en los días de emergencia ambiental 4 zonas dejan de emitir durante todo el día.
- Para la modelación se considera que un 80% de los equipos existentes que no cumplen normativa no se utilizan dicho día.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.2.18M21: Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo

La medida consiste en incluir el mes de marzo dentro del periodo en el cual se prohíben las quemas agrícolas. El modelo considera solo la prohibición de emisiones en las comunas de Temuco y Padre Las Casas debido a que no se tiene información respecto a cómo afectarán las emisiones de otras comunas a la concentración de $MP_{2,5}$ analizada.

Los cultivos considerados son: Trigo, Avena, Cebada y Maíz, al ser los cultivos más representativos de la zona.

Tabla 8-175: Distribución de cultivos en la zona

Cultivo	Proporción
Trigo	68,0%
Avena	25,8%
Cebada	6,1%
Maíz	0,1%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Censo Agropecuario 2007.

Cada uno de estos cultivos tiene factores de emisión producto de la quema, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8-176: Factores de emisión y de carga de los cultivos

Cultivo	Factores de Emisión (lb/ton)					Factor de Carga ton/ha
	MP_{10}	$MP_{2,5}$	NO_X	SO_2	CO	
Trigo	10,6	10,1	4,3	0,9	123,6	4,8
Avena	20,7	19,7	4,5	0,6	136	4
Cebada	14,3	13,8	5,1	0,1	183,7	4,3
Maíz	11,4	10,9	3,3	0,4	70,9	10,5

Fuente: (ARB 2006)

Se considera como base que el 100% de las quemas se encuentra en el mes de marzo, que el 100% de las emisiones se evitarán debido a manejo de rastrojos y que no habrá quemas en febrero.

Costos de Inversión

Para el análisis, no se consideraron costos de inversión para esta medida ya que los costos se consideran como de operación y mantención.

Costos de Operación y Mantención

El privado incurre en el costo del manejo de rastrojos, el cual es de 31.354 CLP/ha.

Costos de Administración

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Se consideran los siguientes costos de administración (a cargo del Estado):

Tabla 8-177:Costos administración – M21

Ítem	Costo (CLP)	Observaciones
Diseño de la medida	0	Diseño simple
Implementación	0	Básicamente es la fiscalización.
Fiscalización	1.000.000/año	Se considera que sería una fuerte fiscalización durante el mes de marzo, dado a que es cuando se produce la mayoría de las quemas. Todo el periodo
Difusión	2.000.000/año	Durante el año anterior y primer año de implementación. Difusión enfocada en el sector.

Análisis Unitario

Se asume que se reducen las emisiones del sector en un 100% dado a que todos comienzan con programas de manejo de rastrojos.

8.3 Estimación del Potencial Máximo de Reducción de Emisiones de MP2,5 según medida

En la presente sección se realiza el cálculo del potencial de reducción máximo de emisiones para cada una de las medidas que fueron seleccionadas para ser finalmente evaluadas en el presente estudio (ver Sección 7). Este cálculo considera el 100% de penetración de toda aquella medida que efectivamente se le puede asociar una reducción de emisiones directa.

Este análisis permite estimar la máxima reducción que se esperaría al implementar cada una de las medidas en forma individual, identificando así aquellas medidas con impacto significativo en la reducción de emisiones.

Para las medidas permanentes se estima su reducción anual y durante un día de invierno típico (julio). Para las medidas episódicas, el cálculo se realiza solo para un día de invierno típico (julio).

Se muestran resultados para los años 2020, 2025 y 2030 indicando las emisiones de línea base y la reducción de emisiones según penetración máxima en valor absoluto como porcentual.

Los supuestos generales de reducción de emisiones utilizados para evaluar cada una de las medidas ya fueron descritos en la Sección 8.2. En la presente sección solo se establecen los supuestos específicos para establecer la reducción de emisiones de $MP_{2,5}$ asociado a un escenario de penetración máximo para cada una de las medidas evaluadas. Cabe

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

destacar que el análisis presentado en esta sección considera que se mantiene la línea base de emisiones exceptuando la aplicación única de cada medida analizada.

8.3.1 M1: Utilización de Leña Seca

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera un 100% de uso de leña seca en comparación con lo establecido como línea base en la variable distribución de participación de leña según humedad (ver Sección 5.2.2). La siguiente tabla muestra los resultados de este escenario.

Tabla 8-178 Reducción de emisiones M1 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	3,467	3,075	2,669
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	41%	41%	40%
Emisiones Diarias - Julio (ton / dia)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	21.8	19.3	16.8
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	41.9%	41.7%	41.5%

Fuente: Elaboración propia

8.3.2 M2: Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que el 100% del parque de calefactores utiliza el combustible que está siendo incentivado. Se presentan los resultados para GNL[38] y pellets.

Tabla 8-179 Reducción de emisiones M2 GNL– Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	2,834	2,012	1,064
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	34%	27%	16%
Emisiones Diarias - Julio (ton / dia)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	17.8	12.7	6.7
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	34.3%	27.3%	16.5%

Fuente: Elaboración propia

[38] El incentivo no está pensado para el Gas Natural en particular, sino que a cualquier gas. Se modela de esta forma por ser el combustible más barato.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-180 Reducción de emisiones M2 Pellets – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	2,799	1,970	1,016
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	33%	26%	15%
Emisiones Diarias - Julio (ton / dia)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	17.6	12.4	6.4
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	33.8%	26.7%	15.8%

Fuente: Elaboración propia

8.3.3 M3: Recambio de Equipos a Leña

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que todos los equipos del parque son doble combustión 2.5 g/h, doble combustión mejorada 1.5 g/h o a pellets. A continuación se presentan los tres casos, considerando que la humedad de la leña se comporta como en línea base.

Tabla 8-181 Reducción de emisiones M3 – 2,5 g/h

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	3,507	2,545	1,552
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	42%	34%	23%
Emisiones Diarias - Julio (ton / dia)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	22.1	16.0	9.8
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	42.4%	34.5%	24.1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-182 Reducción de emisiones M3 – 1,5 g/h

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	3,638	2,640	1,610
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	43%	35%	24%
Emisiones Diarias - Julio (ton / dia)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	22.9	16.6	10.1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	44.0%	35.8%	25.0%

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-183 Reducción de emisiones M3 – Pellets

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	2,799	1,970	1,016
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	33%	26%	15%
Emisiones Diarias - Julio (ton / dia)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	17.6	12.4	6.4
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	33.8%	26.7%	15.8%

Fuente: Elaboración propia

8.3.4 M4: Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que todos los equipos del parque son doble combustión 2.5 g/h, doble combustión mejorada 1.5 g/h o a pellets. De esta manera, los resultados son iguales a los de la medida M4 (ver Tabla 8-181, Tabla 8-182 y Tabla 8-183).

8.3.5 M5: Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes)

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que, cada año, el 100% de las viviendas normadas no utilizan leña para calefacción. Se presentan resultados para la prohibición de utilización de calefactores a leña para viviendas de más de 51m2, 71m2 y 111m2 según lo establecido por la siguiente tabla de distribución de consumo y equipos (Encuesta UFRO).

Tabla 8-184Distribución de tecnologías según tamaño de vivienda

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA						
Superficie	Cocina	Salamandra	C. Lenta	Chimenea	Otros	Porcentaje Acumulado de Viviendas
>1 m2	35,5%	7,4%	55,5%	0,8%	0,7%	100%
>11 m2	35,3%	7,3%	55,8%	0,8%	0,7%	99%
>31 m2	34,1%	6,3%	57,9%	0,9%	0,8%	91%
>51 m2	26,3%	4,0%	67,9%	1,1%	0,7%	64%
>71 m2	21,9%	2,4%	74,5%	1,2%	0,0%	37%
>91 m2	20,0%	2,3%	76,9%	0,8%	0,0%	20%
>111 m2	17,9%	2,6%	78,2%	1,3%	0,0%	13%
>131 m2	19,0%	4,8%	76,2%	0,0%	0,0%	7%
>151 m2	27,3%	4,5%	68,2%	0,0%	0,0%	4%
>171 m2	40,0%	6,7%	53,3%	0,0%	0,0%	3%
>200 m2	40,0%	0,0%	60,0%	0,0%	0,0%	1%

Tabla 8-185 Reducción de emisiones M5 – Prohibición Viviendas Mayores a 51 m2 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales	Línea Base	8,429	7,567	6,681

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

(ton / año)	Reducción Penetración Máxima	1,189	862	492
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	14%	11%	7%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	7.5	5.4	3.1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	14.4%	11.7%	7.7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-186 Reducción de emisiones M5 – Prohibición Viviendas Mayores a 71 m2 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	754	547	312
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	9%	7%	5%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	4.7	3.4	2.0
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	9.1%	7.4%	4.9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-187 Reducción de emisiones M5 – Prohibición Viviendas Mayores a 111 m2 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	278	202	115
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	3%	3%	2%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	1.7	1.3	0.7
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	3.4%	2.7%	1.8%

Fuente: Elaboración propia

8.3.6 M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que el 100% de las viviendas normadas (que poseen más de un calefactor a leña) dejan de utilizar uno según lo explicado anteriormente.

Tabla 8-188 Reducción de emisiones M6 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,540	1,376	1,211
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	18%	18%	18%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	9.7	8.7	7.6
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	18.6%	18.7%	18.8%

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Fuente: Elaboración propia

8.3.7 M7: Instalación de Filtros Catalizadores en Calefactores

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que todos los equipos a los cuales es posible instalarles un filtro (combustión simple con templador), lo instalan.

Tabla 8-189 Reducción de emisiones M7 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	496	369	224
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	6%	5%	3%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	3.1	2.3	1.4
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	6.0%	5.0%	3.5%

Fuente: Elaboración propia

8.3.8 M8: Recambio de Cocinas a Leña

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que todas las cocinas a leña son reemplazadas por una cocina a GLP y que el equipo de reemplazo es uno que cumple la norma (Doble Combustión 2.5 g/h), en el caso que corresponda.

Tabla 8-190 Reducción de emisiones M8 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	3,759	3,786	3,813
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	45%	50%	57%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	23.6	23.8	24.0
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	45%	51%	59%

Fuente: Elaboración propia

Estas reducciones son mayores al recambio de calefactores debido a que estos últimos se encuentran sujetos a la normativa de emisión, en cambio las cocinas no. Esto generaría que en los últimos años aún exista un parque igual de contaminante que el que existe actualmente, a diferencia del parque de calefactores que en su mayoría cumpliría con la norma.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.3.9 M9: Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera una efectividad del 100% de la prohibición, siendo reemplazadas las cocinas a leña antiguas por cocinas a gas licuado, calefactores que cumplan la norma cuando corresponda, y cocinas a leña más eficientes, todo según los porcentajes ya indicados.

Tabla 8-191Reducción de emisiones M9 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	3,662	3,689	3,716
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	43%	49%	56%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	23.0	23.2	23.4
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	44.3%	50.1%	57.7%

Fuente: Elaboración propia

8.3.10M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera una efectividad del 100% de la prohibición, es decir, ninguna vivienda nueva utiliza leña.

Tabla 8-192 Reducción de emisiones M10 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	78	145	210
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	2%	3%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.5	0.9	1.3
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.9%	2.0%	3.3%

Fuente: Elaboración propia

8.3.11M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que el 100% de las viviendas nuevas normadas, no utilizan leña para calefacción. Se presentan resultados para la prohibición de utilización de calefactores a leña para viviendas nuevas de más de 51m2, 71m2 y 111m2 según lo establecido por la siguiente tabla de distribución de consumo y equipos (Encuesta UFRO).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-193 Distribución de tecnologías según tamaño de vivienda

DISTRIBUCIÓN ACUMULADA						
Superficie	Cocina	Salamandra	C. Lenta	Chimenea	Otros	Porcentaje Acumulado de Viviendas
>1 m2	35,5%	7,4%	55,5%	0,8%	0,7%	100%
>11 m2	35,3%	7,3%	55,8%	0,8%	0,7%	99%
>31 m2	34,1%	6,3%	57,9%	0,9%	0,8%	91%
>51 m2	26,3%	4,0%	67,9%	1,1%	0,7%	64%
>71 m2	21,9%	2,4%	74,5%	1,2%	0,0%	37%
>91 m2	20,0%	2,3%	76,9%	0,8%	0,0%	20%
>111 m2	17,9%	2,6%	78,2%	1,3%	0,0%	13%
>131 m2	19,0%	4,8%	76,2%	0,0%	0,0%	7%
>151 m2	27,3%	4,5%	68,2%	0,0%	0,0%	4%
>171 m2	40,0%	6,7%	53,3%	0,0%	0,0%	3%
>200 m2	40,0%	0,0%	60,0%	0,0%	0,0%	1%

Tabla 8-194 Reducción de emisiones M11 – Prohibición Viviendas Mayores a 51 m2 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	28	53	77
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0%	1%	1%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.2	0.3	0.5
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.3%	0.7%	1.2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-195 Reducción de emisiones M11 – Prohibición Viviendas Mayores a 71 m2 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	16	31	44
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0%	0%	1%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.1	0.2	0.3
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.2%	0.4%	0.7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-196 Reducción de emisiones M11 – Prohibición Viviendas Mayores a 111 m2 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	6	11	16
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0%	0%	0%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.0	0.1	0.1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.1%	0.1%	0.2%

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Fuente: Elaboración propia

8.3.12M12: Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF

Para la estimación del potencial máximo de penetración, se considera que, para cada año, el 100% de las viviendas existentes de menos de 650 UF se aíslan térmicamente según cinco opciones:

1. Logrando un nivel de hermeticidad de 1 ACH
2. Cumpliendo con la norma de la zona térmica 5
3. Cumpliendo con la norma de la zona térmica 5 y mejorando sus muros
4. Cumpliendo con la norma de la zona térmica 6
5. Logrando calificación energética clase C

A continuación se muestran las tablas con los resultados para cada una de las opciones.

Tabla 8-197 Reducción de emisiones M12 – Hermeticidad 1 ACH – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	455	397	336
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	5%	5%	5%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	2.9	2.5	2.1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	5.5%	5.4%	5.2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-198 Reducción de emisiones M12 – Norma Zona 5 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,329	1,161	982
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	16%	15%	15%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	8.4	7.3	6.2
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	16.1%	15.8%	15.3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-199 Reducción de emisiones M12 – Norma Zona 5 + Muros – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	2,029	1,772	1,499
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	24%	23%	22%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	12.8	11.1	9.4

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	24.5%	24.1%	23.3%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-200 Reducción de emisiones M12 – Norma Zona 6 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,709	1,493	1,263
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	20%	20%	19%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	10.8	9.4	7.9
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	20.7%	20.3%	19.6%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-201 Reducción de emisiones M12 – Calificación Energética Clase C – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	2,181	1,905	1,611
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	26%	25%	24%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	13.7	12.0	10.1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	26.4%	25.9%	25.1%

Fuente: Elaboración propia

8.3.13M13: Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF

Para la estimación del potencial máximo de penetración, se considera que, para cada año, el 100% de las viviendas existentes de menos de 650 UF se aíslan térmicamente según cinco opciones:

1. Logrando un nivel de hermeticidad de 1 ACH
2. Cumpliendo con la norma de la zona térmica 5
3. Cumpliendo con la norma de la zona térmica 5 y mejorando sus muros
4. Cumpliendo con la norma de la zona térmica 6
5. Logrando calificación energética clase C

A continuación se muestran las tablas con los resultados para cada una de las opciones.

Tabla 8-202 Reducción de emisiones M13 – Hermeticidad 1 ACH – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	406	354	300
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	5%	5%	4%
Emisiones Diarias -	Línea Base	52.0	46.3	40.5

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Julio (ton / día)	Reducción Penetración Máxima	2.6	2.2	1.9
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	4.9%	4.8%	4.7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-203 Reducción de emisiones M13 – Norma Zona 5 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	963	841	711
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	11%	11%	11%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	6.1	5.3	4.5
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	11.6%	11.4%	11.1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-204 Reducción de emisiones M13 – Norma Zona 5 + Muros – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,425	1,244	1,053
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	17%	16%	16%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	9.0	7.8	6.6
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	17.2%	16.9%	16.4%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-205 Reducción de emisiones M13 – Norma Zona 6 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,214	1,060	897
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	14%	14%	13%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	7.6	6.7	5.6
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	14.7%	14.4%	13.9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-206 Reducción de emisiones M13 – Calificación Energética Clase C – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,635	1,428	1,208
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	19%	19%	18%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	10.3	9.0	7.6
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	19.8%	19.4%	18.8%

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.3.14M14: Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas

Para la estimación del potencial máximo de penetración, se considera que cada año el 100% de las viviendas nuevas aumentan sus estándares de aislación según las siguientes opciones:

1. Cumplir con la norma de la zona térmica 5 y mejora en muros
2. Cumplir con la norma de lazona térmica 6
3. Cumplir con la norma de la zona térmica 7
4. Lograr una calificación energética clase C

A continuación se muestran las tablas con los resultados para cada una de las opciones.

Tabla 8-207 Reducción de emisiones M14 – Norma Zona 5 + Muros – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	59	82	103
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	1%	2%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.4	0.5	0.6
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.7%	1.1%	1.6%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-208 Reducción de emisiones M14 – Norma Zona 6 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	32	45	56
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0%	1%	1%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.2	0.3	0.4
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.4%	0.6%	0.9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-209 Reducción de emisiones M14 – Norma Zona 7 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	62	87	109
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	1%	2%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.4	0.5	0.7
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.8%	1.2%	1.7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-210 Reducción de emisiones M14 – Calificación Energética Clase C – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	77	108	135
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	1%	2%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.5	0.7	0.8
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.9%	1.5%	2.1%

Fuente: Elaboración propia

8.3.15M15: Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora)

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que el 100% de las viviendas nuevas se construyen con 1 ACH en comparación a la línea base que considera 2 ACH.

Tabla 8-211 Reducción de emisiones M15 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	45	63	79
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	1%	1%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.3	0.4	0.5
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	0.5%	0.9%	1.2%

Fuente: Elaboración propia

8.3.16M16: Establecer un límite de emisión unitario en kg/año para cada vivienda nueva construida en la ciudad de Temuco

Para la estimación del potencial máximo de reducción, se considera que cada año el 100% de las viviendas nuevas cumple con el límite de emisión establecido según los mismos supuestos para cada escenario. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno.

Tabla 8-212 Reducción de emisiones M16 – Escenario Penetración Máxima - Agresivo

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	148	213	271

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	2%	3%	4%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	0.9	1.3	1.7
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1.8%	2.9%	4.2%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-213 Reducción de emisiones M16 – Escenario Penetración Máxima - Esperado

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	103	145	183
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	2%	3%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	1	1	1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1.2%	2.0%	2.8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-214 Reducción de emisiones M16 – Escenario Penetración Máxima - Pasivo

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	103	143	179
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	2%	3%
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	1	1	1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1.2%	1.9%	2.8%

Fuente: Elaboración propia

8.3.17M17: No permitir Humos visibles

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera que todos los artefactos funcionan con tiraje abierto según la siguiente distribución de la línea base:

Tabla 8-215 Distribución base de la operación de calefactores

Tiraje	Porcentaje
Abierto	7.8%
Mitad	61.5%
Cerrado	30.7%

Fuente: (CENMA 2010)

Tabla 8-216 Reducción de emisiones M17 – Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Reducción Penetración Máxima	1,061	788	479
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	13%	10%	7%
Emisiones Diarias -	Línea Base	52.0	46.3	40.5

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Julio (ton / día)	Reducción Penetración Máxima	6.7	5.0	3.0
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	12.8%	10.7%	7.4%

Fuente: Elaboración propia

8.3.18M18: Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA

Debido a la falta de información sobre la proyección de la cantidad de proyectos inmobiliarios a instalarse en la zona y sobre la cantidad de viviendas que tendría cada uno, se ha optado por no evaluar la reducción de emisiones ni los costos asociados a esta medida, para sólo hacer mención sobre su factibilidad jurídica.

8.3.19M19: Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera una efectividad del 100% de la medida, es decir, que en cualquier episodio se considera un 0% de utilización de leña por parte de los equipos que no cumplen la normativa.

Tabla 8-217 Reducción de emisiones M19 - Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	22	19	15
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	43%	41%	38%

Fuente: Elaboración propia

8.3.20M20: Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio.

Para la estimación del potencial de reducción máximo de la medida se considera una efectividad del 100% de la medida, es decir, que en cualquier episodio se considera un 0% de utilización de equipos a leña que no cumplen la normativa vigente en las zonas que poseen la prohibición según el tipo de episodio.

Tabla 8-218 Reducción de emisiones M20 – Episodio Alerta - Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	8.9	7.5	6.1
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	17.1%	16.2%	15.2%

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-219 Reducción de emisiones M20 – Episodio Preemergencia - Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	13	11	9
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	26%	24%	23%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-220 Reducción de emisiones M20 – Episodio Emergencia - Escenario Penetración Máxima

		2020	2025	2030
Emisiones Diarias - Julio (ton / día)	Línea Base	52.0	46.3	40.5
	Reducción Penetración Máxima	17.7	15.0	12.3
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	34.1%	32.5%	30.3%

Fuente: Elaboración propia

8.3.21M21: Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo

Se considera que el 100% de las quemas agrícolas del mes de marzo se reemplazan por métodos de manejo de rastrojos.

Tabla 8-221 Reducción de emisiones M21 - Escenario Penetración Máxima

		2015	2020	2025
Emisiones Anuales (ton / año)	Línea Base	8,429	7,567	6,681
	Emisión Anual Sector Quemas	227	227	227
	Reducción Penetración Máxima	67	67	67
	% Reducción MP2.5 con respecto al sector	29.7%	29.7%	29.7%
	% Reducción MP2.5 con respecto a LB	1%	1%	1%

Fuente: Elaboración propia

8.3.22Resumen de Resultados Penetración Máxima

Tabla 8-222 Resumen de Potencial Máximo de Reducción para cada Medida Evaluada

Posición	Medida	Opción	% Reducción Diaria 2025
1	Recambio de Cocinas a Leña	-	51.4%
2	Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC	-	50.1%
3	Comercialización y Utilización de Leña Seca	-	41.7%
4	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla con normativa en cualquier episodio de contaminación	-	40.6%
6	Recambio de equipos a Leña	1,5 g/h	35.8%
7	Recambio de equipos a Leña	2,5 g/h	34.5%

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Posición	Medida	Opción	% Reducción Diaria 2025
8	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla con normativa según zonas y tipo de episodio	Emergencia	32.5%
9	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión	-	27.5%
10	Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción	GNL	27.3%
11	Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción	Pellets	26.7%
12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF	Calificación Energética Clase C	25.9%
13	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla con normativa según zonas y tipo de episodio	Preemergencia	24.4%
14	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF	Zona 5 + Muro	24.1%
15	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF	Zona 6	20.3%
16	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Calificación Energética Clase C	19.4%
17	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	-	18.7%
18	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5 + Muro	16.9%
19	Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla con normativa según zonas y tipo de episodio	Alerta	16.2%
20	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF	Zona 5	15.8%
21	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 6	14.4%
22	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (viviendas existentes)	> 51 m2	11.7%
23	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	11.4%
24	No permitir Humos visibles	-	10.7%
25	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (viviendas existentes)	> 71 m2	7.4%
26	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos de 650 UF	Hermeticidad 1 ACH	5.4%
27	Instalación de convertidores catalíticos en calefactores	-	5.0%
28	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Hermeticidad 1 ACH	4.8%
29	Limite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas	Agresivo	2.9%
30	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (viviendas existentes)	> 111 m2	2.7%
31	Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas		2.0%
32	Limite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas	Pasivo	1.9%
33	Limite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas	Esperado	1.9%
34	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Calificación Energética Clase	1.5%

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Posición	Medida	Opción	% Reducción Diaria 2025
		C	
35	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 7	1.2%
36	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muro	1.1%
37	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora)	-	0.9%
38	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	> 51 m2	0.7%
39	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 6	0.6%
40	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	> 71 m2	0.4%
41	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	> 111 m2	0.1%

Fuente: Elaboración propia

La tabla presentada a continuación que recuerda la meta de reducción de concentraciones según escenario establecido en la Sección 5, deja demostrado que ninguna de las medidas incorporadas en el presente estudio (considerando además su potencial máximo de reducción) puede alcanzar por si sola la meta propuesta para conseguir la norma de calidad ambiental (norma diaria de MP2.5).

Tabla 8-223 Meta de reducción de concentraciones según escenario

	Año Meta	Concentración LB Año Meta (p98 ug/m3MP$_{2,5}$)	Concentración Meta (p98 ug/m3MP$_{2,5}$)	Reducción (%)
Escenario 1	2022	158.1	49	69.0%
Escenario 2	2025	147.3	49	66.7%
Escenario 3	2030	128.6	49	61.9%

Fuente: Elaboración propia

8.4 Medidas evaluadas independientemente según escenarios

La presente sección realiza una evaluación de las medidas de forma independiente. Esto implica que al evaluar cada una de ellas se mantienen todas las condiciones de línea base constantes exceptuando los parámetros que son modificados por la medida específica que se está evaluando. Los supuestos de evaluación de cada una de las medidas fueron indicados en la Sección 8.2.

Cada medida es evaluada según tres escenarios de penetración, los cuales son descritos detalladamente en la Sección 8.4.1. Estos escenarios de penetración fueron discutidos y consensuados con la contraparte técnica.

La Sección 8.4.2 entrega los resultados de las medidas evaluadas independientemente según los escenarios de penetración considerados. Esto incluye la tasa de reducción de

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

emisiones, la reducción de concentraciones asociada y los indicadores económicos de cada una de las medidas (valor presente de los costos, ahorros y beneficios a la salud y razón B/C).

8.4.1 Escenarios de evaluación considerados

Para cada una de las medidas a las cuales se les puede calcular reducción de emisiones directas se analiza la factibilidad de implementación y penetración en el tiempo que resultará en la tasa de reducción de emisiones. Esta tasa entonces depende de 2 aristas. La primera es la factibilidad de implementación y la segunda, que grado de penetración se quiere lograr. Según estas dos aristas es que cada una de las medidas es evaluada según los 3 escenarios propuestos para alcanzar la norma; Agresivo, Esperado y Pasivo.

El escenario agresivo asume que todas las condiciones se dan para que la medida se comience a implementar en la fecha más temprana de inicio y que su evolución permite estar totalmente operativa en un corto plazo asumiendo una penetración alta.

El escenario esperado, asume que las condiciones para que la medida se comience a implementar son las que ha ocurrido en otros Planes de Descontaminación con medidas similares con una penetración normal de la medida.

El escenario pasivo asume que la fecha de inicio es más tardía de lo esperado por diferentes motivos tanto por falta de compromiso como de dificultades en la implementación. Por lo mismo, la penetración de la medida es baja en los primeros años.

Existen algunas medidas en las que los escenarios de reducción de emisiones también pueden depender del grado de exigencia de la medida como es el caso de la medida "Límite de emisión unitario en kg/año para viviendas nuevas" en donde los escenarios pueden depender de la magnitud de este límite de emisión.
La tabla a continuación presenta los supuestos de penetración de cada una de estas medidas para los escenarios de penetración evaluados. Recordando lo establecido anteriormente, el escenario de evaluación agresivo pretende alcanzar la normativa de concentración diaria de MP2.5 en 7 años mientras que el escenario esperado la espera alcanzar en 10 años y el escenario pasivo en 15 años. Por este motivo, las penetraciones de cada una de las medidas para el escenario agresivo implican mayores esfuerzos y mayores costos también, seguido por el escenario esperado y por último el escenario pasivo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-224 Tabla resumen de penetración de medidas evaluadas para la zona de Temuco y Padre las Casas

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
M1	Prohibición de comercialización de leña húmeda	Al año 2017se llega al 80% de utilización de leña seca y luego se mantiene constante. **2015 / 2016 / 2017** **Seca** 55% / 70% / 80% **Semihumeda** 30% / 20% / 10% **Humeda** 15% / 10% / 10%	Al año 2020 se llega al 80% de utilización de leña seca y luego se mantiene constante. **2015 / 2016 / 2017 / 2018 / 2019 / 2020** **Seca** 45% / 55% / 65% / 65% / 75% / 80% **Semihumeda** 40% / 30% / 20% / 25% / 15% / 10% **Humeda** 15% / 15% / 15% / 10% / 10% / 10%	Al año 2020 se llega al 60% de leña seca y se mantiene cte. **2015 / 2016 / 2017 / 2018 / 2019 / 2020** **Seca** 45% / 45% / 50% / 50% / 55% / 60% **Semihumeda** 40% / 40% / 35% / 35% / 30% / 25% **Humeda** 15% / 15% / 15% / 15% / 15% / 15%
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción (Gas; Pellets)	**Año Inicio:** 2015 **Penetración Parque Existente:** 2015: 90% x 72% x 7400 ProbEquipoLeña (conectados) 2016: 90%x72% x12600 x ProbEquipoLeña (por conectar pero frente a la red) 2017: 90% x 72% del total restante de equipos a leña **Penetración Parque Nuevo:** 90% x 72% del parque a leña	**Año Inicio:** 2017 **Penetración Parque Existente:** 2017: 50% x 72% x 7400 ProbEquipoLeña (conectados) 2018: 50% x 72% x 12600 x ProbEquipoLeña (por conectar pero frente a la red) 2020: 50% x 72% del total restante de equipos a leña **Penetración Parque Nuevo:** 50% x 72% del parque a leña	**Año inicio:** 2020 **Penetración Parque Existente:** 2020: 25 % x 72% x 7400 ProbEquipoLeña (conectados) 2021: 25% x 12600 ProbEquipoLeña (por conectar pero frente a la red) 2022: 25% x 72% del total restante de equipos a leña **Penetración Parque Nuevo:** 25% x 72% del parque a leña
M3	Recambio de Calefactores (Leña, Pellets)	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años Equipos a Pellets: 2200 / año Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años Equipos a Pellets: 1200 / año Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2020	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2023	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2030
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (viviendas	**Prohibición según metraje:** viviendas mayores a 71m2 **Año inicio prohibición:**2015	**Prohibición según metraje:** viviendas mayores a 71m2 **Año inicio prohibición:**2017	**Prohibición según metraje:** viviendas mayores a 111m2 **Año inicio prohibición:**2020

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
	existentes)			
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	**Año inicio restricción:** 2015	**Año inicio restricción:** 2017	**Año inicio restricción:** 2020
M7	Instalación de filtros catalizadores	**Duración:** 7 años **Filtros instalados:** 3200 / año	**Duración:** 10 años **Filtros instalados:** 2200 / año	**Duración:** 10 años **Filtros instalados:** 1200 / año
M8	Recambio de cocinas a leña	**Duración:** 7 años **Cocinas recambiadas:** 750 / año	**Duración:** 10 años **Cocinas recambiadas:** 500 / año	**Duración:** 10 años **Cocinas recambiadas:**250 / año
M9	Prohibición Cocinas a Lena	**Año prohibición:** 2020	**Año prohibición:** 2023	**Año prohibición:** 2030
M10	Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas	**Año inicio prohibición:** 2015	**Año inicio prohibición:** 2015	**Año inicio prohibición:** 2015
M11	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	**Prohibición según metraje:** Todas **Año inicio prohibición:**2015	**Prohibición según metraje**: viviendas mayores a 71m2 **Año inicio prohibición:**2017	**Prohibición según metraje**: viviendas mayores a 111m2 **Año inicio prohibición:**2020
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF - Llegar a la Norma (Zona 5) - Llegar a la Norma + Muro - Llegar más allá de la norma (Zona 6) - Calificación Energética C	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 3000 viviendas/año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 2000 viviendas/año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 1000 viviendas/año
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF - Llegar a la Norma	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
	(Zona 5) - Llegar a la Norma + Muro - Llegar más allá de la norma (Zona 6) - Calificación Energética C	**Viviendas aisladas térmicamente:** 3000 viviendas/año	**Viviendas aisladas térmicamente:** 2000 viviendas/año	**Viviendas aisladas térmicamente:** 1000 viviendas/año
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. - Zona 5 + Muro - Aplicar zona 6 y 7 - Calificación energética C	**Año inicio:** 2015	**Año inicio:** 2017	**Año inicio:** 2020
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas	**Año inicio:** 2015	**Año inicio:** 2017	**Año inicio:** 2020
M16	**Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas**	**Limite emisión:** 1 kgMP2.5/viv – año **Año inicio:**2015 "Viviendas pequeñas con aislación Zona 7, nivel de hermeticidad igual a 1 ACH, equipo 1.5 g/h."	**Limite emisión:** 2.4 kgMP2.5/viv – año **Año inicio:**2015 "Viviendas pequeñas con aislación térmica Zona 6 y nivel de hermeticidad igual a 1 ACH"	**Limite emisión:** 3.3 kgMP2.5/viv – año **Año inicio:**2015 "Viviendas pequeñas (aprox. 40 m2) no realizan ningún esfuerzo"
M17	No permitir Humos visibles	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 30%	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 20%	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 10%
M19	Restricción de uso para todo artefacto que no cumple norma leña en cualquier episodio	**Año inicio:** 2015 **Episodio paralización:** Emergencia, Premergencia y Alerta	**Año inicio:** 2015 **Episodio paralización:** Emergencia y Premergencia	**Año inicio:** 2015 **Episodio paralización:** Emergencia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
	critico de contaminación.			
M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio. - Alerta: Restricción en 2 zonas - Preemergencia: Restricción en 3 zonas - Emergencia: Restricción en 4 zonas	**Año inicio:** 2015 No aplica escenarios de penetración		
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo	**Año inicio:** 2015 No aplica escenarios de penetración		

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.4.2 Resultados

Luego de la descripción y caracterización de los escenarios de penetración de medidas de reducción de emisiones desarrollada en la sección anterior, en la presente sección se presentan los resultados de las medidas evaluadas de manera independiente sin considerar sinergias ni interacciones entre ellas (Sección 8.4.2.1- Reducción de emisiones, Sección 0 – Indicadores Económicos).

Todos estos resultados son mostrados para los 3 escenarios de penetración de las medidas agresivo, esperado y pasivo).

Existen algunas medidas que además poseen distintas opciones de diseño. Todas estas opciones también son presentadas en las siguientes secciones. Posteriormente, al evaluar los diferentes conjuntos de medidas considerando las sinergias e interacciones que tienen entre ellas, se escoge solo una opción de diseño (ver Sección 8.7.1).

8.4.2.1 Reducción de Emisiones de MP2.5

La siguiente tabla muestra la reducción porcentual de emisiones de cada medida con respecto al total de emisiones de MP2.5 de línea base para un día típico de Julio de las comunas de Temuco y Padre las Casas. Para el escenario agresivo se presenta la reducción porcentual con respecto al año 2022, para el escenario esperado con respecto al año 2025 y para el escenario pasivo con respecto al año 2030.

Las tasas de reducción de emisiones de MP2.5 año a año se presentan en el Anexo 10.4 en donde se presentan tanto las reducciones para un día típico de Julio como con métrica anual para los tres escenarios de penetración evaluados.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-225Reducción % de Emisión de $MP_{2,5}$ vs Emisiones Totales MP2.5 – Escenario Agresivo, Esperado, Pasivo

ID	Medida		Agresivo (año 2022)			Esperado (año 2025)			Pasivo (año 2030)		
			Red. (ton/día)	LB (ton/día)	% Red.	Red. (ton/día)	LB (ton/día)	% Red.	Red. (ton/día)	LB (ton/día)	% Red.
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		11.9	48.2	**24.8%**	11.1	44.9	**24.7%**	4.4	39.2	**11.2%**
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	14.9	48.2	**30.9%**	10.6	44.9	**23.7%**	3.9	39.2	**9.9%**
		Pellets	14.7	48.2	**30.4%**	10.5	44.9	**23.4%**	3.8	39.2	**9.7%**
M3	Recambio de Calefactores		16.3	48.2	**33.9%**	15.8	44.9	**35.1%**	8.5	39.2	**21.7%**
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		15.6	48.2	**32.4%**	12.7	44.9	**28.4%**	7.8	39.2	**19.8%**
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		6.7	48.2	**13.8%**	3.4	44.9	**7.7%**	0.7	39.2	**1.8%**
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		9.3	48.2	**19.2%**	8.7	44.9	**19.3%**	7.6	39.2	**19.4%**
M7	Instalación de filtros catalizadores		2.8	48.2	**5.8%**	2.3	44.9	**5.2%**	1.4	39.2	**3.6%**
M8	Recambio de cocina a leña		4.0	48.2	**8.4%**	3.8	44.9	**8.5%**	1.9	39.2	**4.8%**
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		18.3	48.2	**38.1%**	18.4	44.9	**41.1%**	18.6	39.2	**47.4%**
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.2	48.2	**0.5%**	0.2	44.9	**0.4%**	0.1	39.2	**0.2%**
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	2.9	48.2	**6.1%**	2.6	44.9	**5.8%**	1.1	39.2	**2.8%**
		Zona 5 + Muros	4.3	48.2	**9.0%**	3.8	44.9	**8.5%**	1.6	39.2	**4.1%**
		Zona 6	3.7	48.2	**7.6%**	3.2	44.9	**7.1%**	1.4	39.2	**3.5%**
		Cal. Ener. C	4.7	48.2	**9.7%**	4.1	44.9	**9.1%**	1.7	39.2	**4.4%**
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	4.8	48.2	**9.9%**	4.2	44.9	**9.3%**	1.8	39.2	**4.5%**
		Zona 5 + Muros	6.8	48.2	**14.1%**	5.9	44.9	**13.3%**	2.5	39.2	**6.4%**
		Zona 6	5.8	48.2	**12.0%**	5.1	44.9	**11.3%**	2.1	39.2	**5.5%**
		Cal. Ener. C	7.8	48.2	**16.1%**	6.8	44.9	**15.2%**	2.9	39.2	**7.4%**
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.4	48.2	**0.9%**	0.4	44.9	**0.9%**	0.4	39.2	**1.1%**
		Zona 6	0.2	48.2	**0.5%**	0.2	44.9	**0.5%**	0.2	39.2	**0.6%**
		Zona 7	0.5	48.2	**1.0%**	0.4	44.9	**1.0%**	0.5	39.2	**1.2%**
		Cal. Ener. C	0.6	48.2	**1.2%**	0.6	44.9	**1.2%**	0.6	39.2	**1.5%**
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.3	48.2	**0.7%**	0.3	44.9	**0.7%**	0.3	39.2	**0.9%**
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		1.1	48.2	**2.3%**	0.9	44.9	**2.0%**	1.1	39.2	**2.9%**
M17	No permitir Humos visibles		2.0	48.2	**4.1%**	1.1	44.9	**2.4%**	0.3	39.2	**0.8%**

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

El escenario agresivo de la medida M11 (corresponde a prohibir la utilización de artefactos a leña según tamaño en todas las viviendas), es equivalente a la medida M10 “Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas” por este motivo no se presenta en la tabla anterior.

La reducción asociada a las medidas asociadas a gestión de episodios críticos se presenta en la Sección 8.7.2.

De la tabla anteriormente presentada destacan en particular algunas medidas por su reducción de emisiones como lo son las medidas de secado de leña, utilización de otros combustibles diferentes a la leña, recambio de calefactores, prohibición gradual de calefactores que no cumplen normativa y la prohibición de cocinas a leña que no cumplan normativa. La mayoría de ellas asociadas al parque existente de equipos. Con respecto a las medidas de aislación térmica para viviendas existentes destaca la medida asociada a reacondicionar llegando a las exigencias normadas en la actualidad pero aumentar la exigencia en muros. Lo mismo ocurre para medida M14 la cual genera una mayor reducción comparativa con aumentar a una zonificación térmica superior.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Vale la pena recordar que las metas de reducción de emisiones para cada uno de los escenarios propuestos exigen una reducción de al menos un 60% de las emisiones de línea base y al observar la tabla anterior se puede apreciar que ninguna de las medidas aplicada por si sola consigue la meta de reducción. La tabla siguiente recuerda cuales son estas metas según escenario.

Tabla 8-226 Meta de reducción de concentraciones según escenario

	Año Meta	Concentración LB Año Meta (p98 ug/m3MP$_{2,5}$)	Concentración Meta (p98 ug/m3MP$_{2,5}$)	Reducción (%)
Escenario Agresivo	2022	158.1	49	69.0%
Escenario Esperado	2025	147.3	49	66.7%
Escenario Pasivo	2030	128.6	49	61.9%

Fuente: Elaboración propia

Debido a que la reducción de concentración de MP2.5 que genera cada una de las medidas es lineal a la reducción de emisiones (basta multiplicar por el FEC indicado en la Sección 5.3), no se presentan resultados de reducción de concentraciones de las medidas evaluadas independientemente. La siguiente sección establece los principales indicadores económicos de la evaluación independiente de cada una de las medidas.
En el presente capítulo se presentan los costos de las medidas evaluadas independientemente. Se muestran para cada año, escenario de penetración, tipo de flujo (costo o ahorro) y el agente de la sociedad que incurre en él.

En general los costos son asumidos tanto por los emisores como por el Estado, mientras que los ahorros benefician la mayoría de las veces solo al emisor (población) debido a que provienen de una disminución en el gasto de combustibles.

A continuación, para cada medida, se explica brevemente a qué corresponden los flujos en términos generales y se muestra una tabla que incluye toda la información ya mencionada. Para mayor información sobre los costos de cada medida, ver la sección 8.2

8.4.2.1.1 M1: Utilización de Leña Seca

En esta medida el Estado incurre en costos administrativos, el privado (población) en costos por el aumento en el precio del combustible y a la inversión en xilohigrómetros, y la población en ahorros debido al aumento del poder calorífico de la leña.

Tabla 8-227 Costos de la Utilización de Leña Seca

Escenario	Pasivo	Esperado	Agresivo

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Privado	Población	Estado	Privado	Población	Estado	Privado	Población
2015	898	7,900	-9,414	898	7,900	-9,414	898	22,157	-15,473
2016	898	7,930	-9,449	898	22,241	-15,532	898	49,886	-33,068
2017	465	15,181	-12,555	465	36,380	-21,565	465	63,396	-38,795
2018	465	15,238	-12,602	465	43,471	-30,463	465	63,635	-38,941
2019	465	22,492	-15,709	465	57,198	-36,281	465	63,874	-39,088
2020	465	29,722	-18,805	465	57,412	-36,417	465	64,113	-39,235
2021	465	29,832	-18,875	465	64,352	-39,381	465	64,352	-39,381
2022	465	29,943	-18,945	465	64,590	-39,528	465	64,590	-39,528
2023	465	30,055	-19,017	465	64,833	-39,677			
2024	465	30,172	-19,091	465	65,087	-39,832			
2025	465	30,290	-19,166	465	65,341	-39,988			
2026	465	30,408	-19,241						
2027	465	30,526	-19,316						
2028	465	30,644	-19,391						
2029	465	30,762	-19,467						
2030	465	30,881	-19,542						

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.2 M2: Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción

En esta medida, el Estado incurre en el costo del subsidio de los combustibles, la población asume el costo de inversión en tecnologías que utilicen el combustible seleccionado. Además, existen ahorros para la población debido al aumento en la eficiencia de los equipos utilizados y el poder calorífico de los combustibles subsidiados.

Tabla 8-228 Costo de utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción – Gas Natural (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Privado	Población	Estado	Privado	Población	Estado	Privado	Población
2014	0	0	0	0	0	0	70	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	62,905	3,759	-14,276
2016	0	0	0	65	0	0	139,505	8,649	-32,244
2017	0	0	0	33,908	1,994	-7,620	558,283	41,246	-140,729
2018	0	0	0	56,266	3,077	-12,258	704,975	51,809	-177,114
2019	57	0	0	95,545	5,546	-21,420	756,465	54,667	-188,332
2020	16,222	927	-3,579	296,804	21,105	-73,294	766,901	54,203	-188,819
2021	34,999	2,083	-7,906	419,812	30,332	-104,510	768,639	53,036	-187,011
2022	123,909	8,932	-30,807	491,641	35,418	-122,217	767,431	51,630	-184,425
2023	191,457	14,040	-48,017	530,623	37,857	-131,260	0	0	0
2024	241,203	17,724	-60,540	540,757	37,993	-132,710	0	0	0
2025	276,649	20,239	-69,280	521,427	35,722	-126,362	0	0	0
2026	300,359	21,794	-74,917	0	0	0	0	0	0
2027	314,367	22,564	-77,994	0	0	0	0	0	0
2028	296,906	20,788	-72,759	0	0	0	0	0	0
2029	266,633	17,974	-64,140	0	0	0	0	0	0
2030	236,360	15,161	-55,519	0	0	0	0	0	0

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-229 Costo de utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción – Pellets (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Privado	Población	Estado	Privado	Población	Estado	Privado	Población
2014	0	0	0	0	0	0	70	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	30,774	9,405	-14,276
2016	0	0	0	65	0	0	68,068	21,112	-32,244
2017	0	0	0	16,653	5,034	-7,620	271,848	89,164	-140,729
2018	0	0	0	27,539	8,214	-12,258	343,268	112,404	-177,114
2019	57	0	0	46,551	14,214	-21,420	368,337	119,978	-188,332
2020	8,038	2,375	-3,579	144,538	46,834	-73,294	373,417	120,796	-188,819
2021	17,180	5,215	-7,906	204,427	66,577	-104,510	374,263	120,183	-187,011
2022	60,357	19,632	-30,807	239,399	77,898	-122,217	373,675	119,085	-184,425
2023	93,244	30,510	-48,017	258,378	83,836	-131,260	0	0	0
2024	117,464	38,490	-60,540	263,312	85,092	-132,710	0	0	0
2025	134,721	44,093	-69,280	253,900	81,450	-126,362	0	0	0
2026	146,265	47,745	-74,917	0	0	0	0	0	0
2027	153,085	49,800	-77,994	0	0	0	0	0	0
2028	144,584	46,677	-72,759	0	0	0	0	0	0
2029	129,845	41,445	-64,140	0	0	0	0	0	0
2030	115,106	36,214	-55,519	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.3 M3: Recambio de Equipos a Leña

Aquí, el Estado asume los costos de administración y el copago de los equipos (75% del costo de inversión e instalación), mientras que el emisor (población) incurre en el porcentaje de compra del equipo y en ahorros debido a la mejora en la eficiencia de los equipos.

Tabla 8-230 Costos de recambio de Equipos a Leña (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Emisor	Emisor	Estado	Emisor	Emisor	Estado	Emisor	Emisor
2015	3,172	7,775	-8,251	5,994	19,714	-14,716	8,633	31,911	-20,709
2016	4,298	14,716	-15,560	9,489	40,150	-28,062	14,681	65,765	-40,564
2017	5,154	22,846	-22,913	12,942	61,142	-41,666	20,730	99,619	-60,419
2018	6,011	30,976	-30,266	16,395	82,134	-55,270	26,779	133,473	-80,274
2019	6,867	39,113	-37,619	19,847	103,133	-68,874	32,828	167,334	-100,129
2020	7,723	47,288	-44,972	23,300	124,169	-82,478	38,877	201,232	-119,985
2021	8,580	55,462	-52,325	26,753	145,205	-96,082	44,928	234,838	-139,846
2022	9,436	63,636	-59,678	30,205	166,241	-109,687	44,874	234,071	-139,698
2023	10,293	71,914	-67,149	33,659	186,670	-123,415	0	0	0
2024	11,149	80,483	-74,954	37,112	206,328	-137,471	0	0	0
2025	11,125	80,701	-75,089	37,088	202,998	-135,584	0	0	0

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2026	11,125	80,701	-75,089	0	0	0	0	0	0
2027	11,126	80,289	-75,095	0	0	0	0	0	0
2028	11,126	79,425	-75,095	0	0	0	0	0	0
2029	11,126	78,560	-75,095	0	0	0	0	0	0
2030	11,126	77,642	-75,039	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.4 M4: Prohibición Gradual de Calefactores a Leña en Uso que no Cumplen Norma de Emisión

En esta medida el Estado incurre en costos administrativos, mientras que la población debe realizar la compra de los equipos, aunque al mismo tiempo ahorra en combustible debido a la mejora en el rendimiento de éstos.

Tabla 8-231 Costos de prohibición Gradual de Calefactores a Leña en Uso que no Cumplen Norma de Emisión (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2015	454	0	0	460	0	0	468	0	0
2016	541	9,411	-11,299	547	9,411	-11,299	554	9,411	-11,299
2017	108	8,299	-9,993	114	8,299	-9,993	121	8,299	-9,993
2018	108	7,193	-8,680	114	7,193	-8,680	121	7,193	-8,680
2019	108	6,104	-7,368	114	6,104	-7,368	554	6,104	-7,368
2020	108	5,028	-6,055	114	5,028	-6,055	554	143,769	-158,853
2021	108	3,962	-4,749	114	3,962	-4,749	121	135,548	-149,828
2022	108	2,898	-3,437	547	2,898	-3,437	121	127,327	-140,797
2023	108	1,896	-2,226	547	119,168	-131,867	0	0	0
2024	108	1,088	-1,281	114	111,205	-123,204	0	0	0
2025	108	731	-864	114	103,080	-114,408	0	0	0
2026	108	731	-864	0	0	0	0	0	0
2027	108	731	-864	0	0	0	0	0	0
2028	108	731	-864	0	0	0	0	0	0
2029	541	731	-864	0	0	0	0	0	0
2030	541	61,791	-69,866	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.5 M5: Prohibición de uso de Calefactores a Leña Según Tamaño de Vivienda (existentes)

Aquí, el Estado debe incurrir en costos de administración, mientras que la población lo hace en la compra de equipos de reemplazo aunque ahorra en combustible.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-232 Costos de prohibición de uso de Calefactores a Leña Según Tamaño de Vivienda (existentes) (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	0	0	0	0	0	0	465	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	551	265,070	-79,242
2016	0	0	0	462	0	0	118	253,921	-75,853
2017	0	0	0	549	153,732	-45,911	118	242,689	-72,472
2018	0	0	0	116	146,660	-43,769	118	231,457	-69,084
2019	459	0	0	116	139,589	-41,626	118	220,309	-65,702
2020	545	48,807	-14,566	116	132,517	-39,496	118	208,980	-62,314
2021	112	46,228	-13,774	116	125,445	-37,353	118	197,826	-58,925
2022	112	43,648	-12,989	116	118,367	-35,210	118	186,588	-55,537
2023	112	41,069	-12,197	116	111,295	-33,074	0	0	0
2024	112	38,407	-11,412	116	104,223	-30,951	0	0	0
2025	112	35,578	-10,564	116	96,569	-28,640	0	0	0
2026	112	32,583	-9,653	0	0	0	0	0	0
2027	112	29,588	-8,749	0	0	0	0	0	0
2028	112	26,593	-7,844	0	0	0	0	0	0
2029	112	23,598	-6,940	0	0	0	0	0	0
2030	112	20,603	-6,036	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.6 M6: Prohibir la tenencia de más de un artefacto a leña por vivienda

El Estado en esta medida incurre sólo en gastos administrativos. La población por su parte debe costear la compra de artefactos nuevos de otras tecnologías que no usan leña, pero al mismo tiempo ahorra en gastos de combustible al mejorar el rendimiento.

Tabla 8-233 Costos de Prohibición de uso de Calefactores a Leña Según Tamaño de Vivienda (existentes) (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	0	0	0	0	0	0	465	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	551	292,563	-105,004
2016	0	0	0	462	0	0	118	286,622	-103,201
2017	0	0	0	549	280,680	-101,397	118	280,680	-101,397
2018	0	0	0	116	274,739	-99,594	118	274,739	-99,594
2019	459	0	0	116	268,784	-97,790	118	268,784	-97,790
2020	545	262,767	-95,987	116	262,767	-95,987	118	262,767	-95,987
2021	112	256,750	-94,183	116	256,750	-94,183	118	256,750	-94,183
2022	112	250,733	-92,380	116	250,733	-92,380	118	250,733	-92,380
2023	112	244,789	-90,601	116	244,789	-90,601	0	0	0
2024	112	239,053	-88,891	116	239,053	-88,891	0	0	0
2025	112	233,315	-87,179	116	233,315	-87,179	0	0	0
2026	112	227,575	-85,467	0	0	0	0	0	0

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2027	112	221,836	-83,755	0	0	0	0	0	0
2028	112	216,096	-82,042	0	0	0	0	0	0
2029	112	210,357	-80,330	0	0	0	0	0	0
2030	112	204,617	-78,618	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.7 M7: Instalación de filtros catalizadores en calefactores

En esta medida el Estado incurre tanto en gastos de administración como en la compra de los filtros. Por otra parte, el emisor (la población), ahorra debido a que la eficiencia de los equipos aumenta al instalarle el filtro.

Tabla 8-234 Costos de instalación de filtros catalizadores en calefactores (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Emisor	Emisor	Estado	Emisor	Emisor	Estado	Emisor	Emisor
2014	45	0	0	57	0	0	70	0	0
2015	607	6,819	-7,501	654	12,502	-13,752	712	18,185	-20,003
2016	607	13,639	-15,003	654	25,004	-27,505	712	36,370	-40,007
2017	607	20,458	-22,504	654	37,506	-41,257	712	54,555	-60,010
2018	607	27,277	-30,005	654	50,008	-55,009	4,134	72,739	-80,013
2019	607	34,097	-37,506	654	62,510	-68,762	15,831	84,805	-93,285
2020	607	40,916	-45,008	10,811	75,013	-82,514	15,831	80,728	-88,801
2021	607	47,735	-52,509	15,774	76,652	-84,317	15,831	76,652	-84,317
2022	2,815	54,555	-60,010	15,774	72,576	-79,833	15,831	72,576	-79,833
2023	9,853	61,374	-67,511	15,774	68,499	-75,349	0	0	0
2024	15,726	64,423	-70,865	15,774	64,423	-70,865	0	0	0
2025	15,726	59,996	-65,996	15,774	59,996	-65,996	0	0	0
2026	15,726	55,291	-60,820	0	0	0	0	0	0
2027	15,726	50,586	-55,644	0	0	0	0	0	0
2028	15,726	45,880	-50,468	0	0	0	0	0	0
2029	15,726	41,175	-45,293	0	0	0	0	0	0
2030	15,726	36,470	-40,117	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.8 M8: Recambio de Cocinas a Leña

Aquí el Estado tiene gastos administrativos y además debe pagar un 75% del precio de compra de los equipos que se entregan en el programa. A su vez, el emisor debe pagar el 25% restante, pero a su vez ahorra en consumo de combustible debido al mejor rendimiento que le entrega el equipo nuevo.

Tabla 8-235 Costos de recambio de Cocinas a Leña (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Emisor	Emisor	Estado	Emisor	Emisor	Estado	Emisor	Emisor
2014	23	0	0	28	0	0	35	0	0

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2015	585	6,913	-2,108	1,002	14,751	-4,217	1,418	22,606	-6,325
2016	714	13,818	-4,214	1,543	29,495	-8,431	2,367	45,142	-12,645
2017	843	20,719	-6,320	2,080	44,198	-12,638	3,319	67,682	-18,958
2018	971	27,602	-8,421	2,618	58,888	-16,843	4,271	90,196	-25,264
2019	1,101	34,485	-10,520	3,162	73,593	-21,043	5,221	112,679	-31,563
2020	1,230	41,360	-12,619	3,699	88,247	-25,238	6,173	135,147	-37,857
2021	1,359	48,206	-14,715	4,240	102,903	-29,428	7,119	157,546	-44,143
2022	1,488	55,080	-16,807	4,778	117,529	-33,616	7,123	157,515	-44,120
2023	1,617	61,934	-18,899	5,319	132,157	-37,799	0	0	0
2024	1,746	68,786	-20,988	5,859	146,758	-41,978	0	0	0
2025	1,746	68,740	-20,978	5,856	146,668	-41,957	0	0	0
2026	1,746	68,702	-20,966	0	0	0	0	0	0
2027	1,746	68,668	-20,957	0	0	0	0	0	0
2028	1,746	68,634	-20,947	0	0	0	0	0	0
2029	1,746	68,586	-20,935	0	0	0	0	0	0
2030	1,746	68,556	-20,926	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.9 M9: Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y Padre Las Casas

En esta medida el Estado solo tiene gastos administrativos. La población incurre en el costo de compra de cocinas nuevas, pero ahorrando a su vez en combustibles debido al mejor rendimiento de éstas.

Tabla 8-236 Costos de prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y Padre Las Casas (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2019	0	0	0	0	0	0	495	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	712	561,151	-213,479
2021	0	0	0	0	0	0	279	561,940	-213,783
2022	0	0	0	495	0	0	149	562,733	-214,094
2023	0	0	0	712	563,503	-214,399	0	0	0
2024	0	0	0	279	564,292	-214,709	0	0	0
2025	0	0	0	149	565,075	-215,020	0	0	0
2029	551	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	767	568,989	-216,561	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.10 M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño

En esta medida el Estado solo tiene gastos administrativos. La población incurre en el costo de compra de artefactos nuevos (solo en el diferencial con respecto a un artefacto a

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

leña que cumple la norma), pero ahorrando a su vez en combustibles debido al mejor rendimiento de éstas.

El resultado del escenario agresivo corresponde también a los costos de la medida M10 (la cual no se diferencia según escenarios de penetración).

Tabla 8-237 Costos de prohibir el uso de calefactores en viviendas nuevas (según tamaño) (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	0	0	0	0	0	0	286	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	373	12,226	-2,743
2016	0	0	0	281	0	0	157	24,452	-5,487
2017	0	0	0	368	7,068	-1,586	157	36,678	-8,230
2018	0	0	0	151	14,136	-3,172	157	48,904	-10,973
2019	273	0	0	151	21,204	-4,758	157	61,130	-13,717
2020	360	2,483	-557	151	28,272	-6,344	157	73,356	-16,460
2021	143	4,967	-1,114	151	35,341	-7,930	157	85,581	-19,204
2022	143	7,450	-1,672	151	42,409	-9,516	157	97,807	-21,947
2023	143	10,061	-2,258	151	49,840	-11,184	0	0	0
2024	143	13,032	-2,924	151	58,295	-13,081	0	0	0
2025	143	15,731	-3,530	151	65,977	-14,805	0	0	0
2026	143	18,214	-4,087	0	0	0	0	0	0
2027	143	20,698	-4,644	0	0	0	0	0	0
2028	143	23,181	-5,202	0	0	0	0	0	0
2029	143	25,665	-5,759	0	0	0	0	0	0
2030	143	28,148	-6,316	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.11 M12: Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF

El Estado incurre en costos de subsidio, cubriendo el 100% de la inversión, además de los costos de administración. De esta manera, la población solo percibe ahorros por el ahorro de combustible al tener una menor demanda de calor en los hogares.

Tabla 8-238 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Zona 5 (UF / Año)

Escenario	Pasivo		Esperado		Agresivo	
Año	Costo	Ahorro	Costo	Ahorro	Costo	Ahorro
	Estado	Población	Estado	Población	Estado	Población
2015	17,698	-9,448	34,963	-18,897	52,229	-28,345
2016	34,963	-18,881	69,494	-37,762	104,025	-56,642
2017	52,229	-28,297	104,025	-56,594	155,820	-84,890
2018	69,494	-37,697	138,555	-75,393	207,616	-113,090
2019	86,759	-47,080	173,086	-94,160	259,412	-141,241
2020	104,025	-56,448	207,616	-112,895	311,208	-169,343
2021	121,290	-65,799	242,147	-131,597	363,004	-197,396
2022	138,555	-75,134	276,677	-150,267	363,004	-197,226

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2023	155,820	-84,456	311,208	-168,912	0	0
2024	173,086	-93,774	345,739	-187,547	0	0
2025	173,086	-93,702	345,739	-187,404	0	0
2026	173,086	-93,625	0	0	0	0
2027	173,086	-93,549	0	0	0	0
2028	173,086	-93,473	0	0	0	0
2029	173,086	-93,396	0	0	0	0
2030	173,086	-93,320	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-239 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Zona 5 + Muros (UF / Año)

Escenario	**Pasivo**		**Esperado**		**Agresivo**	
Año	**Costo**	**Ahorro**	**Costo**	**Ahorro**	**Costo**	**Ahorro**
	Estado	**Población**	**Estado**	**Población**	**Estado**	**Población**
2015	18,132	-13,893	36,264	-27,785	54,395	-41,678
2016	36,264	-27,761	72,527	-55,523	108,791	-83,284
2017	54,395	-41,606	108,791	-83,213	163,186	-124,819
2018	72,527	-55,427	145,055	-110,855	217,582	-166,282
2019	90,659	-69,225	181,318	-138,449	271,977	-207,674
2020	108,791	-82,998	217,582	-165,996	326,373	-248,994
2021	126,923	-96,748	253,846	-193,495	380,768	-290,243
2022	145,055	-110,473	290,109	-220,946	380,768	-289,992
2023	163,186	-124,180	326,373	-248,360	0	0
2024	181,318	-137,881	362,637	-275,761	0	0
2025	181,318	-137,775	362,637	-275,550	0	0
2026	181,318	-137,663	0	0	0	0
2027	181,318	-137,551	0	0	0	0
2028	181,318	-137,438	0	0	0	0
2029	181,318	-137,326	0	0	0	0
2030	181,318	-137,214	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-240 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Zona 6 (UF / Año)

Escenario	**Pasivo**		**Esperado**		**Agresivo**	
Año	**Costo**	**Ahorro**	**Costo**	**Ahorro**	**Costo**	**Ahorro**
	Estado	**Población**	**Estado**	**Población**	**Estado**	**Población**
2015	31,167	-11,704	62,333	-23,409	93,500	-35,113
2016	62,333	-23,388	124,666	-46,777	187,000	-70,165
2017	93,500	-35,052	187,000	-70,105	280,499	-105,157
2018	124,666	-46,696	249,333	-93,393	373,999	-140,089
2019	155,833	-58,320	311,666	-116,640	467,499	-174,961
2020	187,000	-69,924	373,999	-139,848	560,999	-209,772
2021	218,166	-81,508	436,332	-163,015	654,498	-244,523
2022	249,333	-93,071	498,665	-186,142	654,498	-244,312
2023	280,499	-104,619	560,999	-209,238	0	0
2024	311,666	-116,161	623,332	-232,323	0	0

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2025	311,666	-116,072	623,332	-232,145	0	0
2026	311,666	-115,978	0	0	0	0
2027	311,666	-115,883	0	0	0	0
2028	311,666	-115,789	0	0	0	0
2029	311,666	-115,694	0	0	0	0
2030	311,666	-115,600	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-241 Costo de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF - Calificación Energética C (UF / Año)

Escenario	Pasivo		Esperado		Agresivo	
Año	Costo Estado	Ahorro Población	Costo Estado	Ahorro Población	Costo Estado	Ahorro Población
2015	31,599	-14,935	62,766	-29,871	93,933	-44,806
2016	62,766	-29,845	125,099	-59,690	187,432	-89,536
2017	93,933	-44,729	187,432	-89,459	280,932	-134,188
2018	125,099	-59,588	249,766	-119,175	374,432	-178,763
2019	156,266	-74,421	312,099	-148,841	467,932	-223,262
2020	187,432	-89,228	374,432	-178,455	561,431	-267,683
2021	218,599	-104,009	436,765	-208,018	654,931	-312,028
2022	249,766	-118,765	499,098	-237,530	654,931	-311,758
2023	280,932	-133,501	561,431	-267,002	0	0
2024	312,099	-148,230	623,765	-296,460	0	0
2025	312,099	-148,116	623,765	-296,233	0	0
2026	312,099	-147,996	0	0	0	0
2027	312,099	-147,875	0	0	0	0
2028	312,099	-147,754	0	0	0	0
2029	312,099	-147,633	0	0	0	0
2030	312,099	-147,513	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.12 M13: Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF

El Estado incurre en costos de subsidio, cubriendo el 30% de la inversión, aparte de los costos administrativos. De esta manera, la población debe pagar el 70% restante, aunque además percibe ahorros por el ahorro de combustible al tener una menor demanda de calor en los hogares.

Tabla 8-242 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Zona 5 (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	45	0	0	57	0	0	70	0	0
2015	9,047	19,993	-15,226	17,626	39,985	-30,452	26,208	59,978	-45,678
2016	17,615	39,985	-30,426	34,763	79,971	-60,852	51,913	119,956	-91,278

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2017	26,183	59,978	-45,600	51,900	119,956	-91,200	77,618	179,935	-136,800
2018	34,752	79,971	-60,748	69,036	159,942	-121,495	103,323	239,913	-182,243
2019	43,320	99,964	-75,869	86,173	199,927	-151,738	129,028	299,891	-227,608
2020	51,888	119,956	-90,965	103,309	239,913	-181,929	154,733	359,869	-272,894
2021	60,457	139,949	-106,034	120,446	279,898	-212,068	180,437	419,847	-318,101
2022	69,025	159,942	-121,077	137,583	319,884	-242,154	180,437	419,847	-317,827
2023	77,593	179,935	-136,100	154,719	359,869	-272,199	0	0	0
2024	86,161	199,927	-151,115	171,856	399,855	-302,230	0	0	0
2025	86,161	199,927	-150,999	171,856	399,855	-301,999	0	0	0
2026	86,161	199,927	-150,876	0	0	0	0	0	0
2027	86,161	199,927	-150,753	0	0	0	0	0	0
2028	86,161	199,927	-150,630	0	0	0	0	0	0
2029	86,161	199,927	-150,507	0	0	0	0	0	0
2030	86,161	199,927	-150,384	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-243 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Zona 5 + Muros (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2015	8,525	19,891	-21,715	17,050	39,782	-43,430	25,574	59,673	-65,145
2016	17,050	39,782	-43,393	34,099	79,565	-86,786	51,149	119,347	-130,179
2017	25,574	59,673	-65,034	51,149	119,347	-130,067	76,723	179,020	-195,101
2018	34,099	79,565	-86,637	68,198	159,129	-173,274	102,297	238,694	-259,911
2019	42,624	99,456	-108,203	85,248	198,912	-216,406	127,872	298,367	-324,609
2020	51,149	119,347	-129,732	102,297	238,694	-259,463	153,446	358,041	-389,195
2021	59,673	139,238	-151,223	119,347	278,476	-302,446	179,020	417,714	-453,669
2022	68,198	159,129	-172,677	136,396	318,258	-345,354	179,020	417,714	-453,277
2023	76,723	179,020	-194,102	153,446	358,041	-388,204	0	0	0
2024	85,248	198,912	-215,517	170,496	397,823	-431,034	0	0	0
2025	85,248	198,912	-215,352	170,496	397,823	-430,704	0	0	0
2026	85,248	198,912	-215,176	0	0	0	0	0	0
2027	85,248	198,912	-215,001	0	0	0	0	0	0
2028	85,248	198,912	-214,825	0	0	0	0	0	0
2029	85,248	198,912	-214,650	0	0	0	0	0	0
2030	85,248	198,912	-214,474	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-244 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Zona 6 (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	45	0	0	57	0	0	70	0	0
2015	15,631	35,355	-18,502	30,794	70,710	-37,005	45,960	106,066	-55,507
2016	30,783	70,710	-36,973	61,099	141,421	-73,946	91,416	212,131	-110,919
2017	45,935	106,066	-55,412	91,403	212,131	-110,823	136,873	318,197	-166,235
2018	61,087	141,421	-73,819	121,708	282,842	-147,637	182,330	424,263	-221,456

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2019	76,239	176,776	-92,194	152,012	353,552	-184,388	227,786	530,328	-276,582
2020	91,392	212,131	-110,537	182,316	424,263	-221,075	273,243	636,394	-331,612
2021	106,544	247,487	-128,849	212,621	494,973	-257,698	318,700	742,460	-386,547
2022	121,696	282,842	-147,129	242,925	565,683	-294,258	318,700	742,460	-386,213
2023	136,848	318,197	-165,384	273,230	636,394	-330,768	0	0	0
2024	152,001	353,552	-183,630	303,534	707,104	-367,261	0	0	0
2025	152,001	353,552	-183,490	303,534	707,104	-366,980	0	0	0
2026	152,001	353,552	-183,340	0	0	0	0	0	0
2027	152,001	353,552	-183,191	0	0	0	0	0	0
2028	152,001	353,552	-183,041	0	0	0	0	0	0
2029	152,001	353,552	-182,892	0	0	0	0	0	0
2030	152,001	353,552	-182,742	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-245 Costos de Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF – Calificación Energética C (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	45	0	0	57	0	0	70	0	0
2015	15,631	35,355	-24,920	30,794	70,710	-49,840	45,960	106,066	-74,759
2016	30,783	70,710	-49,797	61,099	141,421	-99,593	91,416	212,131	-149,390
2017	45,935	106,066	-74,631	91,403	212,131	-149,262	136,873	318,197	-223,893
2018	61,087	141,421	-99,422	121,708	282,842	-198,845	182,330	424,263	-298,267
2019	76,239	176,776	-124,171	152,012	353,552	-248,342	227,786	530,328	-372,513
2020	91,392	212,131	-148,877	182,316	424,263	-297,753	273,243	636,394	-446,630
2021	106,544	247,487	-173,540	212,621	494,973	-347,079	318,700	742,460	-520,619
2022	121,696	282,842	-198,160	242,925	565,683	-396,320	318,700	742,460	-520,169
2023	136,848	318,197	-222,746	273,230	636,394	-445,493	0	0	0
2024	152,001	353,552	-247,322	303,534	707,104	-494,643	0	0	0
2025	152,001	353,552	-247,132	303,534	707,104	-494,265	0	0	0
2026	152,001	353,552	-246,931	0	0	0	0	0	0
2027	152,001	353,552	-246,730	0	0	0	0	0	0
2028	152,001	353,552	-246,528	0	0	0	0	0	0
2029	152,001	353,552	-246,327	0	0	0	0	0	0
2030	152,001	353,552	-246,125	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.13 M14: Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas

En este caso el Estado solo incurre en costos de administración, mientras que la población paga el costo incremental de la inversión, pero a la vez ahorra en combustible debido a la disminución en la demanda de calor.

Tabla 8-246 - Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Zona 5 + Muros (UF / Año)

Escenario	Pasivo		Esperado		Agresivo	
Año	Costo	Ahorro	Costo	Ahorro	Costo	Ahorro
	Población	Población	Población	Población	Población	Población

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2015	0	0	0	0	3,634	-6,711
2016	0	0	0	0	7,269	-13,629
2017	0	0	3,634	-6,896	10,903	-20,687
2018	0	0	7,269	-13,921	14,538	-27,841
2019	0	0	10,903	-21,040	18,172	-35,066
2020	3,634	-7,057	14,538	-28,230	21,807	-42,344
2021	7,269	-14,189	18,172	-35,474	25,441	-49,663
2022	10,903	-21,380	21,807	-42,760	29,076	-57,014
2023	14,538	-28,613	25,441	-50,072	0	0
2024	18,172	-35,865	29,076	-57,383	0	0
2025	21,807	-43,156	32,710	-64,735	0	0
2026	25,441	-50,485	0	0	0	0
2027	29,076	-57,837	0	0	0	0
2028	32,710	-65,207	0	0	0	0
2029	36,344	-72,594	0	0	0	0
2030	39,979	-79,995	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-247 Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Zona 6 (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	0	0	0	0	0	0	248	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	248	3,029	-3,646
2016	0	0	0	246	0	0	32	6,058	-7,406
2017	0	0	0	246	3,029	-3,747	32	9,087	-11,240
2018	0	0	0	29	6,058	-7,564	32	12,116	-15,128
2019	242	0	0	29	9,087	-11,432	32	15,145	-19,054
2020	242	3,029	-3,835	29	12,116	-15,339	32	18,173	-23,008
2021	26	6,058	-7,710	29	15,145	-19,275	32	21,202	-26,985
2022	26	9,087	-11,617	29	18,173	-23,234	32	24,231	-30,979
2023	26	12,116	-15,547	29	21,202	-27,207	0	0	0
2024	26	15,145	-19,487	29	24,231	-31,180	0	0	0
2025	26	18,173	-23,449	29	27,260	-35,174	0	0	0
2026	26	21,202	-27,431	0	0	0	0	0	0
2027	26	24,231	-31,426	0	0	0	0	0	0
2028	26	27,260	-35,431	0	0	0	0	0	0
2029	26	30,289	-39,444	0	0	0	0	0	0
2030	26	33,318	-43,466	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-248 Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Zona 7 (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2014	0	0	0	0	0	0	248	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	248	4,008	-7,102
2016	0	0	0	246	0	0	32	8,016	-14,424
2017	0	0	0	246	4,008	-7,297	32	12,023	-21,892
2018	0	0	0	29	8,016	-14,732	32	16,031	-29,464
2019	242	0	0	29	12,023	-22,266	32	20,039	-37,110
2020	242	4,008	-7,469	29	16,031	-29,874	32	24,047	-44,812
2021	26	8,016	-15,016	29	20,039	-37,541	32	28,055	-52,557
2022	26	12,023	-22,626	29	24,047	-45,252	32	32,063	-60,336
2023	26	16,031	-30,280	29	28,055	-52,990	0	0	0
2024	26	20,039	-37,954	29	32,063	-60,727	0	0	0
2025	26	24,047	-45,671	29	36,070	-68,506	0	0	0
2026	26	28,055	-53,427	0	0	0	0	0	0
2027	26	32,063	-61,206	0	0	0	0	0	0
2028	26	36,070	-69,006	0	0	0	0	0	0
2029	26	40,078	-76,824	0	0	0	0	0	0
2030	26	44,086	-84,656	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-249 Costos de aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas – Calificación energética C (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	0	0	0	0	0	0	248	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	248	3,029	-8,805
2016	0	0	0	246	0	0	32	6,058	-17,884
2017	0	0	0	246	3,029	-9,048	32	9,087	-27,144
2018	0	0	0	29	6,058	-18,266	32	12,116	-36,532
2019	242	0	0	29	9,087	-27,607	32	15,145	-46,012
2020	242	3,029	-9,260	29	12,116	-37,041	32	18,173	-55,562
2021	26	6,058	-18,619	29	15,145	-46,546	32	21,202	-65,165
2022	26	9,087	-28,054	29	18,173	-56,108	32	24,231	-74,810
2023	26	12,116	-37,544	29	21,202	-65,702	0	0	0
2024	26	15,145	-47,059	29	24,231	-75,295	0	0	0
2025	26	18,173	-56,627	29	27,260	-84,940	0	0	0
2026	26	21,202	-66,243	0	0	0	0	0	0
2027	26	24,231	-75,889	0	0	0	0	0	0
2028	26	27,260	-85,560	0	0	0	0	0	0
2029	26	30,289	-95,253	0	0	0	0	0	0
2030	26	33,318	-104,964	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.14 M15: Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora) en viviendas nuevas

En esta medida el Estado solo tiene gastos administrativos, mientras que la población

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

debe pagar la inversión. Además existen ahorros en el gasto de combustibles por parte de la población debido a la disminución en la demanda de calor.

Tabla 8-250 Costo de establecer una obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH (cambios de aire por hora) en viviendas nuevas (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	0	0	0	0	0	0	286	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	286	143	-5,159
2016	0	0	0	281	0	0	70	287	-10,478
2017	0	0	0	281	143	-5,301	70	430	-15,904
2018	0	0	0	65	287	-10,702	70	573	-21,404
2019	273	0	0	65	430	-16,175	70	717	-26,958
2020	273	143	-5,426	65	573	-21,702	70	860	-32,554
2021	57	287	-10,909	65	717	-27,271	70	1,004	-38,180
2022	57	430	-16,437	65	860	-32,873	70	1,147	-43,831
2023	57	573	-21,997	65	1,004	-38,495	0	0	0
2024	57	717	-27,572	65	1,147	-44,115	0	0	0
2025	57	860	-33,178	65	1,290	-49,767	0	0	0
2026	57	1,004	-38,812	0	0	0	0	0	0
2027	57	1,147	-44,464	0	0	0	0	0	0
2028	57	1,290	-50,130	0	0	0	0	0	0
2029	57	1,434	-55,809	0	0	0	0	0	0
2030	57	1,577	-61,499	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.15 M16: Establecer un límite de emisión unitario en kg/año para cada vivienda nueva construida en la ciudad

En este caso el Estado incurre en costos de administración, mientras que la población lo hace en la inversión de las medidas. Además, la población ahorra en costos de combustible, ya sea por una mejor aislación o por una mejora en el rendimiento de los equipos.

Tabla 8-251 Costos de establecer un límite de emisión unitario en kg/año para cada vivienda nueva construida en la ciudad (UF / Año)

Escenario	Pasivo			Esperado			Agresivo		
Año	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro	Costo		Ahorro
	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población	Estado	Población	Población
2014	478	0	0	490	0	0	503	0	0
2015	565	1,393	-11,685	576	2,601	-12,182	589	9,102	-18,242
2016	132	2,787	-23,732	143	5,119	-24,613	157	17,626	-36,496
2017	132	4,180	-36,020	143	7,581	-37,210	157	25,765	-54,758
2018	132	5,573	-48,478	143	10,004	-49,923	157	33,635	-73,026
2019	132	6,967	-61,058	143	12,399	-62,721	157	41,308	-91,298

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2020	132	8,360	-73,731	143	14,772	-75,582	157	48,834	-109,573
2021	132	9,753	-86,474	143	17,129	-88,492	157	56,248	-127,851
2022	132	11,146	-99,273	143	19,473	-101,440	157	63,572	-146,130
2023	132	12,540	-112,097	143	21,854	-114,448	0	0	0
2024	132	13,933	-124,895	143	24,353	-127,556	0	0	0
2025	132	15,326	-137,765	143	26,746	-140,620	0	0	0
2026	132	16,720	-150,695	0	0	0	0	0	0
2027	132	18,113	-163,647	0	0	0	0	0	0
2028	132	19,506	-176,617	0	0	0	0	0	0
2029	132	20,900	-189,602	0	0	0	0	0	0
2030	132	22,293	-202,601	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.16 M17: No permitir humos visibles

Esta medida solo genera costos para el Estado por conceptos administrativos.

Tabla 8-252 Costos de no permitir humos visibles (UF / Año)

Escenario	Pasivo	Esperado	Agresivo
Año	Costo Estado	Costo Estado	Costo Estado
2014	454	459	465
2015	1,276	1,293	1,314
2016	843	860	881
2017	843	860	881
2018	843	860	881
2019	843	860	881
2020	843	860	881
2021	843	860	881
2022	843	860	881
2023	843	860	0
2024	843	860	0
2025	843	860	0
2026	843	0	0
2027	843	0	0
2028	843	0	0
2029	843	0	0
2030	843	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.1.17 M19: Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio crítico de contaminación

En esta medida no se presentan costos anuales, debido a que el análisis es sólo diario.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.4.2.1.18 M20: Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio.

Ídem medida M19.

8.4.2.1.19 M21: Ampliar el periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo

El Estado solo incurre en costos administrativos, mientras que el privado (emisor) debe pagar el costo del manejo de rastrojos.

Tabla 8-253 Costos de ampliar el periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo (UF / Año)

Escenario	Pasivo		Esperado		Agresivo	
Año	Costo		Costo		Costo	
	Estado	Población	Estado	Población	Estado	Población
2014	87	0	87	0	87	0
2015	130	3,568	130	3,568	130	3,568
2016	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2017	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2018	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2019	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2020	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2021	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2022	43	3,568	43	3,568	43	3,568
2023	43	3,568	43	3,568	0	0
2024	43	3,568	43	3,568	0	0
2025	43	3,568	43	3,568	0	0
2026	43	3,568	0	0	0	0
2027	43	3,568	0	0	0	0
2028	43	3,568	0	0	0	0
2029	43	3,568	0	0	0	0
2030	43	3,568	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

8.4.2.2 Indicadores Económicos

Para terminar con la evaluación de cada una de las medidas de forma independiente se presentan tablas resumen de indicadores económicos para cada medida evaluada.

Para el escenario agresivo, el valor presente de los costos, ahorros y beneficios es calculado para el periodo comprendido entre el 2015 y 2022, para el escenario esperado es calculado para el periodo 2015 - 2025 mientras que para el escenario pasivo el valor

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

presente es calculado entre el periodo 2015 – 2030.

Las tablas siguientes también presentan la reducción de concentración de MP2.5 asociada a cada una de las medidas al año final de evaluación (agresivo: 2022, esperado: 2025, pasivo: 2030). A su vez, también se presenta la reducción de toneladas de MP2.5 promedio para cada periodo de evaluación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-254 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Agresivo–Periodo 2015 - 2022

ID	Medida		Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		11.6	39.2	310,490	-191,620	-3,077,172	-2,958,302	10.5
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	12.6	48.8	3,153,220	-724,938	-898,716	-3,326,998	1.3
		Pellets	12.4	48.1	1,898,085	-724,938	-2,113,813	-3,286,959	2.1
M3	Recambio de Calefactores		10.0	53.5	905,787	-453,909	-2,625,098	-2,173,220	3.3
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		6.6	51.2	266,183	-294,405	-1,707,613	-1,735,835	7.5
M5	Prohibición uso de calefactores a leña según tamaño viv. (exis).		8.1	21.8	1,268,555	-378,154	-2,167,469	-1,277,068	2.0
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		10.0	30.4	1,513,123	-548,480	-2,678,744	-1,714,101	2.1
M7	Instalación de filtros catalizadores		2.4	9.2	372,410	-361,974	-632,358	-621,922	2.7
M8	Recambio de cocina a leña		2.5	13.2	533,958	-142,811	-660,161	-269,013	1.5
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma		6.9	60.2	999,936	-380,027	-1,769,577	-1,149,667	2.1
M11 *	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.1	0.8	284,768	-63,607	-35,011	186,150	0.3
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	2.0	9.7	1,174,390	-638,973	17,727	-517,690	1.0
		Zona 5 + Muros	2.9	14.2	1,230,820	-939,518	-469,846	-761,147	1.4
		Zona 6	2.4	12.0	2,115,641	-791,523	682,869	-641,249	0.7
		Cal. Ener. C	3.1	15.3	2,118,034	-1,010,037	289,719	-818,277	0.9
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	3.2	15.6	1,941,614	-1,029,698	76,908	-835,008	1.0
		Zona 5 + Muros	4.5	22.2	1,928,922	-1,468,531	-730,375	-1,190,766	1.4
		Zona 6	3.8	19.0	3,431,374	-1,251,257	1,165,529	-1,014,588	0.7
		Cal. Ener. C	5.2	25.5	3,431,374	-1,685,249	379,632	-1,366,492	0.9
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.3	1.5	84,267	-162,636	-155,104	-76,734	2.8
		Zona 6	0.2	0.8	70,806	-88,369	-59,223	-41,660	1.8
		Zona 7	0.3	1.5	93,502	-172,112	-159,822	-81,212	2.7
		Cal. Ener. C	0.4	1.9	70,806	-213,401	-243,193	-100,598	4.4
M15	Establecer obligación nivel de hermeticidad igual a 1ACH (viv. nueva)		0.2	1.1	4,147	-125,031	-58,943	-179,827	44.4
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.7	3.7	193,147	-423,363	-191,524	-421,740	3.2

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M17	No permitir Humos visibles	2.3	6.4	5,644	0	-626,762	-621,117	111
M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas (marzo)	No aplica	No aplica	20,106	0	-113,307	-93,201	5.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-255 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Esperado – Periodo 2015 - 2025

ID	Medida		Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		9.7	36.4	331,404	-209,600	-3,434,407	-3,312,604	11.0
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	5.9	34.9	1,744,454	-399,014	-2,050,061	-704,621	1.4
		Pellets	5.8	34.5	1,050,171	-399,014	-2,024,802	-1,373,645	2.3
M3	Recambio de Calefactores		9.2	51.5	921,122	-517,253	-3,230,662	-2,826,793	4.1
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		4.1	41.7	198,178	-220,298	-1,409,878	-1,431,999	8.2
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de viv. (exis)		3.7	11.3	691,605	-205,629	-1,305,093	-819,117	2.2
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		7.8	28.4	1,397,474	-511,348	-2,755,256	-1,869,130	2.3
M7	Instalación de filtros catalizadores		2.1	7.6	415,320	-400,780	-750,702	-736,163	2.8
M8	Recambio de cocina a leña		2.2	12.5	576,002	-157,999	-788,836	-370,833	1.6
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		5.0	60.5	843,072	-320,456	-1,699,149	-1,176,534	2.4
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.1	0.5	179,044	-39,907	-24,623	114,515	0.4
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	1.7	8.5	1,300,863	-706,519	-591,284	3,060	1.0
		Zona 5 + Muros	2.5	12.5	1,362,962	-1,038,834	-869,351	-545,223	1.4
		Zona 6	2.1	10.5	2,342,780	-875,195	-732,409	735,176	0.7
		Cal. Ener. C	2.7	13.4	2,345,819	-1,116,807	-934,603	294,408	0.9
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de	Zona 5	2.7	13.7	2,150,410	-1,138,546	-953,713	58,151	1.0
		Zona 5 + Muros	3.9	19.5	2,136,014	-1,623,769	-1,360,044	-847,799	1.4

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida		Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
	más de 650 UF	Zona 6	3.3	16.6	3,800,113	-1,383,527	-1,158,821	1,257,765	0.7
		Cal. Ener. C	4.4	22.4	3,800,113	-1,863,396	-1,560,752	375,965	0.9
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.2	1.4	90,333	-176,790	-78,491	-164,948	2.8
		Zona 6	0.1	0.8	75,798	-96,060	-42,614	-62,876	1.8
		Zona 7	0.2	1.5	100,128	-187,091	-83,072	-170,035	2.7
		Cal. Ener. C	0.3	1.8	75,798	-231,972	-102,901	-259,076	4.4
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.2	1.1	4,296	-135,912	-60,293	-191,909	45.7
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.6	3.0	95,443	-480,487	-213,716	-598,760	7.3
M17	No permitir Humos visibles		1.4	3.5	6,807	0	-524,387	-517,580	77.0
M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas (marzo)		No aplica	No aplica	25,496	0	-152,444	-126,948	6.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8-256 Resumen de Indicadores Económicos Medidas Evaluadas de manera independiente – Escenario Pasivo – Periodo 2015 – 2030

ID	Medida		Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		4.6	14.4	213,397	-144,421	-2,304,586	-2,235,610	11.5
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	3.2	12.7	1,084,998	-249,581	-1,530,626	-695,210	1.6
		Pellets	3.2	12.5	653,405	-249,581	-1,512,240	-1,108,416	2.7
M3	Recambio de Calefactores		6.0	27.8	525,759	-431,352	-2,926,679	-2,832,272	6.4
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0.8	25.5	56,541	-64,060	-383,683	-391,202	7.9
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de viv. (exis)		0.9	2.4	194,133	-57,294	-422,673	-285,833	2.5
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		5.9	25.0	1,243,240	-462,752	-2,899,871	-2,119,383	2.7
M7	Instalación de filtros catalizadores		1.6	4.6	398,341	-376,506	-787,244	-765,409	2.9
M8	Recambio de cocina a leña		1.3	6.1	405,964	-120,367	-659,395	-373,798	1.9

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida		Promedio ton red. (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		1.2	60.9	199,815	-75,871	-522,148	-398,204	3.0
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.0	0.2	74,089	-16,385	-12,122	45,582	0.4
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	0.9	3.6	993,781	-537,878	-466,081	-10,178	1.0
		Zona 5 + Muros	1.4	5.3	1,039,570	-790,873	-685,268	-436,570	1.4
		Zona 6	1.2	4.4	1,786,905	-666,292	-577,323	543,290	0.7
		Cal. Ener. C	1.5	5.7	1,790,799	-850,234	-736,703	203,862	0.9
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	1.5	5.8	1,641,862	-866,784	-751,766	23,312	1.0
		Zona 5 + Muros	2.2	8.3	1,629,199	-1,236,188	-1,072,057	-679,046	1.4
		Zona 6	1.8	7.0	2,900,137	-1,053,290	-913,443	933,405	0.7
		Cal. Ener. C	2.5	9.5	2,900,137	-1,418,618	-1,230,266	251,254	0.9
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.2	1.5	103,349	-205,011	-89,103	-190,765	2.8
		Zona 6	0.1	0.8	86,562	-111,394	-48,375	-73,207	1.8
		Zona 7	0.2	1.5	114,398	-216,956	-94,303	-196,860	2.7
		Cal. Ener. C	0.2	1.9	86,562	-269,002	-116,813	-299,253	4.5
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.1	1.1	4,692	-157,608	-68,444	-221,360	48.2
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.7	3.7	93,200	-814,747	-363,120	-1,084,667	12.6
M17	No permitir Humos visibles		0.6	1.1	8,346	0	-322,002	-313,656	38.6
M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas (marzo)		No aplica	No aplica	32,627	0	-213,889	-181,262	6.6

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.5 Análisis de Impactos Sociales

Cada una de las medidas evaluadas en el presente estudio tiene ligadas consecuencias sociales y económicas que muchas veces no son posibles de cuantificar. De hecho, el presente estudio, de todas las externalidades positivas o negativas que las medidas puedan ocasionar solo cuantifica y valoriza la reducción de los efectos en salud producto de una reducción en la contaminación atmosférica (concentración de MP2.5).

En esta sección se realiza un análisis cualitativo de las medidas a partir de una matriz de impacto social. En esta matriz se evalúan los posibles impactos de las medidas que pueden estar incluidas en el Plan de Descontaminacion de MP2.5 de las comunas de Temuco y Padre las Casas en variables sociales, económicas y ambientales específicamente en:

- ✓ Economía: impacto económico de la medida
- ✓ Precio: impacto en los precios de mercado de la medida
- ✓ Cambio Climático: aporte al cambio climático de la medida

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-257 Matriz de Impacto - Análisis cualitativo de los impactos sociales, económicos y ambientales de las medidas evaluadas

ID	Nombre	Economía	Precio	Cambio Climático
M1	**Comercialización y Utilización de Leña Seca**	Disminución de empleo informal	Aumento del precio de la leña de uso residencial	Carbono Neutral, aunque se utilizaría la leña de manera más sustentable.
M2	**Utilización de Otro Combustible Diferente a la Leña para Calefacción - Pellets**	Aumento del empleo en el rubro de la fabricación de pellets, beneficio a la economía nacional y local. Crecimiento del mercado de los pellets de madera	Disminución del precio de los pellets de madera	Carbono Neutral, aunque se utilizaría la leña de manera más sustentable.
M2	**Utilización de Otro Combustible Diferente a la Leña para Calefacción - GNL**	Aumento del empleo en el sector gasífero, aumento del mercado del gas en la zona	Disminución del precio del gas	Aporte de emisiones de carbono
M3	**Recambio de Equipos a Leña**	Aumento del empleo en el sector de fabricación de artefactos a leña, beneficio a la economía nacional y local	Probable disminución de precios en los calefactores por economías de escala	Neutro
M4	**Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión**	Podría facilitar la entrada y competencia de otras tecnologías, aumentando el mercado	Con el crecimiento del mercado de otras tecnologías podrían disminuir los precios	Carbono Neutral según los supuestos, aunque se utilizaría la leña de manera más sustentable
M5	**Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existentes)**	Podría facilitar la entrada y competencia de otras tecnologías, aumentando el mercado	Con el crecimiento del mercado de otras tecnologías podrían disminuir los precios	Aporte de emisiones de carbono en los casos en que se reemplaza la leña por combustibles fósiles
M6	**Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda**	Podría facilitar la entrada y competencia de otras tecnologías, aumentando el mercado	Con el crecimiento del mercado de otras tecnologías podrían disminuir los precios	Aporte de emisiones de carbono en los casos en que se reemplaza la leña por combustibles fósiles
M7	**Instalacion de Filtros Cataliticos**	Aumento de empleo debido a la fabricación de filtros, aumento de ese mercado en particular	Probable disminución de precios en los filtros por economías de escala	Carbono Neutral
M8	**Recambio Cocinas**	Mayor presencia del gas licuado, podrían llegar más competidores, aumenta el mercado y el empleo en este rubro	Posible disminución del precio del GLP por llegada de competidores	Aporte de emisiones de carbono
M9	**Prohibicion Cocinas a Lena**			
M10	**Prohibicion Lena Viviendas Nuevas**	Podría facilitar la entrada y competencia de otras tecnologías, aumentando el mercado	Con el crecimiento del mercado de otras tecnologías podrían disminuir los precios	Aporte de emisiones de carbono en los casos en que se reemplaza la leña por combustibles fósiles
M11	**Prohibicion Lena Viviendas Nuevas Según Tamaño**			
M12	**Aislación Térmica de Viviendas Existentes de menos de 650 UF**	Aumento en el mercado de sistemas de ailsación	Posible baja de precios debido al aumento de la competencia y masificación de la aislación térmica	Carbono neutral en el caso en que se utiliza leña. Disminuye emisiones de GEI en el caso en que las viviendas utilicen combustibles fósiles
M13	**Aislación Térmica de Viviendas Existentes de más de 650 UF**			
M14	**Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas**			

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

M15	**Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas**			
M16	**Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas**	Análogo a M15 en los casos de aislación. En el resto de los casos, las consecuencias son menos concretas		Al cambiar a equipos más eficientes se mantienen neutrales las emisiones de carbono. Si se cambia a un combustible fósil éstas aumentan. En el caso de aislación, si se tiene un equipo a leña, se mantiene carbono neutral, en el caso de que se tenga un equipo que funcione con combustibles fósiles, las emisiones de GEI disminuyen.
M17	**No permitir humos visibles**	Neutro	Podría beneficiar a que aumente la penetración de la leña seca, pudiendo disminuir su precio	Carbono Neutral, aunque se utilizaría la leña de manera más sustentable.
M19	**Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación**	Podría facilitar la entrada y competencia de otras tecnologías, aumentando el mercado	Con el crecimiento del mercado de otras tecnologías podrían disminuir los precios	Aporte de emisiones de carbono en los casos en que se reemplaza la leña por combustibles fósiles
M20	**Restricción de uso para todo artefacto a leña que no cumpla normativa según zonas y tipo de episodio**	Podría facilitar la entrada y competencia de otras tecnologías y de mejores tecnologías de leña, aumentando el mercado.	Con el crecimiento del mercado de otras tecnologías podrían disminuir los precios	Aporte de emisiones de carbono en los casos en que se reemplaza la leña por combustibles fósiles
M21	**Ampliar periodo de prohibición de quemas incluyendo el mes de marzo**	Podría generar un mercado de gestión de residuos	Disminución de los precios de la gestión de residuos debido a su masificación	Disminución de emisiones de GEI

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.6 Análisis de Factibilidad Jurídica de las Medidas

Antes de proseguir con la selección de conjuntos de medidas que son evaluadas con sus interacciones y sinergias, la presente sección se busca analizar la factibilidad jurídica de la implementación de cada una de las medidas planteadas anteriormente, con el objetivo de que al construir los conjuntos de medidas solo se incluyan medidas que son factibles de implementar.

Además, la presente sección también incluye el análisis de los organismos que serían los encargados de la puesta en marcha de éstas y los que estarían a cargo de la fiscalización de su cumplimiento.

En particular, la ejecución, organización y coordinación de la fiscalización de las medidas comprendidas en un Plan de Prevención y Descontaminación corresponde, primeramente, a la Superintendencia del Medio Ambiente, la cual puede delegar dichas potestades en organismos sectoriales en virtud de los Programas, Subprogramas y Convenios de Encomendación, y/o en las Municipalidades, conforme a los Convenios de Colaboración suscritos.

En el caso de la coordinación de la fiscalización para las comunas de Temuco y Padre las Casas, en el contexto de su actual Plan de Descontaminación, la SMA sólo ha instruido mediante los Programas y Subprogramas de Fiscalización a la Subsecretaría de Salud Pública, y no así a otros organismos como la SEC y el SAG. Sin embargo, éstos, en virtud de las competencias generales que sus respectivas leyes les otorgan, podrían eventualmente fiscalizar algunas medidas. Además, a pesar de la ausencia de Programas y Subprogramas que comprendan la fiscalización del PDA de Temuco y Padre las Casas, la SMA igualmente tiene potestades, de acuerdo al artículo 19 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, de poder instruir actividades de fiscalización no comprendidas en la programación.

Sin perjuicio de lo anterior, de la legislación vigente se puede desprender una sola excepción a la regla expuesta, que corresponde a los casos de Gestión de Episodios Críticos, dado a que en este caso la coordinaciónde los organismos sectoriales corresponde a las Secretarias Regionales Ministeriales del Medio Ambiente, o al Ministerio del Medio Ambiente en caso de que sea afectada más de una región; conforme lo dispuesto en el Decreto que establece la norma de calidad primaria para $MP_{2,5}$. Sin embargo, conforme a las potestades de fiscalización de la SMA, ésta puede encomendar a través de los programas o subprogramas la fiscalización de las medidas que correspondan aplicar en la GEC, pues la única potestad específica que se le otorga a las SEREMIS de Medio Ambiente o al Ministerio –según corresponda- es la de coordinar a los organismos, entre ellos la misma SMA.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

A continuación se muestra una tabla resumen con las principales conclusiones del análisis jurídico, indicando para cada medida su viabilidad jurídica y los organismos encargados tanto de su implementación y de su fiscalización. En el Anexo 10.6 se presenta detalladamente el análisis jurídico de implementación de cada una de las medidas evaluadas, conteniendo todo el análisis que permite construir la tabla que viene a continuación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-258: Resumen Viabilidad Jurídica

ID	Medida	Viabilidad	Implementación	Fiscalización
M1	Comercialización y utilización de leña seca	Viable	-Municipalidad - Carabineros de Chile - Subsecretaria de Salud Pública	Comercialización: - Si fuese encomendado por la SMA, Municipalidades, Carabineros de Chile, CONAF y/o Subsecretaría de Salud Pública Uso: - Subsecretaría de Salud Pública - Municipalidad - Otros organismos sectoriales o municipalidades en caso de ser encomendado por la SMA
M2	Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción a través de subsidio al combustible	Viable fuera del Plan de Descontaminación. Debe establecerse a través de una ley que fije el nivel de incentivo.	Correspondería a una ley independiente	
M3/ M8	Recambio de Equipos a Leña /Recambio de Cocinas a Leña	Viable	- Ministerio de Medio Ambiente Problemática: actual ausencia de organismos certificadores autorizados por la SEC	- SMA fiscaliza al organismo encargado de la implementación. - SMA fiscaliza a la SEC que esta cumpla con los requerimientos de autorización de organismos certificadores.
M4	Prohibición gradual de calefactores que no cumplen norma de emisión	Viable	- SEC Problemática: actual ausencia de organismos certificadores autorizados por la SEC	- SMA - SEC - Subsecretaría de Salud
M5/ M11	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda/ Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas	Inviables: Fundamentación no suficiente. El tamaño de las viviendas por sí solo no justifica la aplicación de unas medidas que tienen por fin prohibir absolutamente, sin	-	-

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Viabilidad	Implementación	Fiscalización
	según tamaño	restricciones temporales, la utilización de calefactores a leña.		
M6/ M10	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda / Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas	Inviables: Fundamentación no suficiente. No obedece a ningún criterio ni fundamento jurídicamente relevante	-	-
M7	Instalación de Filtros Catalizadores en calefactores	Viable si la Administración costea la medida	- SMA - Municipalidades - Subsecretaria de Salud - SEC	- Mismos organismos que implementan (fiscalización de que el calefactor sea utilizado con el filtro).
M9	Prohibición del uso de cocinas a leña	Inviable por si sola. Debido al sector económico de la población que más la utiliza, no se justifica por sí misma. Podría ser viable en el caso que vaya acompañada por otras medidas que la justifiquen.	-	-
M12 / M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF / Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Depende de quién financie. Debe ser a través de subsidios / incentivos, no exigencias.	- SEREMI de Vivienda y Urbanismo y SERVIU - Gobierno Regional Si se quiere un subsidio para las viviendas de más de 650UF se debe tramitar una ley. Para menos de 650UF, ya existe el programa PPPF. Para viviendas de más de 650 si se aborda a partir de un incentivo económico (no subsidio) no es necesaria	- SMA fiscaliza que organismos implementadores cumplan con lo establecido.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Viabilidad	Implementación	Fiscalización
			una ley.	
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Viable	- Municipalidades -SEREMI de Vivienda y Urbanismo y SERVIU	- SMA fiscaliza que organismos implementadores cumplan con lo establecido.
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas	Viable	- Municipalidades - SERVIU	- SMA fiscaliza que organismos implementadores cumplan con lo establecido. - Si fuese encomendado por la SMA, a través de las Municipalidades y SERVIU, estos podrían fiscalizar que las exigencias se mantengan en el tiempo.
M16	Límite de Emisión a Viviendas Unitarias Nuevas	Viable según si los costos de implementación hacen alguna diferencia según tipo de vivienda y a quien afecta.	- Municipalidades - SERVIU	- SMA fiscaliza que organismos implementadores cumplan con lo establecido. - Si fuese encomendado por la SMA, a través de las Municipalidades y SERVIU, estos podrían fiscalizar que las exigencias se mantengan en el tiempo.
M17	No permitir Humos Visibles	Viable	- Subsecretaria de Medio Ambiente	- SMA - Municipalidades (convenio de colaboración) - Seremi de Salud
M19 / M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación/ Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodios	Viables	- Subsecretaria de Medio Ambiente - Subsecretaria de Salud	- Subsecretaria de Medio Ambiente - SMA - Subsecretaria de Salud
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo.	Viable	- Ministerio de Agricultura - Ministerio de Medio Ambiente	- SAG - CONAF

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Además para la medida que establece modificaciones a las condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA se presenta la siguiente tabla con el resumen según las opciones consideradas:

Tabla 8-259: Viabilidad Jurídica – Modificar Condiciones de Ingreso al SEIA - Resumen

ID	Medida	Viabilidad	Implementación	Fiscalización
Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA u otro mecanismo para declarar y compensar emisiones				
M18	A. Compensación de emisiones fuera del SEIA	Inviable. Sólo se puede exigir compensación dentro del marco del SEIA	-	-
	B. Aumentar las condiciones de ingreso para proyectos a ejecutarse en la zona saturada	Inviable. Un PDA no puede modificar la ley 19.300 dado que el reglamento actual no lo permite.	-	-
	C. Mantener las exigencias del PDA actual respecto a MP10, pero en relación a MP2,5	Viable	Es necesaria la modificación del PDA y las firmas de los Ministros de Salud y Medio Ambiente	- MMA
	D. Considerar compensaciones para todo proyecto a ejecutarse en la zona saturada que sobrepase 1 ton/año	Inviable para proyectos que no ingresen al SEIA	-	-

Fuente: Elaboración propia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.7 Set de Medidas evaluadas con Sinergias

La presente sección evalúa la reducción de emisiones y concentraciones de MP2.5 de diferentes conjuntos de medidas pero esta vez evaluando las interacciones que se producen entre ellas al implementarse de manera conjunta.

Cabe destacar que muchas de las medidas al implementarse de manera simultánea poseen menores reducciones de emisión y concentración de MP2.5 que al evaluarse por sí sola. A manera de ejemplo, la reducción de emisiones asociado a un equipo recambiado (de combustión simple a equipo de combustión a leña que cumple la normativa, por ejemplo) es mayor si se contabiliza en una vivienda que no tiene ningún esfuerzo adicional en aislación térmica a si es que se compara en una vivienda que ya se encuentra con un nivel de aislación superior. Esta última vivienda posee una demanda de calefacción menor por lo que el nivel de uso del calefactor también es menor y por lo mismo el impacto en la reducción de emisiones lo es también.

Las secciones que vienen detallan el proceso de selección de estos conjuntos de medidas para luego presentar los resultados de cada uno de estos, observando así si es que cada uno de estos cumplen con la meta de reducción de emisiones para alcanzar la norma de calidad ambiental de MP2.5 según escenarios establecidos (Agresivo: 2022, Esperado: 2025, Pasivo: 2030).

8.7.1 Selección de “Paquetes” de Medidas

Como ya se ha mencionado, los criterios para seleccionar las medidas corresponden al potencial de reducción de emisiones de M2.5, la reducción de concentración de MP2.5, y los indicadores económicos, en especial su razón B/C. Además se adicionan criterios cualitativos de selección que corresponde a la factibilidad de implementación y por último, se excluyen medidas que por criterios de diseño, no pueden aplicarse de manera conjunta.

Del análisis de la factibilidad jurídica de implementar las medidas (ver Sección 8.5) se desprende que se deben excluir de la presente evaluación debido a su inviabilidad de implementación las siguientes medidas:

- M5:Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda
- M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda
- M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas
- M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño

Las medidas Recambio de Calefactores (M3) e Instalación de filtros catalizadores (M7) se considera que no debieran ser aplicadas de manera conjunta. Según los resultados de las evaluaciones de medidas de forma independiente, se observa que la costo efectividad de

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

la medida de recambio de calefactores es mayor en comparación a la medida de instalación de filtros catalizadores. Por lo mismo, los paquetes de medidas ahora presentados consideran la inclusión de la medida de recambio de calefactores en todos ellos, a excepción de uno, el cual incluye la medida de instalación de filtros catalizadores para que de todas maneras se vea su efecto.

Como se ha podido apreciar en las secciones anteriores, para las medidas que implican modificar los niveles de aislación se han evaluado según diferentes opciones y para realizar la evaluación de los conjuntos de medidas se debe optar por solo una. Por razones de costo efectividad y además, de implementación, se escoge la opción de aislar térmicamente, tanto en los programas de reacondicionamiento de viviendas existentes como en aumentar la normativa de aislación de viviendas nuevas, manteniendo la normativa de Zona Térmica 5 en todas las envolventes exceptuando la envolvente Muros en donde se aumenta la exigencia[39].

Por otra parte, se considera que al implementarse la medida Límite de Emisión de Viviendas Nuevas, esta se encarga de absorber todas las restricciones y modificaciones en viviendas nuevas por lo que en los paquetes de medidas en donde existe esta medida, no existen otras medidas que afecten a las viviendas y parque de equipos nuevos.

La presencia de la medida “Utilización de otro combustible diferente a la leña”, que se evalúa considerando gas como combustible (GNL o GLP), también genera diferentes paquetes de medidas analizando así como cambian los resultados cuando esta medida está presente o no.

Por último, se adiciona un último paquete de medidas en donde las medidas M4: Prohibición gradual de calefactores y M9: Prohibición de cocinas a leña, no se implementan.

De esta forma, se generan seis “paquetes” de medidas para ser considerados como listado final de medidas a considerar en la evaluación del Plan de Descontaminación de Temuco y Padre las Casas y la consiguiente evaluación de interacciones entre ellas. Las medidas incluidas en cada uno de estos “paquetes” se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8-260 Caracterización de set de medidas que se evalúan sinérgicamente

ID	Medida	Paquete 1	Paquete 2	Paquete 3	Paquete 4	Paquete 5	Paquete 6
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Si	Si	Si	Si	Si	Si
M2	Utilización de otro energético diferente a la	Si	No	Si	No	No	No

[39] Esta opción fue propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda por lo que se considera, que además de presentar la opción con mejor costo efectividad, las posibilidades de que finalmente sea esta la opción escogida se aumenta ya que los actores claves para la implementación de esta medida ya se encuentran de acuerdo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	leña para calefacción (gas)						
M3	Recambio de calefactores a leña (leña o pellets)	Si	Si	Si	Si	Si	No
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña	Si	Si	Si	Si	No	Si
M7	Instalación de filtros catalizadores	No	No	No	No	No	Si
M8	Recambio de cocina a leña	Si	Si	Si	Si	Si	Si
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplen norma	Si	Si	Sí	Sí	No	Si
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Si	Si	Si	Si	Si	Si
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de mas 650 UF	Si	Si	Si	Si	Si	SI
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Si	Si	No	No	Si	Si
M15	Establecer obligación nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas	Sí	Sí	No	No	Sí	Si
M16	Límite de Emisión Viviendas Nuevas	No	No	Sí	Sí	No	No
M17	No permitir Humos visibles	Si	Si	Si	Si	Si	Si
M20	Restricción de uso en GEC para artefacto a leña que no cumpla normativa según zonas y tipo de episodio	Si	Si	Si	Si	Si	Si
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

Los “Paquetes 1 y 2”incluye normativa de aislación para viviendas nuevas con mayor exigencia que lo establecido en la actualidad (aumentar la normativa en la envolvente muro y establecer nivel de hermeticidad igual a 1 ACH). La diferencia de estos dos paquetes recae en que el Paquete 1 incluye la medida de incentivo a la utilización de otros combustibles (gas) mientras que el Paquete 2 no la incluye.

Por su parte, los “Paquetes 3 y 4” incluyen la medida Limite de Emisión de Viviendas, que como ya se ha mencionado, es una medida que “controla” tanto el nivel de aislación de las viviendas nuevas como el equipo que utiliza para calefaccionar. Por lo mismo, la presencia de esta medida en estos paquetes genera que las normativas de aislación para viviendas nuevas que están presentes en los paquetes 1 y 2 no se encuentren presentes en los paquetes 3 y 4. Tal como el párrafo anterior, la diferencia entre estos dos paquetes es la presencia de la medida incentivo a la utilización de otros combustibles (gas).

El paquete 5 es idéntico al paquete dos (normativa de aislación de mayor exigencia) pero excluye la presencia de las medidas de prohibición de calefactores y cocinas a leña. Por último, el paquete 6 también es idéntico al paquete 2 pero incluye la medida instalación de filtros catalizadores lo que implica que la medida de recambio de calefactores no se encuentra presente en este paquete.

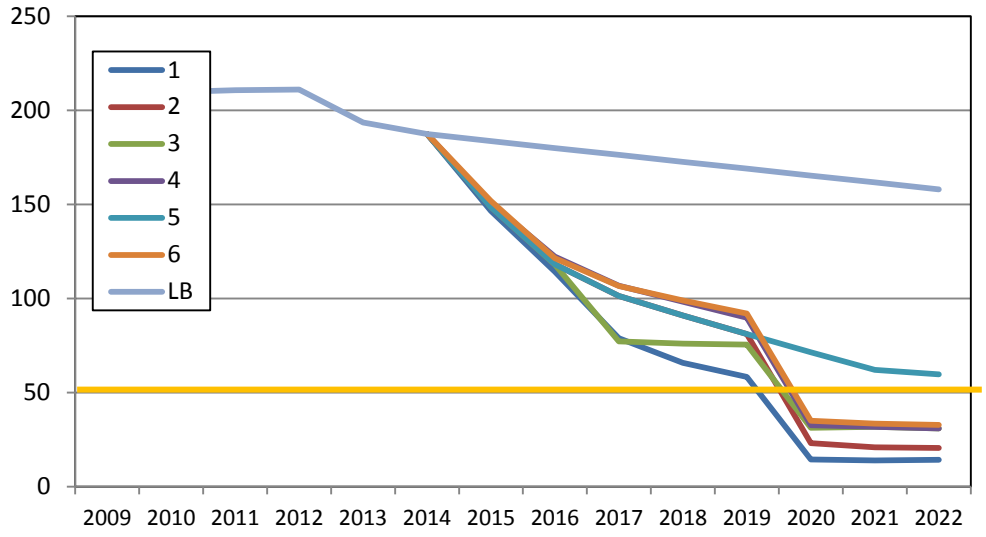
A continuación se presentan los principales resultados de estos paquetes de medidas evaluados de manera conjunta y considerando sus sinergias. Se presentan resultados para la reducción de emisiones, concentraciones e indicadores económicos.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

8.7.2 Resultados

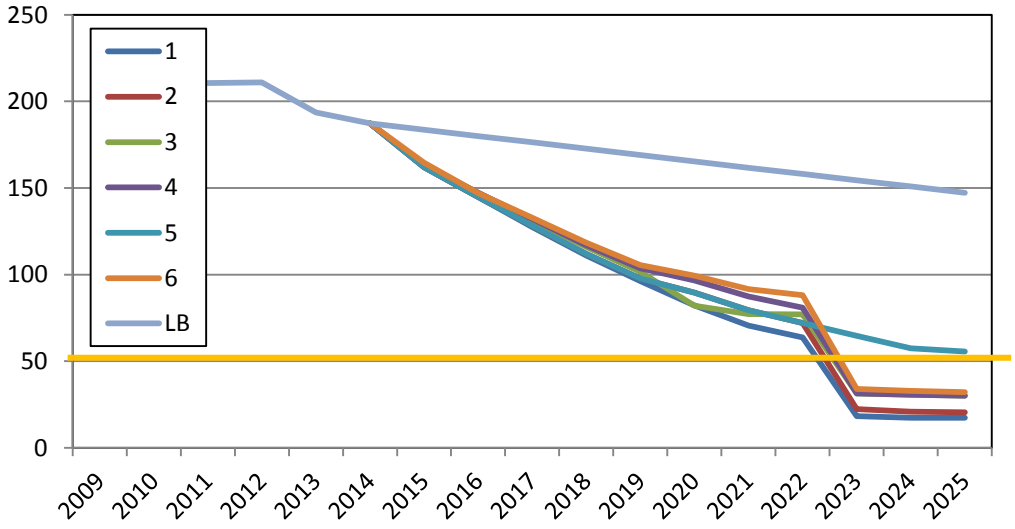
Los siguientes 3 gráficos presentan la evolución de la reducción de concentración (p98 concentración MP2.5) para cada uno de los 6 paquetes de medidas evaluados en cada escenario de penetración.

Figura 8-1 Proyección de reducción de concentraciones diaria (p98) según paquetes – Escenario Agresivo



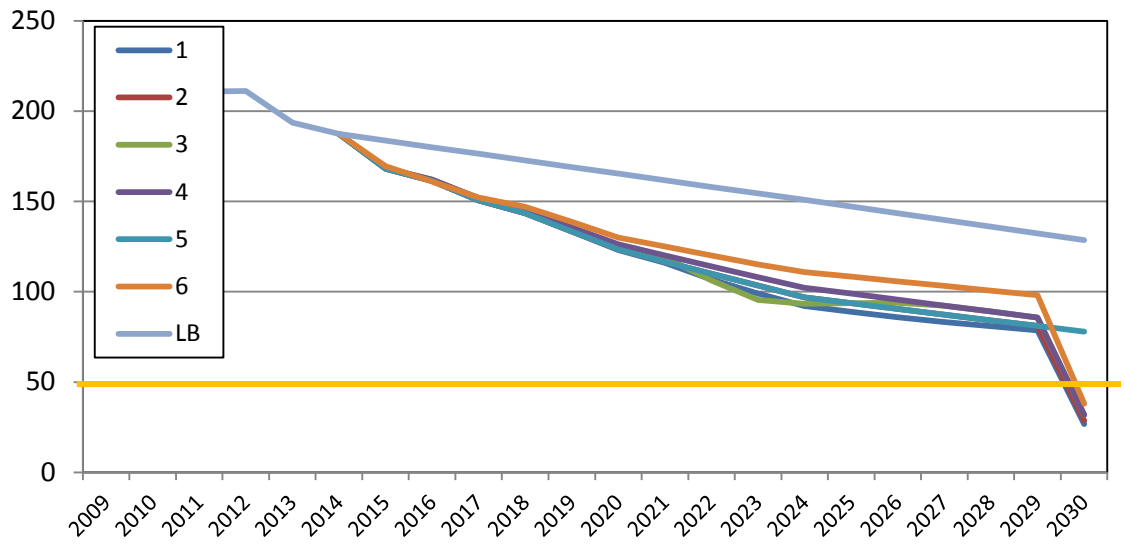
Fuente: Elaboracion propia

Figura 8-2 Proyección de reducción de concentraciones diaria (p98) según paquetes – Escenario Esperado



Fuente: Elaboracion propia

Figura 8-3 Proyección de reducción de concentraciones diaria (p98) según paquetes – Escenario Pasivo



Fuente: Elaboracion propia

Como se aprecia en los gráficos anteriores, todos los paquetes de medidas se comportan de manera similar en el aporte a la reducción de concentraciones. El único paquete que se comporta de manera algo distinta es el Paquete 6 el cual implementa la instalación de filtros catalizadores en desmedro de la implementación del programa de recambio de calefactores. Como se pudo apreciar, la reducción de concentración de este paquete (paquete 6) es menor en comparación a los otros.

En todos los escenarios de penetración de medidas evaluados, se puede observar una fuerte reducción en las concentraciones en comparación con la línea base, sin embargo, no es hasta los años en que se aplican las prohibiciones de utilización de calefactores y cocinas que no cumplen la normativa que se consigue alcanzar la norma de calidad MP2.5 (p98 igual a 50 ug/m3 MP2.5). De hecho, el único paquete que no incluye estas medidas corresponde al Paquete 5, el cual a los años establecidos como meta para alcanzar la norma de calidad, no consigue la meta de reducción de emisiones necesaria.

Debido a lo similar que se comporta cada uno de los paquetes, interesa analizar la costo efectividad que estos presentan. Las siguientes tablas presentan un resumen de los indicadores económicos de cada uno de los paquetes evaluados según escenarios de penetración de las medidas.

Figura 8-4 Resumen de Indicadores Económicos Paquetes de Medidas – Escenario Agresivo

Paq.	Red. Conc. p98 MP2.5 (ug/m3)	VP Costo (UF)	VP Ahorro (UF)	VP Beneficio Salud (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
1	143.2	7,366,025	-3,144,219	-8,753,432	-4,531,627	**1.6**
2	136.9	3,989,049	-2,409,769	-7,751,792	-6,172,511	**2.5**
3	127.1	5,550,798	-2,278,766	-7,949,322	-4,677,291	**1.8**

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

4	127.1	4,737,537	-2,073,199	-7,189,534	-4,525,197	**2.0**
5	97.8	3,146,962	-2,078,815	-6,491,981	-5,423,835	**2.7**
6	123.9	3,535,940	-2,379,961	-7,038,406	-5,882,426	**2.7**

Nota: La reducción de concentración presentada en la tabla corresponde a lo alcanzado el año meta de cada escenario. En este caso el 2022.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-5 Resumen de Indicadores Económicos Paquetes de Medidas – Escenario Esperado

Paq.	Red. Conc. p98 MP2.5 (ug/m3)	VP Costo (UF)	VP Ahorro (UF)	VP Beneficio Salud (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
1	129.5	5,937,916	-2,960,565	-9,000,131	-6,022,780	**2.0**
2	126.3	4,131,586	-2,579,969	-8,625,182	-7,073,564	**2.7**
3	117.2	5,089,100	-2,255,934	-8,277,739	-5,444,573	**2.1**
4	117.2	4,796,101	-2,182,366	-7,955,975	-5,342,240	**2.1**
5	91.3	3,432,078	-2,325,011	-7,557,656	-6,450,589	**2.9**
6	114.4	3,713,672	-2,543,085	-7,656,265	-6,485,678	**2.7**

Nota: La reducción de concentración presentada en la tabla corresponde a lo alcanzado el año meta de cada escenario. En este caso el 2025.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8-6 Resumen de Indicadores Económicos Paquetes de Medidas – Escenario Pasivo

Paq.	Red. Conc. p98 MP2.5 (ug/m3)	VP Costo (UF)	VP Ahorro (UF)	VP Beneficio Salud (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
1	101.6	3,714,915	-2,221,483	-7,342,172	-5,848,739	**2.6**
2	99.7	2,668,470	-2,005,066	-7,027,617	-6,364,212	**3.4**
3	96.6	2,970,021	-1,656,552	-6,878,754	-5,565,285	**2.9**
4	96.6	2,730,743	-1,597,370	-6,519,086	-5,385,712	**3.0**
5	50.5	2,476,729	-1,938,299	-6,605,441	-6,067,011	**3.4**
6	90.1	2,583,160	-1,991,623	-5,616,188	-5,024,651	**2.9**

Nota: La reducción de concentración presentada en la tabla corresponde a lo alcanzado el año meta de cada escenario. En este caso el 2030.

Fuente: Elaboración propia

Dados los resultados presentados en las tablas anteriores se puede apreciar que, para todos los escenarios de evaluación, los Paquetes 2, 5 y 6 son los que consiguen una mejor razón costo beneficio (B / C). Sin embargo, el paquete 5 no consigue la reducción de concentraciones de MP2.5 necesaria para alcanzar la norma en los años meta para cada escenario. Entre el Paquete 2 y 6 la razón beneficio costo es prácticamente igual pero a partir del Paquete 2 se alcanza una mayor reducción de concentración.

La diferencia en la reducción de concentración entre los paquetes 1 y 2 es despreciable mientas que la razón B/C se manifiesta de manera clara. Esto se traduce en que la presencia de la medida incentivo de utilización a otros combustibles en el Paquete 1

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

genera menor rentabilidad social en comparación con el Paquete 2 (no posee dicha medida).

Por su parte, los resultados de la razón B / C muestran que los paquetes que incluyen la medida Limite de Emisión de Viviendas Unitarias (Paquetes 3 y 4) reducen las emisiones y concentraciones de MP2.5 de manera similar a aquellos paquetes que no poseen dicha medida (Paquetes 1 y 2) pero presentan una rentabilidad social menor (razón B / C menor).

Si comparamos los Paquetes 2 y 6, en donde la diferencia corresponde a la presencia de la medida instalación de filtros catalíticos (Paquete 6) versus la presencia de la medida de programa de recambio de calefactores (Paquete 2), observamos que tanto la reducción de concentración asociada al Paquete 2 presenta mejores resultados teniendo una razón B / C prácticamente igual.

Por último, el Paquete 5, el cual es idéntico al Paquete 2 pero sin incluir las prohibiciones de uso para calefactores y cocinas que no cumplan con la norma de emisión, no consigue alcanzar la meta de reducción de emisiones en ninguno de los escenarios evaluados y tampoco destaca en sus indicadores económicos en comparación con los otros paquetes.

Según estos resultados, la conclusión que es posible destacar es que las medidas contenidas en el Paquete 2, evaluadas conjuntamente, consiguen alcanzar la meta en todos los escenarios de penetración evaluados y además presentan una rentabilidad social mayor en comparación con los otros paquetes evaluados. Además, es el escenario de evaluación pasivo de las medidas el que posee una mejor rentabilidad social, seguido del escenario esperado y por último el escenario agresivo. Sin embargo, el consultor recomienda implementar un cronograma de implementación similar al presentado por el escenario esperado de evaluación por considerar que conseguir en un periodo de 15 años la norma de calidad ambiental de MP2.5 (métrica diaria) no plantea un gran desafío.

A continuación se presenta el detalle de los indicadores económicos de cada una de las medidas asociadas al Paquete 2 para el escenario esperado de evaluación.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 8-261 Resumen de Indicadores Económicos Paquete 2 – Escenario Esperado – Periodo 2015 - 2025

ID	Medida		Promedio ton red.[40] (ton / día)	Reducción Conc. MP2.5 [ug/m3]	VP Costo (UF)	VP Ahorros (UF)	VP Beneficios (UF)	VP Costo Neto (UF)	B/C
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		8.9	31.9	308,025	-192,483	-3,154,107	-3,038,565	**10.9**
M3	Recambio de Calefactores		6.4	33.9	862,992	-460,231	-2,268,367	-1,865,607	**3.2**
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		1.3	1.3	23,405	-22,344	-116,491	-115,429	**5.9**
M8	Recambio de cocina a leña		1.6	8.2	524,466	-140,533	-555,369	-171,435	**1.3**
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma		10.4	33.8	670,646	-231,512	-961,913	-522,778	**1.8**
M12 y M13	Aislación Térmica de viviendas existentes	Zona 5 + Muro	2.9	14.7	1,606,096	-1,220,164	-1,021,374	-635,442	**1.4**
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muro	0.3	1.4	91,363	-176,790	-78,444	-163,871	**2.8**
M15	Establecer obligac. nivel de hermet. igual a 1ACH (viv. nueva)		0.2	1.1	5,029	-135,912	-60,306	-191,190	**39.0**
M17	No permitir Humos visibles		0.7	0.0	13,615	0	-256,333	-242,719	**18.8**
M21	Ampliar periodo de prohibición de quemas (marzo)		No aplica	No aplica	25,949	0	-152,477	-126,528	**5.9**
Total				**126.3**	**4,131,586**	**-2,579,969**	**-8,625,182**	**-7,073,564**	**2.7**
M20**	GEC – Alerta		No aplica	29.1	8,249	-22,490		-14,242	5.4
	GEC – Premergencia		No aplica	43.7	12,304	-33,736		-21,431	5.5
	GEC - Emergencia		No aplica	58.2	16,360	-44,981		-28,621	5.5

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla anterior, la razón B/C para el escenario de evaluación esperado es igual a 2.7 lo que implica que al implementar las medidas contenidas en este paquete la rentabilidad social es positiva. Además se destaca que todas las medidas contenidas en este paquete poseen una rentabilidad social positiva. Se consigue una reducción de 126.3 ug/m3 MP2.5 (reducción de la concentración medida como el p98) y presenta ahorros por más de la mitad de los costos.

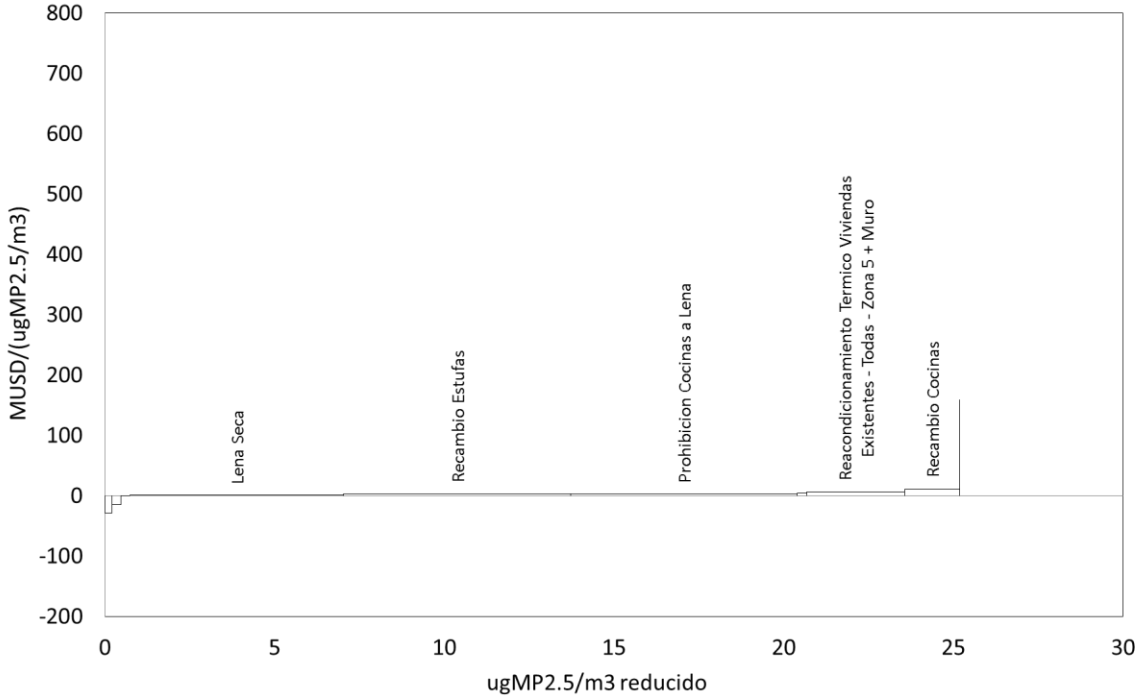
[40] Lo presentado en esta columna corresponde al promedio de las reducciones de emisiones diarias (día típico de Julio) en el periodo. La tasa de reducción diaria para cada año de cada una de las medidas contenidas en este paquete se presenta en el Anexo 10.5.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

La medida M20 se presenta de manera independiente ya que tiene una lógica de modelación distinta. Los valores presentados en la tabla corresponden a los resultados para un día de episodio crítico que ocurriría el año 2015. Con respecto a los costos y ahorros, estos también corresponden a un día de episodio.

Por ultimo interesa mostrar las curvas de costo medio (USD/ton MP2.5) de las medidas contenidas en el Paquete 2. La primera figura muestra la curva de costo medio sin considerar los beneficios a la salud producto de la disminución de la concentración mientras que el segundo grafico muestra esta misma curva pero ahora incluyendo los beneficios a la salud.

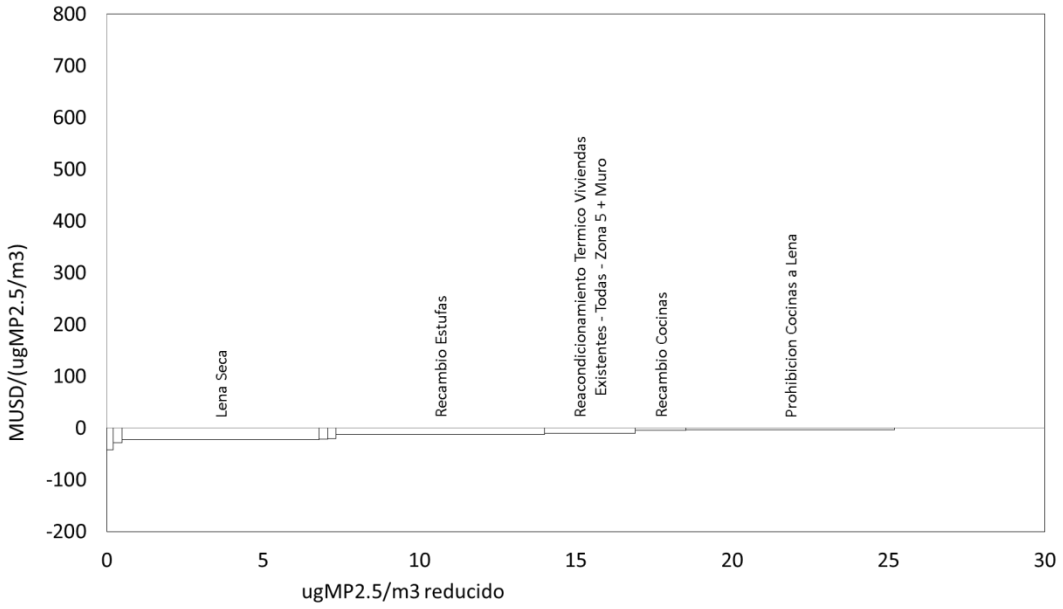
Figura 8-7Curva de Costo Medio Medidas "Paquete 2" – Escenario Esperado



Fuente: Elaboración propia

Las medidas que poseen un costo medio negativo y que no alcanzan a identificarse en el grafico anterior corresponden a las medidas de aislación térmica para viviendas nuevas (aumentar la exigencia para la envolvente muro y establecer nivel de hermetismo igual a 1ACH). Estas medidas generan un nivel de ahorro mayor al nivel de costos propiamente tal.

Figura 8-8Curva de Costo Medio Neto (incluye beneficio a la salud) Medidas "Paquete 2" – Escenario Esperado



Fuente: Elaboración propia

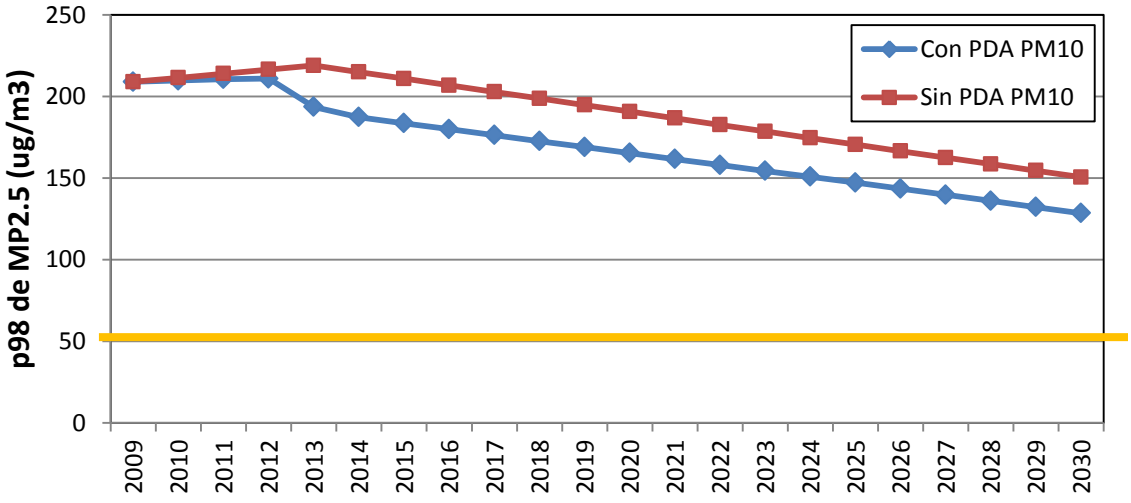
Se aprecia a partir del último gráfico presentado, que si consideramos los beneficios a la salud asociados a la reducción de la concentración de MP2.5 en el ambiente, todas las medidas contenidas en el Paquete 2 poseen un costo medio neto menor a cero lo que implica que todas las medidas y el paquete 2 en su totalidad, son rentables socialmente.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

9. Conclusiones

Tal como lo explica la declaración de zona saturada para las comunas de Temuco y Padre las Casas, el nivel de concentración de MP2.5, tanto en su métrica diaria como anual, se encuentra muy sobre la norma y según las proyecciones de línea base esta condición se mantendría así al menos hasta el año 2030 a pesar de la puesta en marcha de la nueva norma de calefactores y de la implementación del Plan de Descontaminación de MP10 que actualmente se encuentra vigente.

Figura 9-1Evolución de la Línea Base de Concentraciones de MP2.5 (p98)



Fuente: Elaboración propia

Según este escenario queda entredicho que los esfuerzos que hay que hacer para lograr alcanzar la norma de calidad de MP2.5 son altos. Por lo mismo, el presente estudio evaluó 3 escenarios de penetraciones para un total 21 medidas seleccionadas a partir de una revisión del estado del arte nacional e internacional de medidas de reducción de emisiones, en particular asociados a la reducción de emisiones de MP2.5 del sector residencial (principalmente causadas por la combustión a leña).

Los escenarios de penetración de cada una de las medidas respondieron a la necesidad de cumplir con la meta de alcanzar la norma de calidad de MP2.5 en distintas instancias de tiempo; Agresivo - 2022, Esperado – 2025 y Pasivo – 2030.

Luego de una evaluación independiente de cada una de las medidas seleccionadas, en términos de costos y de potencial de reducción de emisiones junto con ver sus principales indicadores económicos, se preseleccionaron las medidas más atractivas para cumplir el objetivo y luego, en conjunto con el análisis de la factibilidad jurídica de implementación de cada una de las medidas, se construyeron distintos paquetes de medidas que en su

conjunto buscaban alcanzar la norma de calidad ambiental de MP2.5 (métrica diaria) en cada uno de los escenarios.

El análisis de la factibilidad jurídica de implementar las medidas entregó como resultado que 4 medidas hoy en día y bajo la actual formulación y fundamentación no poseen una viabilidad jurídica de ser implementada por lo tanto, a pesar de su alto potencia de reducción de emisiones estas no fueron incluidas en la evaluación de los paquetes de medidas. Las medidas inviables jurídicamente son las listadas a continuación.

- M5:Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda
- M6: Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda
- M10: Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas
- M11: Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño

Según los resultados de las evaluaciones de medidas de forma independiente, se observó que la costo efectividad de la medida de recambio de calefactores es mayor en comparación a la medida de instalación de filtros catalizadores. Por lo mismo, todos los paquetes de medidas evaluados incluyeron la medida del programa de recambio de calefactores en desmedro de la instalación de filtros catalíticos. Para ver el efecto que tiene la medida “Instalación de Filtros Catalizadores” solo uno de los paquetes de medidas la incluyó.

Por su parte, las medidas que implican modificar los niveles de aislación, tanto en viviendas nuevas como existentes, y que fueron evaluadas según diferentes opciones entregaron como resultado que tanto en los programas de reacondicionamiento térmico como en la medida correspondiente a aumentar la normativa de aislación térmica en viviendas nuevas, la opción de mantener las exigencias correspondientes a la Zona Térmica 5 en todas las envolventes exceptuando la envolvente Muros en donde se aumenta su exigencia[41] es la idónea para su inclusión. Tanto por criterios cuantitativos como por ser la opción propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda, en la que participan los actores claves en la implementación de este tipo de medidas, esta opción presenta una ventaja en su aprobación final para ser incluida en el Plan de Descontaminación de MP2.5.

Del total de 6 paquetes de medidas evaluados, todos se comportan de manera similar en el aporte a la reducción de concentraciones. Algo distinto es el Paquete 6 el cual implementa la instalación de filtros catalizadores en desmedro de la implementación del programa de recambio de calefactores y en donde la reducción de concentración de este paquete es menor en comparación a los otros. Por su parte, el Paquete 4, el cual no tiene

[41] Esta opción fue propuesta por la Mesa de Trabajo de Vivienda por lo que se considera, que además de presentar la opción con mejor costo efectividad, las posibilidades de que finalmente sea esta la opción escogida se aumenta ya que los actores claves para la implementación de esta medida ya se encuentran de acuerdo.

la medida prohibición gradual de calefactores que no cumplen con la normativa y la prohibición de cocinas a leña, también se diferencia de los otros paquetes evaluados ya que este no consigue cumplir con la meta de reducción de emisiones en ninguno de los escenarios evaluados.

En todos los escenarios de penetración de medidas evaluados, se puede observar una fuerte reducción en las concentraciones en comparación con la línea base, sin embargo, no es hasta los años en que se aplican las prohibiciones de utilización de calefactores y cocinas que no cumplen la normativa que se consigue alcanzar la norma de calidad MP2.5 (p98 igual a 50 ug/m3 MP2.5).

Debido a lo similar que se comporta cada uno de los paquetes, resultó interesante analizar la costo efectividad que estos presentaron. Los paquetes que poseen la medida de incentivo a la utilización de otros combustibles a través de igualar el costo del combustible alternativo al costo que posee la leña indican razones costo beneficio menores respecto a los otros paquetes ya que la presencia de esta medida, por ser muy costos, disminuye la Razón B / C.

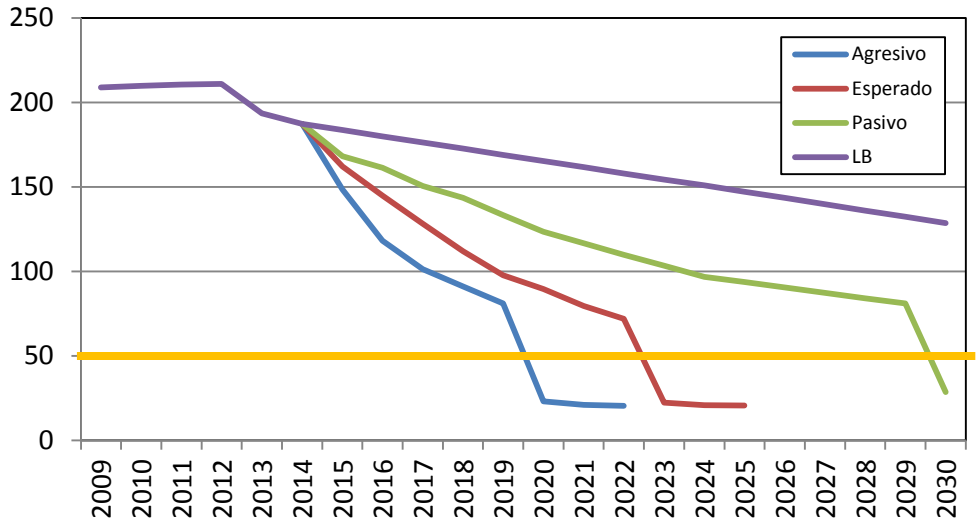
Los paquetes que presentaron una mejor costo efectividad (razón B / C) correspondieron a los paquetes 2 y 6 (además del paquete 5, pero este no consigue las metas de reducción planteadas). La diferencia entre estos dos paquetes es la presencia de la medida de un programa de recambio de calefactores (Paquete 2) versus la presencia de un programa de instalación de filtros catalíticos (Paquete 6).

El paquete 2 presenta un mayor potencial de reducción de emisiones y concentraciones de MP2.5. Según esto, la conclusión que es posible destacar es que las medidas contenidas en el Paquete 2, evaluadas conjuntamente, consiguen alcanzar la meta en todos los escenarios de penetración evaluados y además presentan una rentabilidad social mayor en comparación con los otros paquetes evaluados.

Además, es el escenario de evaluación pasivo de las medidas el que posee una mejor rentabilidad social, seguido del escenario esperado y por último el escenario agresivo. Sin embargo, el consultor recomienda implementar un cronograma de implementación similar al presentado por el escenario esperado de evaluación por considerar que conseguir en un periodo de 15 años la norma de calidad ambiental de MP2.5 (métrica diaria) no plantea un gran desafío. El potencial de reducción de las medidas contenidas en el Paquete 2, según cada uno de los escenarios evaluados se muestra a continuación.

Figura 9-2 Potencial de Reducción de MP2.5 según las medidas contenidas en el Paquete 2 (p98 MP2.5)

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl



Las medidas contenidas en este paquete se listan a continuación mostrando también el nivel de penetración que se consideró según cada uno de los escenarios evaluados.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 9-1 Medidas incluidas dentro del Paquete 2 – Recomendado para su inclusión en el Plan de Descontaminación de MP2.5 para la zona de Temuco y Padre las Casas

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
M1	Prohibición de comercialización de leña húmeda	Al año 2017se llega al 80% de utilización de leña seca y luego se mantiene constante. **2015 / 2016 / 2017** **Seca** 55% / 70% / 80% **Semihumeda** 30% / 20% / 10% **Humeda** 15% / 10% / 10%	Al año 2020 se llega al 80% de utilización de leña seca y luego se mantiene constante. **2015 / 2016 / 2017 / 2018 / 2019 / 2020** **Seca** 45% / 55% / 65% / 65% / 75% / 80% **Semihumeda** 40% / 30% / 20% / 25% / 15% / 10% **Humeda** 15% / 15% / 15% / 10% / 10% / 10%	Al año 2020 se llega al 60% de leña seca y se mantiene cte. **2015 / 2016 / 2017 / 2018 / 2019 / 2020** **Seca** 45% / 45% / 50% / 50% / 55% / 60% **Semihumeda** 40% / 40% / 35% / 35% / 30% / 25% **Humeda** 15% / 15% / 15% / 15% / 15% / 15%
M3	Recambio de Calefactores (Leña, Pellets)	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años Equipos a Pellets: 2200 / año Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años Equipos a Pellets: 1200 / año Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años Equipos a Leña (Emisión 2.5 g/h): 1000 / año
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2020	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2023	**Año inicio prohibición otros y salamandras:** 2016 **Año inicio prohibición combustión simple:**2030
M8	Recambio de cocinas a leña	**Duración:** 7 años **Cocinas recambiadas:** 750 / año	**Duración:** 10 años **Cocinas recambiadas:** 500 / año	**Duración:** 10 años **Cocinas recambiadas:**250 / año
M9	Prohibición Cocinas a Lena	**Año prohibición:** 2020	**Año prohibición:** 2023	**Año prohibición:** 2030
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF - Llegar a la Norma + Muro	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 3000 viviendas/año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 2000 viviendas/año	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años **Viviendas aisladas térmicamente:** 1000 viviendas/año
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF - Llegar a la Norma +	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 7 años	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años	**Año inicio:** 2015 **Duración:** 10 años

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

ID	Medida	Escenario Agresivo (meta cumplimiento en 7 años)	Escenario Esperado (meta cumplimiento en 10 años)	Escenario Pasivo (meta cumplimiento en 15 años)
	Muro	**Viviendas aisladas térmicamente:** 3000 viviendas/año	**Viviendas aisladas térmicamente:** 2000 viviendas/año	**Viviendas aisladas térmicamente:** 1000 viviendas/año
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. - Zona 5 + Muro	**Año inicio:** 2015	**Año inicio:** 2017	**Año inicio:** 2020
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas	**Año inicio:** 2015	**Año inicio:** 2017	**Año inicio:** 2020
M17	No permitir Humos visibles	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 30%	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 20%	**Inicio:** 2015 **% de viviendas mejoran el modo de operación:** 10%
M20	Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio. - Alerta: Restricción en 2 zonas - Preemergencia: Restricción en 3 zonas - Emergencia: Restricción en 4 zonas	**Año inicio:** 2015 No aplica escenarios de penetración		
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo	**Año inicio:** 2015 No aplica escenarios de penetración		

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Como ya se mencionó se recomienda seguir, en el Plan de Descontaminación de MP2.5 de la zona de Temuco y Padre las Casas, un cronograma de implementación asociado al Escenario Esperado el cual tenía como meta al año 2025 reducir un 66.7% las emisiones de MP2.5 con respecto a la línea base, meta que a partir de las medidas contenidas en el Paquete 2 (asociadas al nivel de penetración del escenario esperado) es posible alcanzar teniendo además una rentabilidad social positiva con una razón costo beneficio igual a 2.7, un valor presente de los costos para el periodo comprendido entre el 2015 – 205 igual a 4,131,585 UF, un valor presente de los ahorros igual a 2,579,969 UF y un valor presente de los beneficios en salud igual a 8,277,739 UF.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10. Anexos

10.1 Propuesta de Medidas a Evaluar entregado por la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía

PROPUESTAS DE MEDIDAS PARA EVALUAR (viabilidad jurídica, viabilidad técnica, costos, reducción de emisiones, impactos sociales)
PLAN DE DESCONTAMINACIÓN PARA MP2,5 TEMUCO Y PADRE LAS CASAS
Unidad de Asuntos Atmosféricos **SEREMI del Medio Ambiente, Región de La Araucanía**
Febrero 2013

A continuación se detallan las medidas que deberán ser evaluadas en el marco del estudio **"Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas"** que se encuentra desarrollando el DICTUC , sin desmedro de que, la consultora, en base a los antecedentes que se generen en el desarrollo del estudio, pueda proponer otras medidas.

Las medidas son las siguientes:

1) **Revisión y evaluación de las actuales medidas contenidas en el PDA de MP10, en especial aquellas que tiene reducción efectiva de emisiones. Para ellas se deberán evaluar nuevas metas, plazos, alcances y formas de aplicación según corresponda, apuntando al logro de la meta de reducción de emisiones de MP2,5 que se establezca. En este contexto las medidas de mayor relevancia son las siguientes:**

    1. Exigencia de uso y comercialización de leña seca.
    2. Programa de mejoramiento térmico de viviendas en el marco del PPPF: Plantear nuevas metas en cuanto a número de viviendas con mejoramiento térmico y plazos en relación a aportar a la meta de reducción de emisiones de MP2,5 que se establezca.
    3. Programa de recambio de estufas: Plantear nuevas metas en cuanto a número de estufas recambiadas, tipo de tecnología y plazos en relación a aportar a la reducción de emisiones de MP2,5 que se establezca.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

4. Compensación de emisiones. Buscar nuevas formas de aplicación.
5. Programas de educación y difusión.

2) Se deberán evaluar las siguientes propuestas de medidas nuevas referidas a la reducción de emisiones del sector residencial producto de la combustión de leña. Las medidas se sub clasifican en las siguientes categorías: combustible, artefacto de combustión, vivienda y Plan operacional de episodios críticos.

MEDIDAS ASOCIADAS AL COMBUSTIBLE	
NOMBRE DE LA MEDIDA	**Descripción de la medida**
Registro obligatorio para comerciantes de leña, con prohibición de venta para quienes no estén en el registro.	Se deberá implementar un registro de comerciantes de leña, con el fin de ordenar el comercio de la leña, para facilitar la posterior fiscalización de la humedad de la leña, y monitorear los precios de venta. Aunque el comerciante sea de otra comuna si quiere vender en Temuco-PLC debe estar registrado y aceptar las condiciones de venta en la ciudad. También es probable que quienes se encuentren en el registro puedan obtener algún beneficio como incentivos al secado de leña, por ejemplo. **Responsable:** evaluar según competencias, puede ser Ministerio de Energía, los Municipios, etc. **Plazo para inicio:** inmediato **Plazo de aplicación:** permanente
Los comerciantes de leña deberán disponer de medidores de humedad (xilohigrómetros) en su salón de venta y llevarlo también en la distribución de leña a domicilio.	El uso de xilohigrómetro permitirá al usuario verificar la humedad de la leña que se compra. **Responsable:** evaluar según competencias, puede ser Ministerio de Energía, los Municipios, etc. **Plazo para inicio:** inmediato

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Plazo de aplicación: permanente
Programa de subsidios o incentivos en capital de trabajo para comerciantes y productores de leña.	El contar con un capital de trabajo adicional permitirá a los productores o comerciantes de leña aumentar stock de leña seca en la zona saturada, para lograr cubrir la demanda durante el invierno. **Responsable:** evaluar según competencias, puede ser CORFO, SERCOTEC O INDAP **Plazo para inicio:** inmediato **Plazo de aplicación:** 3 años o hasta que se logre cierto stock permanente de leña seca.
Programa de subsidios a combustibles biomásicosde bajas emisiones. Incorporar en la evaluación otros combustibles como gas, kerosene y electricidad.	Tiene por objeto promover el uso de biomasa como pellets u otra, que sustituya el uso de leña. Podría aplicarse si la familia hizo recambio de tecnología (de leña a pellets por ejemplo) Podría ser un bono por el diferencial del costo operativo entre la leña y el pellets u otro combustible más caro. **Responsable:** evaluar según competencias, puede ser Ministerio de Energía. **Plazo para inicio:** un año (inmediato para diseñar y generar mecanismo, un año para comenzar aplicación) **Plazo de aplicación:** por evaluar, puede ser un periodo corto para acelerar la decisión del cambio tecnológico.
Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de leña y derivados de la madera (biomasa)	Creación de centros de acopio, procesamiento y secado de leña o de producción de biomasa con subvención estatal, para mejorar/aumentar oferta de leña y otros combustibles biomásicos.Aumentar stock de leña seca u otros combustibles biomásicos en la zona saturada, para cubrir 100% de la demanda.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Responsable: evaluar según competencias, puede ser Economía a través de SERCOTEC regional, con financiamiento regional del GORE. **Plazo para inicio:** inmediato **Plazo de aplicación:** por evaluar, puede ser un periodo corto para acelerar participación de interesados y acelerar obtención de resultados.

MEDIDAS ASOCIADAS A LOS ARTEFACTOS DE COMBUSTION A LEÑA	
NOMBRE DE LA MEDIDA	**Descripción de la medida**
Prohibir gradualmente los calefactores a leña en uso que no cumplan norma de emisión.	Medida es factible en un escenario con norma de emisión vigente (1º octubre 2013) Su objetivo es acelerar y acortar el plazo del recambio que se dará naturalmente con el tiempo. Se puede partir por los artefactos más antiguos, para ello se cuenta con sistema de registro de artefactos, o hacerlo por zonas de la ciudad. Se debería partir con todo artefacto que no esté registrado (el otro año habría que anunciar que aquellos artefactos que no se encuentren registrados serán considerados los más antiguos). Esta medida debe ir apoyada de los programas de recambio de artefactos. **Responsable:** evaluar según competencias, puede ser SEC. **Plazo para inicio:**3 años para comenzar, pero se puede aplicar en varios años según sectores. **Plazo de aplicación:**Permanente.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC.	Esta medida tiene por objeto eliminar la alternativa de que los calefactores que no cumplen norma comiencen a ser reemplazados por cocinas *(recordar que a las cocinas no se les exige la norma de emisión).* Aplicar esta medida a menos que la cocina cuente con un certificado de emisiones que acredite una emisión igual, o mayor a los más en X%, a la norma para los calefactores. **Responsable:** evaluar según competencias, puede ser SEC, o Seremi de Salud, o municipios. **Plazo para inicio:**3 años **Plazo de aplicación:**permanente.
Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	Medida apunta a incentivar el uso de tecnologías más eficientes y/o buscar alternativas a la leña, como complemento de calefacción en la vivienda, sobre todo para aquellas de mayor superficie. **Responsable:** evaluar según competencias, Seremi de Salud, o municipios. **Plazo para inicio:**1 año **Plazo de aplicación:**permanente.
No permitir Humos visibles: Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala Ringelmann u otra alternativa	Se permitiría la emisión de humos visibles durante un máximo de 20 minutos continuos en la operación de equipos de calefacción residencial, sean nuevos (con norma) o antiguos. Esta medida apunta no solo al uso de una mejor tecnología, sino que también incentiva el uso de leña seca y una mejor manipulación del equipo.Esta medida podría sustituir la fiscalización domiciliaria de la leña seca. Esta medida es muy útil aun cuando tengamos un parque con solo calefactores de leña que

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	cumplan norma, ya que un calefactor con leña húmeda o mal manipulado puede generar mayores emisiones, por tanto es una medida complementaria. **Responsable:** evaluar según competencias, Seremi de Salud, o municipios. **Plazo para inicio:**inmediata **Plazo de aplicación:**permanente.
Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.	Esta medida apuntaría a estimular que en aquellas viviendas de mayor superficie y de mayor demanda energética (asociado también a familias con más recursos económicos) se opte por tecnología y/o combustibles más limpios y eficientes. **Responsable:** evaluar según competencias, municipios? **Plazo para inicio:** 2 años para viviendas existentes, inmediato para viviendas nuevas. **Plazo de aplicación:** permanente.
Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas nuevas, o Prohibir el uso de artefactos <u>unitarios</u> a leña en viviendas nuevas	Esta medida apunta a ir congelando el parque de artefactos a leña en la zona saturada. En la búsqueda de alternativas de calefacción debe haber participación del sector inmobiliario y del SERVIU para el caso de viviendas sociales. **Responsable:**Dirección de obras de los Municipios. **Plazo para inicio:** inmediato. **Plazo de aplicación:** permanente.
Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en sector comercial, industrial y público.	Incentivar el uso de otros combustibles más limpio u biomasa como pellets, o bien calefacción a leña pero del tipo calefacción

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	central. **Responsable:** evaluar según competencias, Seremi de Salud. **Plazo para inicio:**1 año para establecimientos existentes, inmediato para viviendas nuevas. **Plazo de aplicación:** permanente.
Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en edificios residenciales existentes.	Medida apunta a eliminar la mala práctica de uso de artefactos a leña en departamentos de edificios, lo cual sucede mayoritariamente en sectores vulnerables, por lo mismo la medida debe ir de la mano con programas de recambio de leña por otro combustible más apto para departamentos. **Responsable:**SEC **Plazo para inicio:** 2 a 3 años. **Plazo de aplicación:** permanente.

MEDIDAS ASOCIADAS A LAS VIVIENDAS	
VIVIENDAS EXISTENTES:	
NOMBRE DE LA MEDIDA	**Descripción de la medida**
Implementar programa de Incentivos-subsidios a la aislación térmica en viviendas de más de 650 UF, que actualmente no pueden postular al PPPF térmico tradicional. El incentivo o subsidio debería permitir llegar a una calificación energética clase C.	Tiene por objetivo que viviendas de mayor valor puedan implementar mejoras en su aislación térmica y de esta forma usar menos energía para calefacción. Aparte de programas del Minvu-Serviu podrían buscarse alternativas como incentivos a través de créditos hipotecarios o incentivos de rebaja de contribuciones para viviendas mejor aisladas (que cumplan estándares de la norma de envolvente térmica o calificación energética clase C). **Responsable:**MINVU – SERVIU, GORE.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Plazo para inicio: Inmediato. **Plazo de aplicación:**Según meta y plazo que se establezca como necesario.
Establecer nueva meta de mejoramiento térmico en el marco del PPPF y lograr para estas viviendas llegar a una calificación energética clase C.	Tiene por objetivo no solo continuar con el mejoramiento térmico del actual PDA, sino apuntar a lograr en la vivienda una calificación energética clase C. **Responsable:**MINVU – SERVIU, GORE. **Plazo para inicio:**Inmediato. **Plazo de aplicación:**Según meta y plazo que se establezca como necesario.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

VIVIENDAS NUEVAS:	
NOMBRE DE LA MEDIDA	**Descripción de la medida**
Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. Alternativas: (1) Aplicar zona térmica 6 ó 7 de la OGUC en la zona saturada. O, (2) Exigir calificación energética clase C para viviendas nuevas.	Tiene por objetivo que las viviendas que se construyan en la zona saturada sean eficientes térmicamente y tenga un reducido uso de combustibles para calefacción. **Responsable:**MINVU – SERVIU, GORE. **Plazo para inicio:**Inmediato. **Plazo de aplicación:**Permanente.
Programas de incentivo (tributario?) asociado a calefacción distrital para proyectos inmobiliarios nuevos.	Incentivar la instalación de calefacción distrital en nuevos proyectos inmobiliarios, de tal forma que se reduzca al máximo el aporte en emisiones del nuevo proyecto. **Responsable:**MINVU – SERVIU, GORE. **Plazo para inicio:**Inmediato. **Plazo de aplicación:**Permanente.
Toda vivienda nueva deberá compensar sus emisiones, o Replantear artículo 50 del PDA en lo referido a las condiciones para ingresar al SEIA. (Evaluar con N° de viviendas y no superficie total, puesto que hay viviendas muy pequeñas en superficie).	Debe hacerse más exigente para que un mayor número de proyectos ingresen al SEIA y se les pueda exigir compensaciones a sus emisiones. **Responsable:**SEA. **Plazo para inicio:**Inmediato. **Plazo de aplicación:**Permanente. Aparte del SEIA a través de que otro mecanismo se pude aplicar esto?

MEDIDAS ASOCIADAS A PLAN OPERACIONAL DE EPISODIOS CRITICOS	
NOMBRE DE LA MEDIDA	**Descripción de la medida**

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Restricción de uso de artefacto a leña en toda la zona urbana de Temuco y PLC, en EPISODIO según pronóstico de la calidad del aire. La restricción se puede aplicar también por zonas, Por ejemplo: Alerta: restricción en 2 zonas Preemergencia: restricción en 4 zonas Emergencia: restricción en 6 zonas	Cuando el pronóstico de calidad del aire genere un pronóstico de alerta, preemergencia o emergencia se deberá generar una prohibición del uso de leña en toda la ciudad o en ciertos sectores. Se debe evaluar a partir de que categoría de episodio se debe aplicar (alerta, preemergencia o emergencia). Se debe evaluar a partir de qué porcentaje de las viviendas que dejen de usar leña se generaría un efecto positivo en la calidad del aire (por ejemplo bajar una categoría del episodio o bien no tener episodio) **Responsable:**MMA **Plazo para inicio:**Inmediato. **Plazo de aplicación:**Permanente.
Restricción de uso de artefacto a leña antiguos que no cumplen norma de emisión en toda la zona urbana de Temuco y PLC, en EPISODIO según pronóstico de la calidad del aire.	Alternativa a la anterior, sin embargo hay que simular si a media que aumenten los artefactos que cumplen norma, la medida tiene algún efecto sobre evitar el episodio. **Responsable:**MMA **Plazo para inicio:** 1 año **Plazo de aplicación:**Permanente. Aunque a largo plazo no tendría sentido si se aplica exigencia de usar solo artefactos que cumplen norma.

RTR/ Unidad de Asuntos Atmosféricos
SEREMI del Medio Ambiente Región de La Araucanía

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.2 Listado ampliado de medidas

La tabla a continuación presenta el listado ampliado de medidas a partir del cual fue seleccionado el listado final de medidas a evaluar. Aquí se indican todas las clasificaciones (tipología y clasificación Medida / Instrumento Económico / Programa Complementario) y si es que finalmente es considerada en la evaluación o no.

Tabla 10-1 Listado Ampliado de Medidas de Potencial Reducción de Emisiones

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Clasificación	Se evaluará?
Combustible	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Comercialización y Utilización de Leña Seca	Medida con Red Emisiones	Sí
		Disposición de medidores de humedad (xilohigrómetros) en salón de venta de comerciantes de leña y distribución a domicilio.	Programa Complementario	Sí
		Fomento a la asociación de productores pequeños	Programa Complementario	Sí
		Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de leña y derivados de la madera (biomasa)	Programa Complementario	Sí
		Programa de subsidios o incentivos en capital de trabajo para comerciantes y productores de leña.	Instrumento Económico	Sí
		Registro obligatorio para comerciantes de leña, con prohibición de venta para quienes no estén en el registro.	Programa Complementario	Sí
	Cambio de Combustible Leña a otro de menor emisión	Especificaciones al Kerosene	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
		Programa de subsidios a combustibles biomásicos de bajas emisiones.	Instrumento Económico	Sí
		Programa de subsidios a otros combustibles como gas, kerosene y/o electricidad.	Instrumento Económico	Sí
		Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción	Medida con Red Emisiones	Sí
Tecnología (artefactos)	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en edificios residenciales	Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en edificios residenciales existentes y nuevos.	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
		Recambio de calderas en edificios	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en sector comercial,	Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en sector comercial, industrial y público.	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
		Recambio de calderas en instituciones públicas, comerciales y hospitales	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Clasificación	Se evaluará?
	industrial y público (nuevos y existentes)			
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas existentes	Aumentar la penetración del Programa de Recambio (PDA MP10)	Instrumento Económico	Sí
		Recambio de Equipos a Leña	Medida con Red Emisiones	Sí
		Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión.	Medida con Red Emisiones	Sí
		Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda	Medida con Red Emisiones	Sí
		Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda	Medida con Red Emisiones	Sí
		Instalación de Eco Filtros en Calefactores	Medida con Red Emisiones	Sí
		Recambio de cocina a leña	Medida con Red Emisiones	Sí
		Programa de recambio de cocinas a leña por cocinas a gas	Instrumento Económico	Sí
		Programas de incentivo (tributario u otro) para sustituir artefactos a leña por otros sistemas de calefacción (no leña).	Instrumento Económico	Sí
		Prohibir el uso de cocinas a leña en la zona urbana de Temuco y PLC.	Medida con Red Emisiones	Sí
		Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
	Utilización de tecnologías y/o combustibles de calefacción más eficientes en viviendas nuevas	Prohibir el uso de artefactos unitarios a leña en viviendas nuevas	Medida con Red Emisiones	Sí
		Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas nuevas	Medida con Red Emisiones	Sí
		Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño	Medida con Red Emisiones	Sí
		Calefacción distrital en proyectos inmobiliarios nuevos	Medida con Red Emisiones	No
		Programas de incentivo (tributario u otro) asociado a calefacción distrital para proyectos inmobiliarios nuevos.	Instrumento Económico	Sí
		Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF.	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
Aislación Térmica	Mejorar aislación térmica de viviendas existentes	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF - Llegar a la Norma - Llegar más allá de la norma (zona térmica superior) - Calificación Energética C	Medida con Red Emisiones	Sí
		Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF - Llegar a la norma - Llegar más allá de la norma (zona térmica superior)	Medida con Red Emisiones	Sí

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tipología	Objetivo	Programas / Medidas	Clasificación	Se evaluará?
		- Calificación Energética C		
		Aumentar la penetración del Programa de Mejoramiento Térmico de Viviendas Existentes - Programa PPPF (PDA MP10)	Instrumento Económico	Sí
		Implementar programa de Incentivos-subsidios a la aislación térmica en viviendas de más de 650 UF, que actualmente no pueden postular al PPPF térmico tradicional. El incentivo o subsidio debería permitir llegar a una calificación energética clase C.	Instrumento Económico	Sí
	Mejorar aislación térmica de viviendas nuevas	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas. · Aplicar zona térmica 6 ó 7 de la OGUC en la zona saturada. · Exigir calificación energética clase C para viviendas nuevas.	Medida con Red Emisiones	Sí
		Obligación de 1 renovación aire / hora en viviendas nuevas	Medida con Red Emisiones	Sí
		Límite de emisión unitario en kg/año para viviendas nuevas construidas en la zona saturada.	Medida con Red Emisiones	Sí
Complementaria	Aumentar efectividad de mejora en humedad de la leña y/o recambio de artefacto a leña por uno de menor emisión	No permitir Humos visibles : Fiscalización de emisiones residenciales con opacímetros o escala Ringelmann u otra alternativa	Medida con Red Emisiones	Sí
General	Compensación de emisiones para viviendas nuevas	Exigencia para que toda vivienda nueva compense sus emisiones.	Medida con Red Emisiones pero sin información para evaluar	No
		Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA (PDA MP10) u otro mecanismo para declarar emisiones y compensarlas.	Medida con Red Emisiones	Sí
Gestión de Episodios Críticos	Restricción de uso de artefacto a Leña en zona saturada	Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación.	Medida con Red Emisiones	Sí
		Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodio. · Alerta: Restricción en 2 zonas · Preemergencia: Restricción en 4 zonas · Emergencia: Restricción en 6 zonas	Medida con Red Emisiones	Sí
Quemas Agrícolas	Restricción de quemas agrícolas	Ampliar periodo de prohibición de quemas (Marzo)	Medida con Red Emisiones	Sí

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl
i+d

10.3 Justificación de no evaluación medidas especificas

La tabla a continuación muestra todas aquellas medidas que fueron sugeridas para su evaluación por la contraparte o por el consultor pero que por falta de información o infactibilidad técnica de implementación fueron eliminadas del listado. Se presenta para cada una de ellas la razón de eliminación y en algunos casos, la forma en la cual fue incorporada en alguna otra medida que si se evalúa. Estas consideraciones fueron conversadas y consensuadas con la contraparte.

Medida	Razón de no Inclusión	Comentario
Especificaciones al Kerosene	El efecto de esta medida es mejorar el contenido de S (azufre) del combustible. En la presente evaluación se realiza el supuesto que en la zona de Temuco y Padre las Casas la generación de material particulado segundario es despreciable por lo que esta medida no genera ninguna reducción de $MP_{2,5}$.	
Prohibir uso de artefactos unitarios a leña en viviendas de más de 4000 UF (existentes y nuevas).	No podemos evaluar esto ya que no sabemos la relación equipo - característica vivienda ni tampoco el patrón de consumo de leña de viviendas de más de 4000 UF. En base a la encuesta de la UFRO solo se tiene las categorías 1) menos de 8.5M 2) 8.5 y 17M 3) 17 y 34M 4) 34M y más.	No se evalúa pero se considera equivalente (objetivo equivalente) a la medida prohibición de utilización a leña según tamaño de vivienda la cual si posee información para evaluarse y está incluida en el listado de medidas a evaluar.
Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en edificios residenciales existentes y nuevos.	Según algunas fuentes de información se considera que los departamentos no utilizan leña. Por otro lado, la encuesta de consumo de leña desarrollada por la UFRO, de un total de 2.004 encuestas, solo 14 se encuentra realizada a departamentos (0,7% del total de viviendas). De estos, solo 4 declaran que utilizan leña (0,2% del total de viviendas, 29% del total de departamentos). Se considera que dada la baja participación de tipología departamento que utiliza leña (0,2%), la reducción de emisiones asociada a esta medida es despreciable por lo que se elimina del listado.	
Recambio de calderas en edificios	Para evaluar la reducción de emisiones de esta medida las calderas que se verían afectadas serían todas aquellas calderas de calefacción que tienen obligación de declarar sus emisiones. Estas son las mismas a las cuales, producto del PDA de MP10 se les estableció una norma de emisión. No se considera adecuado en un plazo tan corto, implementar dos medidas que afecten a este sector siendo que ya tuvieron que instalar tecnología de abatimiento o realizar un cambio de combustible con el consiguiente cambio tecnológico. Se considera que con la norma de emisión asociado al PDA de MP10 ya está abordado este sector. De todas maneras, en caso de que se evaluara tendría que evaluarse como “Recambio de Calderas de Calefacción – Todos los sectores” ya que no se cuenta con información de cuales son de edificios residenciales y cuáles del sector comercial, industrial y público.	

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

	Para evaluar la reducción de emisiones de calderas de calefacción más pequeñas que no declaran emisiones, no se cuenta con información para estimar estas emisiones.	
Prohibición de uso de leña en artefactos unitarios en sector comercial, industrial y público.	No se cuenta con información para evaluar esta medida, solo se tiene utilización de artefactos unitarios para el sector residencial.	De todas maneras, aunque no se tenga información para evaluar su reducción de emisiones, podría al menos mantenerse en el planteamiento del PDA para prohibir el uso de leña en el sector público.
Recambio de calderas en instituciones públicas, comerciales y hospitales	Ver justificación "Recambio de calderas en edificios".	
Exigencia para que toda vivienda nueva compense sus emisiones.	Más que no exista información para evaluarla, a una casa unitaria no se le puede pedir que compense las emisiones además de no poder fiscalizar esto. Al mencionar esta medida responde a buscar una opción para que proyectos inmobiliarios, aunque sean muy pequeños, compensen sus emisiones y esta medida ya existe en el listado de medidas a evaluar.	
Calefacción distrital en proyectos inmobiliarios nuevos	Se considera que esta medida es una de las opciones tecnológicas que poseen los proyectos inmobiliarios nuevos para no compensar las emisiones por lo que será evaluada como una opción de la medida "Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA (PDA MP10) u otro mecanismo para declarar emisiones y compensarlas". Esta decisión fue tomada luego de conversaciones con la contraparte en donde se indica que no es posible obligar una tecnología especifica de compensación por lo que no tiene sentido evaluar esta medida en particular sino que incluirla como método de reducción de emisiones para que los proyectos inmobiliarios eviten compensar.	

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.4 Tasa de Reducción de Emisiones para cada Medida Independiente

10.4.1Reducción Anual

Tabla 10-2Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/año) – Escenario Agresivo

ID	Medida		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		823	1,798	2,126	2,080	2,035	1,989	1,944	1,899
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	127	325	2,244	2,797	2,872	2,736	2,557	2,363
		Pellets	124	319	2,220	2,767	2,839	2,704	2,524	2,330
M3	Recambio de Calefactores		316	692	1,069	1,445	1,822	2,198	2,575	2,579
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0	151	134	116	99	2,787	2,633	2,479
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		1,509	1,445	1,380	1,316	1,252	1,187	1,123	1,058
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		1,707	1,673	1,640	1,607	1,574	1,540	1,507	1,474
M7	Instalación de filtros catalizadores		111	222	334	445	519	494	469	444
M8	Recambio de cocina a leña		91	183	274	365	456	547	638	637
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		0	0	0	0	0	2,908	2,912	2,917
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		5	9	14	19	24	28	33	38
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	36	65	90	111	130	148	164	179
		Zona 5 + Muros	80	156	229	297	363	424	482	469
		Zona 6	118	230	336	437	533	623	708	689
		Cal. Ener. C	99	193	283	369	449	525	597	580
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	126	247	362	470	573	670	761	741
		Zona 5 + Muros	129	252	369	479	584	683	776	755
		Zona 6	184	359	526	684	833	974	1,107	1,077
		Cal. Ener. C	157	306	448	583	710	830	943	918
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	211	412	603	785	956	1,118	1,270	1,236
		Zona 6	15	27	36	45	52	59	65	71
		Zona 7	8	14	20	24	28	32	35	38
		Cal. Ener. C	16	28	38	47	55	62	69	75
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		19	35	48	59	69	77	85	93
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		11	20	28	34	40	45	50	54
M17	No permitir Humos visibles		432	415	397	380	363	345	328	310
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo		67	67	67	67	67	67	67	67

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 10-3Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/año) – Escenario Esperado

ID	Medida		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		443	806	1,154	1,545	1,860	1,819	1,944	1,899	1,854	1,810	1,764
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	0	0	65	73	168	1,078	1,593	1,850	1,943	1,892	1,691
		Pellets	0	0	63	71	164	1,065	1,575	1,829	1,920	1,869	1,669
M3	Recambio de Calefactores		207	456	714	972	1,230	1,488	1,746	2,004	2,263	2,528	2,495
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0	151	134	116	99	81	64	46	2,326	2,177	2,023
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		0	0	875	834	793	753	712	671	630	590	546
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		0	0	1,640	1,607	1,574	1,540	1,507	1,474	1,441	1,409	1,376
M7	Instalación de filtros catalizadores		76	153	229	306	382	459	469	444	419	394	367
M8	Recambio de cocina a leña		61	121	182	242	303	363	423	483	543	603	603
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		0	0	0	0	0	0	0	0	2,921	2,925	2,929
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0	0	3	5	8	11	14	16	19	22	25
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	25	46	63	78	91	103	114	124	132	138	145
		Zona 5 + Muros	53	104	152	198	242	283	321	357	391	423	411
		Zona 6	78	153	224	292	355	416	472	525	575	622	605
		Cal. Ener. C	66	129	189	246	299	350	398	442	484	524	510
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	84	165	241	314	382	447	508	564	618	669	650
		Zona 5 + Muros	86	168	246	320	390	455	517	575	630	682	663
		Zona 6	122	239	350	456	556	650	738	821	898	973	945
		Cal. Ener. C	104	204	299	388	473	553	629	699	765	829	806
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	141	275	402	523	638	745	847	942	1,031	1,116	1,085
		Zona 6	0	0	12	22	31	39	46	53	59	63	67
		Zona 7	0	0	7	12	17	21	25	29	32	34	36
		Cal. Ener. C	0	0	13	24	33	42	49	56	62	66	71
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0	0	16	29	41	52	61	70	77	82	88
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0	0	9	17	24	30	36	41	45	48	52
M17	No permitir Humos visibles		288	277	265	253	242	230	218	207	195	184	171
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 10-4Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/año) – Escenario Pasivo

ID	Medida		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		443	433	607	594	756	909	889	868	847	827	806	785	764	743	721	700
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	0	0	0	0	0	28	71	467	756	955	1,082	1,149	1,167	1,027	822	617
		Pellets	0	0	0	0	0	27	69	462	748	945	1,070	1,136	1,154	1,014	811	607
M3	Recambio de Calefactores		113	219	358	498	638	777	917	1,056	1,197	1,343	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,347
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0	151	134	116	99	81	64	46	30	17	12	12	12	12	12	1,234
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		0	0	0	0	0	278	263	248	232	218	201	184	167	150	132	115
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		0	0	0	0	0	1,540	1,507	1,474	1,441	1,409	1,376	1,343	1,310	1,277	1,244	1,211
M7	Instalación de filtros catalizadores		42	83	125	167	209	250	292	334	375	394	367	338	309	281	252	223
M8	Recambio de cocina a leña		30	60	90	119	149	179	208	238	268	297	297	297	297	297	297	296
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,950
M11 *	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	26	46	63	78	91	103	113	123	131	136	143	150	158	165	172	179
		Zona 5 + Muros	27	52	76	99	121	141	161	179	195	212	206	199	193	187	180	174
		Zona 6	39	77	112	146	178	208	236	262	287	311	302	293	284	274	265	256
		Cal. Ener. C	33	64	94	123	150	175	199	221	242	262	255	247	239	231	223	216
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	42	82	121	157	191	223	254	282	309	335	325	315	305	295	285	275
		Zona 5 + Muros	43	84	123	160	195	228	259	288	315	341	331	321	311	301	291	280
		Zona 6	61	120	175	228	278	325	369	410	449	486	473	458	444	429	414	400
		Cal. Ener. C	52	102	149	194	237	277	314	350	383	414	403	390	378	366	353	341
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	70	137	201	262	319	373	423	471	515	558	543	526	509	492	476	459
		Zona 6	0	0	0	0	0	10	19	27	34	39	45	50	56	61	66	71
		Zona 7	0	0	0	0	0	5	10	14	18	21	24	27	30	33	36	38
		Cal. Ener. C	0	0	0	0	0	10	20	28	36	41	47	53	59	64	70	75
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0	0	0	0	0	13	24	35	44	51	59	66	73	80	86	93
M16	Límite de Emisión Viviendas unit. Nuevas		0	0	0	0	0	8	14	20	26	30	34	39	43	47	51	54
M17	No permitir Humos visibles		144	138	132	127	121	115	109	103	98	92	85	79	72	65	59	52
M21	Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.4.2Reducción Diaria

Tabla 10-5Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/día) – Escenario Agresivo

ID	Medida		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		5.2	11.3	13.4	13.1	12.8	12.5	12.2	11.9
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	0.8	2.0	14.1	17.6	18.1	17.2	16.1	14.9
		Pellets	0.8	2.0	14.0	17.4	17.9	17.0	15.9	14.7
M3	Recambio de Calefactores		2.0	4.4	6.7	9.1	11.5	13.8	16.2	16.2
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0.0	1.0	0.8	0.7	0.6	17.5	16.6	15.6
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		9.5	9.1	8.7	8.3	7.9	7.5	7.1	6.7
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3
M7	Instalación de filtros catalizadores		0.7	1.4	2.1	2.8	3.3	3.1	2.9	2.8
M8	Recambio de cocina a leña		0.6	1.1	1.7	2.3	2.9	3.4	4.0	4.0
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	18.3	18.3
M11*	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	0.5	1.0	1.4	1.9	2.3	2.7	3.0	2.9
		Zona 5 + Muros	0.7	1.4	2.1	2.8	3.4	3.9	4.5	4.3
		Zona 6	0.6	1.2	1.8	2.3	2.8	3.3	3.8	3.7
		Cal. Ener. C	0.8	1.6	2.3	3.0	3.6	4.2	4.8	4.7
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	0.8	1.6	2.3	3.0	3.7	4.3	4.9	4.8
		Zona 5 + Muros	1.2	2.3	3.3	4.3	5.2	6.1	7.0	6.8
		Zona 6	1.0	1.9	2.8	3.7	4.5	5.2	5.9	5.8
		Cal. Ener. C	1.3	2.6	3.8	4.9	6.0	7.0	8.0	7.8
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
		Zona 6	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		Zona 7	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
		Cal. Ener. C	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
M17	No permitir Humos visibles		2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 10-6Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/día) – Escenario Esperado

ID	Medida		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		2.8	5.1	7.3	9.7	11.7	11.4	12.2	11.9	11.7	11.4	11.1
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas Natural	0.0	0.0	0.4	0.5	1.1	6.8	10.0	11.6	12.2	11.9	10.6
		Pellets	0.0	0.0	0.4	0.4	1.0	6.7	9.9	11.5	12.1	11.8	10.5
M3	Recambio de Calefactores		1.3	2.9	4.5	6.1	7.7	9.4	11.0	12.6	14.2	15.9	15.7
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0.0	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	14.6	13.7	12.7
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		0.0	0.0	5.5	5.2	5.0	4.7	4.5	4.2	4.0	3.7	3.4
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda		0.0	0.0	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7
M7	Instalación de filtros catalizadores		0.5	1.0	1.4	1.9	2.4	2.9	2.9	2.8	2.6	2.5	2.3
M8	Recambio de cocina a leña		0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.7	3.0	3.4	3.8	3.8
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	18.4	18.4
M11 *	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	0.3	0.7	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.6
		Zona 5 + Muros	0.5	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	3.8
		Zona 6	0.4	0.8	1.2	1.5	1.9	2.2	2.5	2.8	3.0	3.3	3.2
		Cal. Ener. C	0.5	1.0	1.5	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	3.9	4.2	4.1
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	0.5	1.1	1.5	2.0	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.3	4.2
		Zona 5 + Muros	0.8	1.5	2.2	2.9	3.5	4.1	4.6	5.2	5.7	6.1	5.9
		Zona 6	0.7	1.3	1.9	2.4	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.1
		Cal. Ener. C	0.9	1.7	2.5	3.3	4.0	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	6.8
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
		Zona 6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		Zona 7	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
		Cal. Ener. C	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
M17	No permitir Humos visibles		1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 10-7Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida (ton/día) – Escenario Pasivo

ID	Medida		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca		2.8	2.7	3.8	3.7	4.8	5.7	5.6	5.5	5.3	5.2	5.1	4.9	4.8	4.7	4.5	4.4
M2	Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción	Gas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	2.9	4.8	6.0	6.8	7.2	7.3	6.5	5.2	3.9
		Pellet	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	2.9	4.7	5.9	6.7	7.1	7.3	6.4	5.1	3.8
M3	Recambio de Calefactores		0.7	1.4	2.3	3.1	4.0	4.9	5.8	6.6	7.5	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión		0.0	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	7.8
M5	Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda (existente)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
M6	Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por viv.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7	8.4	8.2	8.0	7.8	7.6
M7	Instalación de filtros catalizadores		0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.6	1.4
M8	Recambio de cocina a leña		0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6
M11 *	Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
M12	Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF	Zona 5	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
		Zona 5 + Muros	0.2	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6
		Zona 6	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4
		Cal. Ener. C	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7
M13	Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF	Zona 5	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8
		Zona 5 + Muros	0.4	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5
		Zona 6	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1
		Cal. Ener. C	0.4	0.9	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.2	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas	Zona 5 + Muros	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
		Zona 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		Zona 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
		Cal. Ener. C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
M16	Límite de Emisión Viviendas Unitarias Nuevas		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
M17	No permitir Humos visibles		0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.5 Tasa de Reducción de Emisiones Diarias para cada Medida según Paquete Recomendado (Paquete de Medidas 2)

Tabla 10-8Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida – Paquete 2 – Escenario Agresivo (ton/día)

ID	Medida	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	5.1	10.8	12.6	12.1	11.6	11.1	10.7	10.4
M3	Recambio de Calefactores	1.8	3.3	4.7	6.3	7.8	9.2	10.6	10.6
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión						4.6	2.7	2.1
M8	Recambio de cocina a leña	0.5	0.9	1.2	1.6	2.0	2.3	2.6	2.6
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión						10.6	10.1	10.1
M12 / M13	Aislación Térmica de viviendas existentes: Zona 5 + Muro	0.9	1.7	2.5	3.2	3.9	4.6	5.2	5.1
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas: Zona 5 + Muro	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
M17	No permitir Humos visibles	2.4	1.7	1.4	1.1	0.8	0.1	0.1	0.1
Total		**10.7**	**18.8**	**22.8**	**24.8**	**26.7**	**43.2**	**42.7**	**41.7**

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 10-9Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida – Paquete 2 – Escenario Esperado (ton/día)

ID	Medida	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	2.7	4.9	7.0	9.2	11.0	10.6	11.2	10.8	10.4	10.0	9.7
M3	Recambio de Calefactores	1.2	2.5	3.7	4.7	5.6	6.7	7.5	8.5	9.5	10.5	10.3
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión									2.4	0.9	0.4
M8	Recambio de cocina a leña	0.4	0.7	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.5
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión									10.6	10.3	10.3
M12 / M13	Aislación Térmica de viviendas existentes: Zona 5 + Muro	0.6	1.1	1.7	2.2	2.6	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	4.5
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas: Zona 5 + Muro			0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas			0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
M17	No permitir Humos visibles	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0
Total		**6.6**	**10.7**	**14.7**	**18.5**	**21.7**	**23.0**	**25.0**	**26.2**	**40.1**	**39.5**	**38.5**

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tabla 10-10Reducción de Emisiones de $MP_{2,5}$ por medida – Paquete 2 – Escenario Pasivo (ton/día)

ID	Medida	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
M1	Comercialización y Utilización de Leña Seca	2.8	2.7	3.7	3.6	4.6	5.5	5.3	5.2	5.0	4.9	4.7	4.6	4.5	4.3	4.2	4.1
M3	Recambio de Calefactores	0.7	1.3	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.0
M4	Prohibición gradual de calefactores a leña en uso que no cumplen norma de emisión																0.9
M8	Recambio de cocina a leña	0.2	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5
M9	Prohibir el uso de cocinas a leña que no cumplan norma de emisión																14.2
M12 / M13	Aislación Térmica de viviendas existentes: Zona 5 + Muro	0.3	0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9
M14	Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas: Zona 5 + Muro						0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
M15	Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas						0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
M17	No permitir Humos visibles	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0
Total		**4.7**	**5.7**	**7.9**	**8.9**	**10.9**	**12.8**	**13.7**	**14.6**	**15.5**	**16.4**	**16.3**	**16.1**	**15.9**	**15.8**	**15.6**	**30.4**

Fuente: Elaboración propia

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.6 Factibilidad Jurídica de Implementación de Medidas Evaluadas

10.6.1ASPECTOS GENERALES DE LA FISCALIZACIÓN DE LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

Desde la entrada en vigencia de la ley 20.417 que creó, en su artículo segundo, a la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, LOSMA), han quedado concentradas en dicho organismo prácticamente todas las potestades de ejecución, organización y coordinación de la fiscalización de las medidas y condiciones establecidas en los diferentes instrumentos de gestión ambiental.[42]

Con el objeto de cumplir con dicho mandato legal, la Superintendencia tiene la potestad de dictar e impartir directrices a los demás órganos de la Administración del Estado, lo cual debe hacerlo, a través de los Programas y Subprogramas de Fiscalización Ambiental, según lo establecido, principalmente, en los artículos 16[43] y 22[44] de la LOSMA.

---

[42]**Artículo 2º**.- La Superintendencia del Medio Ambiente tendrá por objeto **ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización**(…) de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, (…).

Los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental, conservarán sus competencias y potestades de fiscalización, en todas aquellas materias e instrumentos que no sean de competencia de la Superintendencia.

Los organismos sectoriales que cumplan funciones de fiscalización ambiental, **deberán adoptar y respetar** todos los criterios que la Superintendencia establezca en relación a la forma de ejecutar las actuaciones de fiscalización,pudiendo solicitar a ésta que se pronuncie al respecto.

[43]**Artículo 16**.- Para el desarrollo de las actividades de fiscalización, la Superintendencia **deberá establecer**, anualmente, los siguientes programas y subprogramas:

c) Los **programas de fiscalización de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación** para las diversas regiones en que ellos operen.

d) Los **subprogramas de fiscalización de Planes de Prevención y/o de Descontaminación,** donde se identificarán las actividades de fiscalización para cada servicio u organismo sectorial competente.

[44]**Artículo 22**.- La Superintendencia **realizará la ejecución**de las inspecciones, mediciones y análisis que se requieran para el cumplimiento de los programas y subprogramas de fiscalización**, como también encomendará dichas acciones a los organismos sectoriales, cuando corresponda.**

Para estos efectos, la Superintendencia impartirá directrices a los mencionados organismos sectoriales, informando, las acciones de fiscalización que éstosasumirán, los plazos y oportunidades para su realización y las demás condiciones pertinentes. A su vez, la Superintendencia **deberá informar a los organismos sectoriales correspondientes la ejecución de sus inspecciones, mediciones y análisis respectivos, de manera de evitar duplicidad de funciones.**

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En ese contexto, a la fecha se han emitido los siguientes cuerpos normativos que configuran y coordinan la potestad fiscalizadora de la Superintendencia de Medio Ambiente:

10.6.1.1 Resolución Exenta No. 276, publicada el 4 de abril de 2013, que "dicta e instruye normas de carácter general sobre el procedimiento de fiscalización ambiental de normas de calidad, normas de emisión, y planes de prevención y/o descontaminación".

Mediante ésta resolución se establecen las directrices y principios rectores del procedimiento de fiscalización ambiental de los instrumentos que indica. **En particular, no entrega potestades de fiscalización a otros organismos sectoriales,** pues se limita a definir y configurar el procedimiento de fiscalización propiamente tal.

10.6.1.2 Resolución Exenta No. 878, de 24 de diciembre de 2012, que establece los "Programas y Subprogramas Sectoriales de Fiscalización Ambiental de Planes de Prevención y/o Descontaminación para el año 2013". Vigente hasta el 31 de diciembre de 2013.

Mediante ésta resolución se establece en el **Programa de Fiscalización Ambiental**, el comprende las actividades de fiscalización ha realizar directamente por la Superintendencia del Medio Ambiente, un total de 30 Inspecciones Ambientales; ninguna medición o análisis; ningún examen de información; y se pretende realizar un total de 132 Informes de Inspección Ambiental.[45]

---

[45]Sin perjuicio de lo anterior, el mismo Programa establece que el número de exámenes de información y de informes de fiscalización ambiental es **variable**. *"En virtud de lo expuesto en el artículo 23 del DS 78 de 2010, del Minsegpres, este número es variable, pues se realizarán tantos exámenes de*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En cuanto a los **Subprogramas de Fiscalización Ambiental,** la resolución establece, en general, como organismos subprogramados, al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) , a la Subsecretaría de Salud Pública y a la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC). Sin embargo, cabe destacarse que actualmente –y por todo el periodo 2013-, y respecto del Plan de Descontaminación de Temuco y Padre las Casas vigente, **sólo** se programan actividades de fiscalización a la **Subsecretaría de Salud Pública**, y no así al SAG o a la SEC. En concreto, a la Subsecretaría se le subprograman 101 actividades de inspección a ambiental, ninguna medición o análisis, y ningún examen de información.

Sin perjuicio de lo anterior, cabe destacarse que en el caso de la **Gestión de Episodios Críticos**, la misma resolución establece que la Superintendencia podrá establecer otros Programas y Subprogramas de Fiscalización Ambiental.[46]

10.6.1.3 Resolución Afecta No. 58, de 5 de diciembre de 2012, tomado razón el 14 de diciembre de 2012, que "Aprueba el Convenio de Encomendación de Acciones de Fiscalización entre la Superintendencia del Medio Ambiente y la Subsecretaría de Salud Pública".Vigente hasta el 31 de diciembre de 2013.

Mediante el Convenio celebrado, las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud, y las Subsecretarías, en consecuencia, se comprometen a ejecutar las labores encomendadas de acuerdo a lo establecido en los Programas y Subprogramas, y en las directrices e instrucciones que la Superintendencia del Medio Ambiente imparta; lo anterior, *"sin perjuicio de la **facultad** de la Superintendencia para disponer la realización de **inspecciones no contempladas en los programas y subprogramas establecidos anualmente**, en caso de **denuncias** o **reclamos** y en **los demás casos** que se tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia"*.[47]

---

información como informes sean ingresados a la Superintendencia por titulares de fuentes puntuales y grupales, o calderas de calefacción grupal."

[46] Artículo Décimo Primero. Período de Gestión de Episodios Críticos. De conformidad a lo establecido en la letra g) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, respecto de los Planes de Prevención y/o Descontaminación que contengan normas sobre gestión de episodios críticos, la Superintendencia **podrá establecer otros programas y subprogramas de fiscalización ambiental**.

[47] Artículo Segundo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Por su lado, la Superintendencia se obliga a financiar los gastos en que incurran las Secretarías para el cumplimiento de las inspecciones adicionales no contempladas originalmente. Además, la Superintendencia se compromete a realizar actividades de fiscalización para los funcionarios de la subsecretaría, cuya fecha, lugar y gastos serán fijados de común acuerdo.

Por otro lado, se establece que cuando la autoridad sanitaria, en el ejercicio de sus funciones, tome conocimiento de alguna infracción que pueda ser competencia de la SMA, estará obligada a denunciarla a ésta, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 59 de la LOSMA. Asimismo, cuando la Superintendencia tome conocimiento de un asunto que sea de competencia de la Autoridad Sanitaria le remitirá los antecedentes, con el objeto de que se adopten las medidas que estime convenientes.

10.6.1.4 Resolución Exenta No. 204, de 4 de marzo de 2013, que "Aprueba Convenio de Colaboración de Fiscalización Ambiental entre la Superintendencia del Medio Ambiente y la Municipalidad de Temuco"; y Resolución Exenta No. 205, de 4 de marzo de 2013, que "Aprueba Convenio de Colaboración de Fiscalización Ambiental entre la Superintendencia del Medio Ambiente y la Municipalidad de Padre Las Casas". Ambos vigentes por un periodo de cuatro años.

El contenido de ambos convenios es prácticamente el mismo. En ambos casos la Municipalidad "**acuerda colaborar** con la Superintendencia del Medio Ambiente en la ejecución de las **actividades de fiscalización ambiental** que se establezcan en el correspondiente Subprograma de Fiscalización Ambiental del PDA de Temuco y Padre las Casas".[48]

En seguida, también en ambos casos, las Municipalidades se *"**comprometen a ejecutar** las actividades de fiscalización ambiental en las siguientes materias:*

[48]Artículo Primero.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

1) *El **cumplimiento de las obligaciones establecida en el artículo 4º** del PDA de Temuco y Padre las Casas.*[49]
2) *El **cumplimiento de la prohibición establecida en el artículo 14** del PDA de Temuco y Padre las Casas*.[50]
3) *El **cumplimiento de la prohibición establecida en el artículo 28** del PDA de Temuco y Padre las Casas.*[51]*"*[52]

Luego, el artículo tercero de los Convenios,*"La Municipalidad se compromete a **ejecutar el número de actividades de fiscalización ambiental que se establezcan en el subprograma**".*

Y finalmente, el artículo cuartodispone que*"Para la ejecución de las labores de fiscalización ambiental establecidas en el subprograma, la Municipalidad deberá ceñirse a las directrices, acciones, plazos y oportunidades que la Superintendencia establezca para su realización, **tanto en instrucciones de carácter general como en el mismo subprograma**, así como a las **demás condiciones** **que esta última imparta en razón de la letra ñ) del artículo 3 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente."***

[49]Artículo 4.- Transcurridos doce meses, contados de la publicación en el Diario Oficial del presente decreto, **toda la leña** que sea comercializada en las comunas de Temuco y Padre Las Casas deberá cumplir los requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial No 2907/2005 (…).
Las Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas, en el plazo de seis meses contados desde la entrada en vigencia del presente decreto, **establecerán medidas para el control del cumplimiento de lo señalado en el inciso anterior**, dentro de las cuales podrá considerar, de acuerdo a sus atribuciones, la dictación de una ordenanza.
CONAMA, en coordinación con los demás organismos públicos competentes, realizará las gestiones necesarias para la elaboración de un proyecto de ley destinado a la reglamentación y fiscalización de la leña y otros dendroenergéticos y de los artefactos de uso no industrial que los utilicen como combustible.

[50]Artículo 14.- Transcurridos seis meses, contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente decreto, **se prohíbe utilizar en las zonas urbanas y de expansión urbana, chimeneas de hogar abierto destinadas a la calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados**.
CONAMA y la SEREMI de Salud realizarán, previo a la vigencia de la medida, una campaña de información a la comunidad acerca de cuáles son las chimeneas afectas a esta disposición.

[51]Artículo 28.- **Se prohíbe** en la zona declarada saturada **la quema al aire libre, en la víapública o recintos privados, de hojas secas, restos de podas y todo tipo de desperdicios**.

[52] Artículo Segundo.

10.6.1.5 Decreto No. 12, publicado el 9 de mayo de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que "establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP 2,5". Vigente desde el 1 de enero de 2012.

Éste decreto, el cual fue dictado por el Ministerio del Medio Ambiente con posterioridad a la publicación de la Ley 20.417, que crea a la Superintendencia del Medio Ambiente, cuenta con una norma de particular relevancia que modifica las potestades de coordinación de los organismos sectoriales en la Gestión de Episodios Críticos de los respectivos Planes de Prevención y Descontaminación.

En efecto, el artículo 10 del Decreto establece que:

*"**Corresponderá** a las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI) del Medio Ambiente**, la coordinación de los distintos servicios públicos en la gestión de los episodios críticos de contaminación, en conformidad a la le**y, en la forma definida en el respectivo plan. Cuando se vea afectada más de una región, la coordinación la realizará el Ministerio de Medio Ambiente".*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Conclusión. De lo enunciado se puede concluir que con su entrada en funcionamiento, la ejecución, organización y coordinación de la fiscalización de las medidas comprendidas en un Plan de Prevención y Descontaminación corresponde, primeramente, a la Superintendencia del Medio Ambiente, la cual puede delegar dichas potestades en organismos sectoriales en virtud de los Programas, Subprogramas y Convenios de Encomendación, y/o en las Municipalidades, conforme a los Convenios de Colaboración suscritos.

A su vez, se concluye que en el caso de la coordinación de la fiscalización para las comunas de Temuco y Padre las Casas, en el contexto de su actual Plan de Descontaminación, la SMA sólo ha instruido mediante los Programas y Subprogramas de Fiscalización a la Subsecretaría de Salud Pública, y no así a otros organismos como la SEC y el SAG, principalmente debido a la ausencia de medidas fiscalizables por estos, a pesar de que en virtud de las competencias generales que sus respectivas leyes les otorgan podrían tener una mayor participación.

Sin embargo, a pesar de la escases de Programas y Subprogramas que comprendan la fiscalización del PDA de Temuco y Padre las Casas, la SMA igualmente tiene potestades, de acuerdo al artículo 19[53] de la LOSMA, para instruir actividades de fiscalización no comprendidas en la programación.

Por otra parte, al revisar la legislación vigente se puede apreciar una sola excepción a la regla expuesta. La regla es que de acuerdo al art. 2 LOSMA, la atribución de coordinar a los organismos sectoriales en la fiscalización de las medidas de los PDA corresponde a la SMA.

La excepción, por su lado, consiste en que durante los casos de Gestión de Episodios Críticos, la **coordinación** de los organismos sectoriales corresponderá no a la SMA, sino a las Secretarias Regionales Ministeriales del Medio Ambiente (Seremi MA), o al Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en caso de que sea afectada más de una región, conforme lo dispuesto en el Decreto que establece la norma de calidad primaria para MP 2,5 (art. 10).

Conforme a lo anterior, entonces, durante dichos episodios la coordinación de los

[53] *"Las actividades de fiscalización se ceñirán a los programas y subprogramas definidos,* ***sin perjuicio de la facultad de la Superintendencia para disponer la realización de inspecciones no contempladas en aquéllos, en caso de denuncias o reclamos y en los demás en que tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia."***

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

organismos sectoriales recaerá en las Seremi MA o en el MMA –según el caso-, y no en la SMA. En todo caso, el PDA podría hacerse cargo de ésta situación, estableciendo que durante estos episodios, la coordinación de los organismos sectoriales se mantenga en la SMA.

10.6.2LEÑA/OTROS COMBUSTIBLES.

10.6.2.1 Medida No. 1. Comercialización y utilización de leña seca.

En relación a ésta medida, cabe destacar las siguientes cuestiones:

Primero, que en el plano nacional no hay ningún cuerpo normativo de alcance general que regule específicamente la calidad de la leña y establezca obligaciones de certificación respecto de la misma.

Segundo, que en el plano local, es decir, en las comunas de Temuco y Padre las Casas, cada municipalidad ha regulado el tema mediante ordenanzas similares.
Tercero, que adicionalmente, debe tenerse en cuenta el Decreto Supremo No. 34, publicado el 27 de junio de 2013, del Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública, que *"declara alerta sanitaria y otorga facultades extraordinarias que indica"***,** y que otorgó temporalmente una serie de potestades a la Subsecretaría de Salud Pública, dependiente de la Seremi de Salud.En relación a esto es necesario destacar que la razón de la referencia al DS No. 34 radica en que si bien éste tuvo efectos temporales, podría eventualmente la Subsecretaría de Salud Pública dictar nuevamente un instrumento similar que le otorgue facultades extraordinarias de fiscalización, lo que refleja la extensión y alcance de las atribuciones en salud y medio ambiente de los organismos de

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

salud.[54] Por ello se recomienda hacer referencia a ésta circunstancia en el mismo PDA, con el objeto de precisar que en evento de gozar la Subsecretaría –temporalmente- de facultades extraordinarias que comprendan a las medidas establecidas en el mismo PDA, su organización y coordinación se mantenga en la SMA.

Y cuarto, que en relación a las facultades de la Superintendencia del Medio Ambiente, hay diversos Convenios de Encomendación y Colaboración que organizan y distribuyen las actividades de fiscalización.

Además, debe destacarse que jurídicamente la comercialización y utilización de leña seca consiste en una prohibición de comercializar y utilizar leña húmeda. Por ello, la distinción entre implementación y fiscalización de la medida es prácticamente irrelevante, pues la implementación de la medida consiste en la medición de la humedad contenida en la leña, lo cual se va a realizar mediante la fiscalización del cumplimiento de la prohibición de comercializar y utilizar leña húmeda. Sin perjuicio de lo anterior, en el acápite de fiscalización se identificarán las potestades de la Superintendencia del Medio Ambiente en el actual escenario normativo local de Temuco y Padre las Casas.

10.6.2.1.1 Implementación

Conforme a lo establecido en las respectivas ordenanzas municipales,[55] tanto en la ordenanza de Temuco[56] como la de Padre las Casas,[57] actualmente se encuentra prohibida la comercialización de leña húmeda, entendiendo en ambos casos por tal la que posea un índice de humedad superior al 25%. Cabe destacarse que de ambas, sólo la ordenanza de Padre las Casas se remite expresamente, a las normas chilenas Nch 2907 y 2965 respecto los requisitos, medición y muestreo de la humedad de la leña.

---

[54] Sólo a modo de referencia, los artículos 8, 10, 36, 67, 89 y 155 del Código Sanitario y 1, 4, 7, 10, 12 del DFL Nº 1, de 2005.

[55] Decreto S/N; ordenanza S/N, publicada el 13 de junio de 2009, de la Ilustre Municipalidad de Temuco, que *"aprueba ordenanza sobre comercialización de leña"*; y la Ordenanza No. 25, publicada el 26 de marzo de 2010, de la Ilustre Municipalidad de Padre Las Casas, que *"aprueba y establece texto definitivo de ordenanza municipal sobre comercialización de la leña"*.

[56] *Artículo 6º.* ***Queda expresamente prohibido comercializar leña que contenga más de un 25% de humedad.*** *Esta mediciónserá realizada por funcionarios competentes, mediante la utilización del instrumental técnicoidóneo al efecto.*

[57] *Artículo 6º.* ***Se prohíbe la comercialización de leña a un consumidor finalque no cumpla con los requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial No 2907Of. 2005****, de acuerdo a la especificación de "leña seca", definida en el artículo 4º letra h de esta ordenanza. La verificación del contenido de humedad de la leñase realizará acorde a lo establecido en Norma Chilena Oficial NCh No 2965 Of. 2005.Es decir, la leña no puede contener más de un 25% de humedad.*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En concreto, sólo la ordenanza de **Temuco** señala que la medición de la humedad de la leña deberá realizarse por los "funcionarios competentes", pero sin detallar quienes son específicamente dichos funcionarios. Sin embargo, el artículo 10 entrega a los inspectores municipales y a Carabineros las obligaciones de cumplimiento y fiscalización de la ordenanza.[58] No obstante lo anterior, el artículo 9 puede ampliar el conjunto de agentes encargados de implementar las medidas de la ordenanza, y en concreto la de medición de humedad, al señalar que las medidas emprendidas por la municipalidad serán emprendidas en conjunto con otros actores públicos con competencias y responsabilidades en la materia.[59]

Por su lado, la Ordenanza de **Padre las Casas** contiene una norma general que entrega al personal de Carabineros de Chile, a los inspectores municipales o a los funcionarios municipales debidamente acreditados fiscalizar el cumplimiento de lo establecido en la ordenanza.[60] Sin embargo, cabe destacarse que el artículo 11 de la Ordenanza establece que el cumplimiento de las medidas contempladas en ella, serán promovidas en conjunto con instancias privadas como el Sistema Nacional de Certificación de Leña,representado por el Consejo Local de Certificación de Leña (COCEL), para lo cual sedispondrán de recursos humanos, materiales y financieros que **complementen** lasacciones en el territorio comunal.

Adicionalmente, como se señaló, la **Subsecretaría de Salud Pública** puede gozar temporal y extraordinariamente de un serie de facultades durante los periodos de emergencia sanitaria, tal como lo hizo éste año entre el 27 de junio y el 31 de agosto del año en curso. En virtud del Decreto No. 34 de junio de 2013, del Ministerio de Salud, se le otorgó a la Subsecretaría de Salud Pública la facultad de prohibir el uso de leña para calefacción o cocina.[61]

---

[58] ***Artículo 10º**: El cumplimiento y fiscalización de la presente ordenanza estará entregada a inspectores municipales y Carabineros de Chile. (…).*

[59] ***Artículo 9º**: La **Municipalidad desarrollará**, dentro de sus facultades y recursos, todas las acciones tendientes a la promoción y educación de los lineamientos sobre descontaminaciónimplícitos en la normativa vigente. **Las acciones emprendidas por el municipio, serán emprendidas, eventualmente, en conjunto con los diversos actores, públicos y privados, a quienes quepan competencias y responsabilidades en la materia.***

[60] ***Artículo 12º: Corresponderá al personal de Carabineros de Chile, a los inspectores municipales o a los funcionarios municipales debidamente acreditados fiscalizar el cumplimiento de lo establecido en la presente ordenanza**. (…).*

[61] ***Artículo 2º**.- Otórganse a la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Araucanía**facultades extraordinarias** para disponer, según proceda, de todas o algunas de las siguientes medidas:*

*4º.- **Prohibir el uso de leña** para calefacción y cocina en los lugares que sea pertinente.*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Finalmente, el mismo cuerpo legal también dispuso que durante su periodo de vigencia, los demás organismos de la Administración del Estado y Servicios Públicos, dentro de sus competencias, deberían proporcionar a la Subsecretaría de Salud Pública su colaboración y ejecutar las acciones que ésta les requiriese.[62]

10.6.2.1.2 Fiscalización

Conforme a lo establecido en la legislación local, es decir, lo dispuesto en las ordenanzas comunales de Temuco y Padre las Casas, y las normas generales elaboradas por la Superintendencia del Medio Ambiente, la fiscalización de la medida en cuestión corresponde directamente a la Superintendencia del Medio Ambiente, para lo cual se le otorgan facultades de coordinación de los organismos sectoriales, mediante los programas y subprogramas de fiscalización, y los Convenios de Encomendación y Colaboración celebrados.

Ahora bien, en virtud de dichos Programas, Subprogramas y Convenios, en la actualidad, las labores de implementación o fiscalización (pues en éste son jurídicamente lo mismo) corresponden a la Subsecretaría de Salud Pública, como organismo subprogramado, y a las Municipalidades, en virtud de sus respectivos Convenios de Colaboración.

Cabe agregar que, en todo caso, a pesar de no haberse subprogramado a otros organismos sectoriales respecto del Plan de Descontaminación de Temuco y Padre las Casas hoy vigente, la Superintendencia tiene la facultad (y así consta en todos los Convenios de Encomendación celebrados) *"para disponer la realización de **inspecciones no contempladas en los programas y subprogramas establecidos anualmente**, en caso de **denuncias** o **reclamos** y en **los demás casos** que se tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia".*[63]

---

[62] *Artículo 3º.- Los **servicios públicos y demás organismos de la Administración del Estado**, en el ámbito de sus respectivas competencias, y otras entidades públicas o privadas **deberán proporcionar la colaboración y ejecutar las acciones que les requiera la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Araucanía**, y para el cumplimiento de las facultades extraordinarias que se han dispuesto en el presente acto y las demás acciones que dichas autoridades estimen necesarias para enfrentar esta emergencia.*

[63] Esta facultad se desprende expresamente de la LOSMA, que en su artículo Artículo 19establece que: *"Las actividades de fiscalización se ceñirán a los programas y subprogramas definidos, **sin perjuicio de la facultad de la Superintendencia para disponer la realización de inspecciones no contempladas en aquéllos, en caso de denuncias o reclamos y en los demás en que tome conocimiento, por cualquier medio, de incumplimientos o infracciones de su competencia."***

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Es decir, en virtud de dicha facultad, la Superintendencia podría encomendar la fiscalización del cumplimiento de las medidas contempladas en el respectivo PDA a otros organismos sectoriales, incluso a falta de estar estos subprogramados con respecto a dicho instrumento.

Conclusión. La medida es **viable**.

Sin embargo resulta necesario hacer una distinción entre la prohibición de uso y la de comercialización de leña húmeda, para efectos de determinar los órganos encargados de su fiscalización.

En el caso de la comercialización de leña húmeda, la fiscalización de la medida corresponde primeramente -de acuerdo a la legislación vigente- a la Superintendencia del Medio Ambiente, y en seguida, a las Municipalidades respectivas con colaboración de Carabineros de Chile. Eventualmente, si así fuera encomendado por la SMA de conformidad al artículo 19 de la LOSMA, también correspondería a otros organismos sectoriales competentes, tales como la CONAF o la Subsecretaría de Salud Pública.

En el caso de la prohibición de uso de leña húmeda, la fiscalización de la medida correspondería primeramente a la SMA, y adicionalmente, a la Subsecretaría de Salud, en virtud de las atribuciones generales que le entrega el Código Sanitario. Sin perjuicio de lo anterior, la SMA podría mediante los respectivos Programas, Subprogramas y Convenios de Encomendación o Colaboración, entregar dicha potestad a otros organismos sectoriales o las mismas Municipalidades.

Adicionalmente cabe destacar las siguientes cuestiones transversales ambos puntos: i) en el caso de Temuco, la ordenanza en su artículo 9 comprende una norma de implementación colaborativa de las medidas, cuyos destinatarios son los actores públicos con competencias y responsabilidades en la materia. Mientras que en el caso de Padre las Casas, la colaboración viene de una instancia privada; y ii) que en casos de emergencia sanitaria, como el decretado entre junio y agosto del presente año, se le pueden otorgar a la Subsecretaría de Salud Pública facultades extraordinarias, entre las cuales se encuentra la de prohibir el uso de la leña para calefacción y cocina.

10.6.2.2 Medida No. 2. Utilización de otro combustible diferente a la leña para calefacción a través de subsidio al combustible.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

De acuerdo a la legislación vigente, no existe normativa alguna que establezca métodos de subsidio para la calefacción a combustibles diferentes a la leña.

De hecho, el único instrumento que otorga un subsidio es el denominado "Bono Leña", establecido a través del Decreto No. 5, publicado el 19 de marzo de 2013, del Ministerio de Desarrollo Social, Subsecretaría de Servicios Sociales, que *"aprueba reglamento que regula el subsidio de calefacción denominado bono leña, de la ley 20.641, de presupuestos del sector público para el año 2013",* y que otorga un monto único de $100.000 pesos por una sola vez a los beneficiarios.

En concreto, el Artículo 3° del Decreto señala que el *bono "consiste en una prestación monetaria directa de cargo fiscal, destinada a atender a familias de la Región de Aysén, que cumplan con los requisitos señalados en el presente Reglamento. Este subsidio será entregado directamente a los usuarios por medio de transferencias no rendibles. Este subsidio será compatible con cualquier otro bono o subsidio que otorgue el Estado."*

Respecto a los beneficiarios del bono, el antedicho Decreto dispone en su Artículo 5º que podrán ser beneficiarios del mismo *"aquellas familias que tengan domicilio en la Región de Aysén y que (…), se encuentren dentro de los dos primeros quintiles de vulnerabilidad según se desprenda del puntaje que hayan obtenido por aplicación de la Ficha de Protección Social o el instrumento que la reemplace, como asimismo personas en situación de discapacidad, adultos mayores y mujeres jefas de hogar que cumplan con los requisitos a que se refiere el artículo 6° del presente Reglamento";* y el inciso tercero del artículo sexto agrega que *"Cada familia sólotendrá derecho a un Subsidio Bono Leña, no pudiendo causar este beneficio más de una persona por grupo familiar."*

Por lo tanto, el bono ya se encuentra limitado territorialmente a las familias y personas que indica que tengan domicilio en la región de Aysén, por el monto indicado más arriba.

Ahora, respecto la viabilidad jurídica de implementar una medida en el PDA de Temuco y Padre las Casas consistente en el subsidio a otros combustibles distintos a la leña para calefacción, los problemas no son teóricos o sustantivos sino más bien prácticos.

En efecto, la implementación de cualquier subsidio es, en general, una cuestión de política pública y de presupuesto fiscal. En éste sentido, no existe normativa alguna que prohíba de antemano la implementación de la medida, pues perfectamente podría configurarse un bono o subsidio a otros combustibles en forma similar a la dispuesta en el denominado "bono leña".

Ahora bien, en el caso concreto, la medida que se analiza tiene por objeto regular (o rebajar con aporte estatal) el precio del combustible gas o electricidad en un periodo de tiempo durante el invierno. En éste contexto, se analizará la viabilidad de la medida respecto ambos combustibles, durante el periodo de invierno y dentro del ámbito de

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

aplicación del PDA de Temuco y Padre las Casas.

10.6.2.2.1 Electricidad

La electricidad en Chile se regula en diferentes niveles o etapas, distinguiéndose a su respecto entre la generación, la transmisión y la distribución. En todas ellas operan, conjuntamente, diversos organismos, tanto públicos como privados. Principalmente en atención a la presencia de éstos últimos, y en razón de la naturaleza del sistema eléctrico en Chile, el establecimiento de los precios de la electricidad depende de una compleja serie de factores económicos y técnicos, distinguiéndose entre tipos de actores y sistemas.

Ahora, si bien el sistema eléctrico se rige por la dinámica entre la oferta y la demanda, entre otros factores, se ha regulado el límite máximo de precios para sistemas eléctricos con un tamaño superior a 1.500 Kw en capacidad instalada de generación, conforme a lo dispuesto en los arts. 147 y ss., de la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE). Siendo la Comisión Nacional de Energía (CNE), en última instancia, la encargada de fijar los límites máximos de las tarifas (art. 151).

En seguida, con respecto a los subsidios, hay experiencia legislativa en el marco de las tarifas que fijan los precios finales. En particular, el art. 151 de la LGSE contempla el otorgamiento de subsidios a personas de escasos recursos, "siempre que *dentro de un período igual o menor a 6 meses, las tarifas eléctricas para usuarios residenciales, urbanos y rurales, registrasen un incremento real acumulado, igual o superior a 5%;* otorgamiento el cual deberá realizarse por el Presidente de la República mediante un decreto expedido a través del Ministro de Energía, firmado además por el Ministro de Hacienda. La norma señala, además, que el subsidio será descontado por las empresas concesionarias de servicio público de distribución a sus respectivos clientes beneficiarios. En virtud de ésta norma se han dictado diversos decretos otorgando subsidios temporales.[64]

Cabe destacar, también, que dicho subsidio es de carácter general territorialmente, siendo aplicable a las tarifas que se fijen en prácticamente cualquiera de los sistemas eléctricos del país;[65] comprendiéndose entre ellos el SIC, que alimenta a las comunas de Temuco y Padre las Casas.

Adicionalmente, es importante precisar que dicho subsidio solamente opera cuando haya un incremento real acumulado igual o superior al 5%, es decir, tiene por objeto facilitar el acceso a la energía eléctrica cuando los precios, en el periodo de tiempo señalado, hayan aumentado considerablemente. Por lo tanto, el subsidio identificado no tiene por objeto rebajar el precio de la electricidad para que el acceso a ella aumente y disminuya el de

[64]Decretos Nos. 208 de 2005; 89 de 2008; 329 de 2007; 379 de 2009; entre otros.
[65]Particularmente, aquellos comprendidos en los artículos 147, 148 y 149 LGSE.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

otros combustibles, sino para permitir el acceso a ella a las personas con menos recursos cuando su precio haya aumentado.

Finalmente, en nuestra legislación no hay más normas que autoricen (fijando un procedimiento, límites y beneficiarios), el establecimiento de un subsidio a las tarifas eléctricas.

En virtud de lo expuesto, se concluye que una medida que consagre el otorgamiento de un subsidio a las tarifas eléctricas durante invierno, en el marco del Plan de Descontaminación, resulta viable, pero su implementación sería compleja y sobrepasaría su ámbito de aplicación, para lo cual se requeriría la elaboración de otros instrumentos regulatorios y, primeramente, la dictación de una ley que fije el subsidio.

En concreto, atendiendo a las particularidades de nuestro sistema eléctrico y su marco jurídico, en el PDA se podrían establecer las bases para el desarrollo de un instrumento jurídico posterior que consagre el subsidio, sus beneficiarios y transitoriedad. Es decir, no puede el PDA fijar un subsidio directa y completamente, pues la naturaleza jurídica de dicho intrumento no lo permite, ya que iría en contra de la regulación específica de las tarifas eléctricas establecida en la LGSE; pero sí podría, por el contrario, establecer una obligación o compromiso para los organismos con competencia en dicha materia (SEC, CNE; junto al Ministerio del ramo, Hacienda y Economía) para que dentro de determinado plazo desarrollen, mediante ley,[66] un mecanismo jurídico y económico que permita implementar un subsidio a la electricidad, con el objeto de que su precio final sea competitivo con el de la leña, por ejemplo.

10.6.2.2.2 Gas.

El marco regulatorio del gas en Chile es definido por los siguientes cuerpos legales. DFL Nº 323 de 1931 (última modificación 1989) Ley de Servicios de Gas; el DS Nº 263 de 1995, MINECON, Reglamento sobre Concesiones Provisionales y Definitivas para la Distribución y Transporte de Gas; el DS Nº 254 de 1995, MINECON, Reglamento de Seguridad para el Transporte y Distribución de Gas Natural; el DS Nº 67, 25 de febrero de 2004, MINECON, Reglamento de Seguridad para el Transporte y Distribución de Gas Natural; la Resolución Nº 754 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 22 de abril de 2004, sobre contingencia a restricciones de gas; y el Protocolo Sustitutivo del Protocolo Nº2 del ACE Nº 16 entre Chile y Argentina. Adicionalmente, tienen potestades y atribuciones legales en

[66]Por remisión al artículo 19 No. 22 Constitución Política de la República. La Constitución asegura a todas las personas: *"La no discriminación arbitraria en el trato que deben dar el Estado y sus organismos en materia económica.* ***Sólo en virtud de una ley****, y siempre que no signifique tal discriminación, se podrán autorizar determinados beneficios directos o indirectos a favor de algún sector, actividad o zona geográfica, o establecer gravámenes especiales que afecten a unos u otras. En el caso de las franquicias o beneficios indirectos, la estimación del costo de éstos deberá incluirse anualmente en la ley de presupuestos".*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

la regulación de éste combustible, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y la Comisión Nacional de Energía (CNE).

De dicha normativa se desprende que el mercado de los hidrocarburos en general, y del gas en particular, es un mercado desregulado en términos económicos; y que los principios económicos que lo rigen implican libertad de importación, libertad de emprendimiento y libertad de precios, sujetos a las regulaciones sectoriales de calidad, salud, seguridad y ambiental.

Además, en Chile el transporte y distribución del gas gozan de libertad tarifaria. En el caso del transporte por gasoductos las tarifas quedan definidas en procesos de oferta pública de capacidad que deben realizar los transportistas para cumplir con la obligación de acceso abierto. En el caso de la distribución, los tipos de servicio y sus tarifas asociadas son determinadas libremente por las distribuidoras, aunque los pliegos tarifarios deben ser públicos y no discriminatorios, y en caso que se detecte una rentabilidad excesiva, que está definida en el DFL 323 de 1931, el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia puede ordenar al Ministerio de Economía la fijación tarifaria a clientes minoristas. Excepcionalmente en el extremo Austral de Chile, en la zona de Magallanes, la Ley establece la regulación tarifaria de las distribuidoras que operen en esa región (monopolio de GASCO), por parte del Ministerio de Economía.

En el caso del gas natural existen actualmente 7 compañías de distribución de gas de red, 3 comercializadoras y 6 compañías de transporte por ducto. Estas empresas requieren la adjudicación de una concesión, en la que las empresas de transporte de gas natural tienen la obligación de dar acceso abierto y las empresas de distribución de entregar el servicio de suministro de gas natural dentro de sus respectivas zonas de concesión. Sin embargo, cabe destacar que en Temuco ninguna compañía ofrece, por el momento, el servicio de gas natural (GNL); sino sólo GPL.

Adicionalmente, en cuanto a los precios del gas, se advierte que dependiendo de la zona del país, las variaciones son sustanciales, fluctuando entre los 3.000 y 23.000 pesos –aproximadamente- en el caso del gas natural (los 19,3 metros cúbicos); y entre los 45.000 y 63.000 pesos –aproximadamente- en el caso del gas licuado (los 45 kg).[67]

Los antecedentes de hecho recién apuntados configuran un escenario complejo para la implementación de la medida en análisis, no sólo por razones técnicas, sino además por cuanto de mantenerse el status quo (escases de gas, pocas compañías distribuidoras, constante alza de precios y ausencia de distribución de gas natural en la zona de Temuco), se generan problemas de viabilidad jurídica para la medida en análisis.

[67]Según información obtenida en www.cne.cl.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En concreto, la cuestión problemática radica en que el gas –los hidrocarburos en general- es un combustible escaso, y por ello, su precio en términos comparativos en relativamente alto. Por lo tanto, la implementación de un subsidio que tenga por objeto hacer que su precio sea competitivo con el de la leña, requeriría de un importante desembolso fiscal. A su vez, teniendo en cuenta que el alto precio de éste combustible es transversal en el país (con excepción de la Región de Magallanes), si los destinatarios de la medida son sólo las personas de escasos recursos de las comunas de Temuco y Padre las Casas, eventualmente podría impugnarse el subsidio por inconstitucional, debido a que se estaría favoreciendo con una medida de altísimo costo sólo a un grupo determinado y reducido de personas, lo que podría estimarse contrario a los principios constitucionales de no discriminación arbitraria en materia económica,[68] de razonabilidad y de proporcionalidad.

En conclusión, la medida en análisis no puede estimarse como viable en la situación y circunstancias actuales que configuran el escenario gasífero en Chile. En efecto, su implementación requeriría previamente de una alteración de dicho escenario, lo cual no depende solamente de reformas legales. Por el contrario, si dicho escenario fuera distinto (el recurso no fuera tan escaso, hubieran más compañias involucradas, etc), entonces la viabilidad de la medida sería mayor; sin embargo aún sería necesaria la dictación de una ley que establezca el mecanismo específico (procedimiento, beneficiarios, monto, temporalidad) para la asignación del subsidio, conforme lo establece la Constitución de la República.

10.6.2.3 Medida No. 21. Ampliar el periodo de prohibición incluyendo el mes de marzo.

Esta medida se analiza por separado pues al tratarse de una ampliación de la vigencia de aplicación temporal de una prohibición ya existente en materia de quemas, debe analizarse más bien la ampliación en sí misma, e identificar las razones que la justifican y/o las que la puedan rechazar.

En éste sentido, a lo largo del actual PDA de Temuco y Padre las Casas se aprecia que las diversas normas que establecen prohibiciones temporales no comprenden el mes de

[68]Art. 19 No. 22 Constitución Política de la República. La Constitución asegura a todas las personas: *"La no discriminación arbitraria en el trato que deben dar el Estado y sus organismos en materia económica. Sólo en virtud de una ley, y siempre que no signifique tal discriminación, se podrán autorizar determinados beneficios directos o indirectos a favor de algún sector, actividad o zona geográfica, o establecer gravámenes especiales que afecten a unos u otras. En el caso de las franquicias o beneficios indirectos, la estimación del costo de éstos deberá incluirse anualmente en la ley de presupuestos".*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

marzo.[69] Pero por otro lado, cuando el Decreto que establece el PDA se refiere a los fundamentos del mismo, identifica como un antecedente el hecho de que las bajas temperaturas van *"desde marzo a fines de septiembre, período en que se concentra el consumo y uso de leña".*[70]

Adicionalmente, en la legislación actual existen dos cuerpos normativos que regulan la quema controlada, el Decreto Supremo No. 276 de 1980 que no es aplicable únicamente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta,[71] y la Resolución No. 100 de 1990, que con respecto a la quema de vegetación, la prohibición comprende el periodo desde el 1º de mayo al 31 de agosto en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de las provincias deCordillera, Maipo, Talagante y Santiago de la Región Metropolitana y en la Provincia de Cachapoal de la VI Región.[72]

Sin perjuicio de lo establecido en dicha normativa, es jurídicamente viable la modificación de las mismas a través del mismo Decreto que establezca la medida en análisis en el PDA de Temuco y Padre las Casas, concurriendo en éste la firma del Ministro de Agricultura.

Ahora bien, jurídicamente es necesario destacar que los actos de la administración en general y aquellos de carácter ambiental en particular, deben obedecer a ciertos principios que los fundamentan, como los de razonabilidad y proporcionalidad, entre otros. De ellos, principalmente nos interesa el de razonabilidad, por cuanto es éste el que fundamenta la aplicación de la medida en curso.

---

[69]Artículo 26.- Transcurridos seis meses, contados desde la publicación en el Diario Oficial del presente decreto, se prohíbe efectuar en las comunas de Temuco y Padre Las Casas quemas agrícolas y forestales en el período comprendido entre el 1º de abril al 30 de septiembre de cada año.

Artículo 30.- La CONAMA, en coordinación con la SEREMI de Salud e Intendencia, implementará una metodología de pronóstico de calidad del aire conforme lo dispone el artículo 4 del DS. No 59/98.

En el caso de que la metodología de pronóstico determine que se estará en presencia de una situación de Alerta, Preemergencia o Emergencia, o de los niveles 1, 2 y 3, previstos en el D.S. No 59 de 1998 y sus modificaciones, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se deberán disponer las siguientes medidas de carácter preventivo:

1) Llamándola a adoptar medidas voluntarias.

2) La Secretaría Regional Ministerial de Educación de la Región de La Araucanía (SEREMI de Educación), tendrá la prerrogativa de suspender las actividades físicas y actividades deportivas para la totalidad de la comunidad escolar de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

3) **Si el pronóstico de episodio crítico ocurre antes del 1º de abril o posterior al 30 de septiembre, la Corporación Nacional Forestal no autorizará la realización de quemas agrícolas y forestales en las comunas de Temuco y Padre Las Casas.**

[70]Artículo 2. Literal E. numeral 1).

[71]Decreto No. 276, publicado el 4 de noviembre de 1980, del Ministerio de Agricultura, *"Reglamento sobre Roce a Fuego".*

[72] Resolución No. 100, publicado el 20 de agosto de 2008, del Ministerio de Agricultura, que *"prohibe el empleo del fuego para destruir la vegetación en las provincias que indican durante el periodo que se señala y la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes".*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En efecto, la razón de porqué podría ampliarse el periodo de prohibición se fundamenta en las mismas razones que justifican su actual aplicación en los meses entre abril y septiembre, periodo que abarca un total de seis meses. Pues como se mostró más arriba, las bajas temperaturas van desde marzo a septiembre, lo que conlleva no sólo el aumento de uso de leña para calefacción sino también el aumento de los riesgos para la salud. En consecuencia, si se amplían las prohibiciones de quema al mes de marzo, se estaría fundamentando dicha medida en un antecedente fáctico además del normativo, consistente en evitar alcanzar los niveles de contaminación que pongan en riesgo a la salud de las personas.

Conclusión. La medida es **viable.** Por tratarse de una medida consistente en una prohibición, su implementación requiere de una modificación de la legislación sectorial vigente, lo cual puede realizarse a través del mismo Decreto que apruebe las modificaciones al actual PDA. Con todo, deberá concurrir la firma del Ministro de Agricultura.

Respecto de su fiscalización, ésta quedaría entregada a la Superintendencia del Medio Ambiente, la cual podrá coordinarla y organizarla mediante los respectivos Programas y Subprogramas de Fiscalización, los Convenios de Encomendación con los organismos sectoriales competentes, como el SAG[73] y los organismos de salud, y los Convenios de Colaboración con las municipalidades pertinentes; sin perjuicio de contar con la facultad que le es otorgada por el artículo 19 LOSMA.

10.6.3EQUIPOS/ARTEFACTOS/COCINAS

Este apartado revisa la legislación vigente aplicable a las medidas que dicen relación con los equipos, artefactos, calefactores y/o cocinas a leña.

En éste sentido, se incluyen las medidas que dicen relación con prohibiciones o restricciones u otras consideraciones respecto dichos artefactos. En general, se consideran particularmente las medidas números 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 19, 20 y 21.

Sin perjuicio de lo anterior, en el caso de aquellas medidas que no contemplen una prohibición o restricción, como las medidas 3, 7 y 8, se analizará su viabilidad jurídica atendiendo a las particularidades de las mismas.

[73]Art. 3 Ley 18.755.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.6.3.1 Medida No. 3. Recambio de Equipos a Leña / Medida No. 8. Recambio de Cocinas a Leña

De acuerdo a la legislación vigente, la principal normativa que dice relación al recambio de equipos a leña aplicable al sector comprendido por las comunas de Temuco y Padre las Casas se encuentra establecida en el actual Plan de Descontaminación de Temuco y Padre las Casas.[74] Adicionalmente, hace referencia al recambio de equipos a leña la Resolución Exenta No. 9469 que *"prohíbe el funcionamiento de calefactores y artefactos que usen como combustible leña y otros derivados, en episodios de pre-emergencia y emergencia ambiental",*[75]cuyo campo de aplicación territorial corresponde al sector urbano de Temuco y Padre las Casas, y que resultaba vigente hasta el 31 de agosto del presente año. Finalmente, se destacan algunas cuestiones respecto de la normativa que involucraría a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles en la certificación de los aparatos de recambio.

En concreto, el **Plan de Descontaminación** contempla una serie de acciones destinadas a acelerar el recambio voluntario de artefactos existentes; entre dichas acciones destacan:[76] (i) la identificación y diseño de instrumentos económicos adecuados para fomentar el recambio voluntario, exigible al Ministerio del Medio Ambiente (continuador legal de la CONAMA);[77] (ii) el diseño y puesta en marcha de un Programa de Recambio Voluntario; y (iii) el diseño y puesta en marcha de una campaña comunicacional para promover la participación ciudadana en el programa de recambio.

En seguida, el mismo instrumento establece en su artículo 11 que, para ser considerados como alternativas en el Programa de Recambio, los artefactos deberán ser nuevos y además contar con las siguientes condiciones mínimas: (i) con un rotulado que informe al consumidor las emisiones de material particulado, en g/h, la eficiencia térmica del artefacto y la potencia mínima y máxima; y (ii) que las emisiones de material particulado

[74]Decreto Supremo No. 78, publicado el 3 de junio de 2010, MINSEGPRES.

[75]Resolución Exenta No. 9469, de 26 de junio de 2013, Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública, modificada en dos oportunidades por las Resoluciones Exentas del mismo Ministerio Nos. 10105 de 3 de julio y 10609 de 10 de julio, ambas de 2013.

[76]Artículo 10.

[77]En éste sentido, el Artículo tercero de la Ley 20.417 establece:*"El Ministerio del Medio Ambiente y el Servicio de Evaluación Ambiental se constituirán para todos los efectos en los sucesores legales de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, en las materias de su competencia, de manera que las menciones que la legislación general o especial realice a la precitada institución se entenderán hechas al Ministerio del Medio Ambiente o al Servicio de Evaluación Ambiental, según correspondan".*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

del artefacto, medidas en laboratorio, sean inferiores a 1,5 g/h. Adicionalmente, agrega que los contenidos y diseño del rótulo serán proporcionados por CONAMA (ahora el Ministerio del Medio Ambiente, MMA).

Finalmente, en su artículo 13 se establece que la CONAMA (MMA), en coordinación con el SERNAC,darán a conocer a la ciudadanía el listado de proveedores que en las comunas de Temuco y Padre las Casas comercializan artefactos que cuenten con rotulación,indicando sus características técnicas de emisión de material particulado yeficiencia térmica. Esta información será proporcionada al SERNAC por la CONAMA (MMA).

Por su lado, la **Resolución Exenta 9469**, contempla en su artículo primero que "*En episodios de **Pre-emergencia y Emergencia Ambiental**, (…), **prohíbase** el funcionamiento de las fuentes fijas industriales y residenciales comunitarias y el uso de calefactores y artefactos residenciales particulares, que usen como combustible leña y otros derivados, tales como aserrín, viruta, piñas, despuntes, etc., cuya combustión genere emisiones atmosféricas de Material Particulado (MP), sea a través de descargas directas o ductos. **Exceptúense aquellos calefactores y calderas** que usen pellets y briquetas y aquellos **artefactos que formen parte del programa de recambio medio ambiental y que usen leña con menos de 25% de humedad.** Además, se exceptúan de esta prohibición los Establecimientos de Larga Estadía para Adultos Mayores (ELEAM), Establecimientos Educacionales y Recintos Asistenciales de Salud".*

Finalmente, respecto de la competencia de la **Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)** en la materia, se destaca que la Ley 18.410,[78] establece en su artículo 3, numeral 14, que ésta Superintendencia deberá autorizar los organismos de certificación que deberán realizar las pruebas y ensayos para certificar a -entre otros- **los artefactos o equipos que utilicen leña y otros productos dendroenergéticos como medio de combustión.** Adicionalmente, se señala que la SEC deberá fiscalizar el cumplimiento de las funciones de dichos organismos de certificación.

A su vez, la Resolución Exenta No. 62, de 14 de agosto de 2012, del Ministerio de Energía,[79] establece que *"para la comercialización de los calefactores a leña u otros productos dendroenergéticos de hasta 25 kw de potencia térmica nominal, éstos deben*

[78] Ley 18.410, publicada el 22 de mayo de 1985, del Ministerio de Economía.

[79]Resolución Exenta que ***"establece que calefactores que combustionen leña u otros productos dendroenergéticos, cuya potencia térmica nominal sea menor o igual a 25 kw, deben contar con un certificado de aprobación para su comercialización en el país".***

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

contar previamente con un Certificado de Aprobación, otorgado por un organismo de certificación autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles". Dicha obligación, señala, será vigente a partir del **1º de octubre de 2013 (ahora ampliada al 1º de octubre de 2014).**

Sin embargo resulta esencial destacar el hecho de que, a la fecha, no existen organismos certificadores autorizados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles para certificar los aparatos a leña nuevos. Por ello, actualmente se encuentra en tramitación un anteproyecto que **revisala norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y derivados de la madera establecida en el Decreto No. 39, de 2011, Minsegpres.**[80]

Aquel anteproyecto considera la circunstancia ya descrita, y por ello dispone agregar un artículo transitorio al **Decreto No. 39 de 2011, que *"establece la norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y derivados de la madera",***[81]el cual señala que mientras no existan laboratorios de ensayo y organismos de certificación autorizados, la potencia térmica nominal de los artefactos nuevos se deberá determinar según lo establecido en la Norma Oficial chilena Nch 3173. Of. 2009.

10.6.3.1.1 Implementación.

De la lectura de las fuentes legales identificadas y citadas, se desprende que la implementación de la medida en análisis correspondería, siguiendo la misma lógica del actual Plan de Descontaminación, al Ministerio del Medio Ambiente, como continuador legal de la CONAMA. Adicionalmente, participaría también en la implementación de la medida, el Servicio Nacional del Consumidor, para efectos de dar a conocer a la ciudadanía los proveedores de artefactos de recambio.

Cabe destacarse que de conformidad a la Resolución Exenta 9469, se excepcionarían de la prohibición de funcionamiento en episodios de emergencia y pre-emergencia ambiental

[80] Resolución No. 549, publicada el 1 de julio de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente.

[81] Decreto No. 39 de 2011, publicado el 30 de julio de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que *"establece norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y derivados de la madera".* Con vigencia diferida por fecha, de 1 de octubre de 2013.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

los artefactos que forman parte del programa de recambio y que además usen leña con menos de 25% de humedad.

Además, de acuerdo a la legislación vigente, también correspondería a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), la implementación de la medida en la parte que dice relación con la certificación de los aparatos a leña nuevos que reemplacen los antiguos, principalmente por ser éste el órgano de la Administración a cargo de autorizar los organismos de certificación; lo anterior se mantendría aún en el caso de que se llegare a aprobar el anteproyecto de revisión de la norma de emisión contenida en el Decreto No. 39 de 2011, pues dicho cuerpo dispone en su artículo 3º inciso final que: *"**Corresponderá el control y fiscalización del cumplimiento del presente decreto a la Superintendencia de Electricidad y Combustible**, en conformidad con sus atribuciones legales.*

10.6.3.1.2 Fiscalización

Respecto de las medidas de recambio voluntario de equipos comprendidas expresamente en el Plan de Descontaminación vigente, y en uno posterior de no modificarse su planteamiento, la fiscalización de las mismas corresponderá, en primer término, a la Superintendencia del Medio Ambiente, por tratarse de medidas comprendidas en un instrumento de gestión ambiental como lo es un Plan de Descontaminación.

Lo fiscalizable de la medida por parte de la SMA es que el MMA cumpla con las obligaciones que a su respecto establece el PDA; pero adicionalmente, y según la forma en que se establezca la medida en el PDA, que tanto la SEC como los organismos certificadores autorizados (cuando existan) den cumplimiento a los requisitos y especificaciones técnicas necesarias para efectuar el recambio. Por ello, se recomienda especificar en el PDA que con respecto a las medidas de recambio, la SMA estará facultada para fiscalizar a todos los organismos, públicos y privados, que intervienen en la implementación de la medida, con el objeto de asegurar que todos estén dando estricto cumplimiento a las sus respectivas obligaciones.

Además, y teniendo en cuenta los Programas y Subprogramas de Fiscalización, así como los respectivos Convenios de Encomendación y Colaboración, también serían organismos competentes en la fiscalización del cumplimiento de ésta medida, en la forma antedicha: la Subsecretaría de Salud Pública y las Municipalidades respectivas. La primera, en virtud del Subprograma de Fiscalización respectivo y el Convenio de Encomendación, se compromete a ejecutar las actividades de fiscalización; mientras que las segundas, de acuerdo a sus respectivos convenios, sólo se comprometen a colaborar con las actividades

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

de fiscalización establecidas en los Programas y Subprogramas.

Conclusión. De lo revisado, se concluye que jurídicamente es **viable** la medida propuesta.

Sin embargo, se presentan problemas para su implementación, principalmente debido a la ausencia de organismos certificadores autorizados por la SEC que garanticen que los artefactos de recambio cumplan con la norma de emisión respectiva, y aún considerando la existencia del mecanismo provisorio de certificación establecido en la norma de emisión de artefactos a leña.

Esto, en todo caso, debe distinguirse de la obligación específica que consagra la medida de recambio voluntario contenida en el actual PDA, ya que ésta sólo dice relación con el recambio de "artefactos antiguos" por "nuevos de menos emisiones y más eficientes", sin especificar el límite de emisiones ideal. Sin embargo, con la entrada en vigencia de la norma de emisión de artefactos a leña, dichos los artefactos no sólo deberán ser nuevos, sino además cumplir con dicha norma.

Respecto de la fiscalización de la medida, se debe distinguir entre los aspectos que ella contiene, en el marco del actual PDA.

En relación a la autorización de organismos certificadores (o eventualmente de que los artefactos cumplan con la norma chilena oficial 3173 conforme al DS No. 39, en caso de ser reformado) el organismo encargado es la SEC, pero la fiscalización del cumplimiento de las medidas que entregan competencia a dicha Superintendencia, corresponderá principalmente a la SMA, ya que se estaría fiscalizando a otro organismo de la Administración del Estado, y no hay otros con las atribuciones legales para realizar dicha actividad.

Acerca de las medidas que encargan al Ministerio del Medio Ambiente desarrollar los mecanismos económicos de incentivo y otros, nuevamente el órgano encargado de que dicho Ministerio lleve a cabo su obligación es la Superintendencia del Medio Ambiente. Con todo, es necesario agregar que la SMA está sujeta a la supervigilancia del Presidente a través del Ministerio del Medio Ambiente, y si bien no debería ser relevante para efectos del PDA, se recomienda precisar expresamente en éste que la fiscalización del cumplimiento de la medida que debe implementar dicho Ministerio quedará a cargo de la SMA.

10.6.3.2 Medida No. 4. Prohibición gradual de calefactores que no cumplen norma de emisión.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Para efectos de analizar la viabilidad jurídica de ésta medida es necesario realizar una distinción previa.

En efecto, conforme a la normativa de alcance general vigente -la norma de emisión de calefactores (DS No. 39/2011)- se distingue entre calefactores antiguos y nuevos, según si se encuentran instalados u operando a la fecha de entrada en vigencia del decreto (1º de octubre de 2013; ahora 2014).[82]

En relación a los calefactores, que son aquellos artefactos que en su diseño y construcción se destinan para la calefacción,[83] el Decreto establece que *"La presente norma se aplica a artefactos nuevos de una potencia menor o igual a 25 kw, que se comercialicen en el país, con posterioridad a la fecha de entrada en vigencia del presente decreto. En particular, los calefactores nuevos deberán cumplir con los límites de emisión requeridos (…).*

De la lectura anterior, la norma de emisión no se aplicaría a aquellos calefactores a leña o derivados de la madera que a la fecha de entrada en vigencia del Decreto No. 39 ya se encuentren instalados u operando.

Con todo, el inciso segundo del artículo primero establece que: *"El ámbito de aplicación territorial de la presente norma corresponde a todo el territorio nacional,* ***a excepción de aquellas zonas declaradas latentes y/o saturadas donde rija un plan de prevención y/o descontaminación que contenga exigencias diferentes en éste ámbito****".*

De lo anterior se desprende que las medidas contenidas en los Planes de Prevención y/o Descontaminación pueden contener exigencias diferentes en éste ámbito. Es decir, por remisión normativa, la misma norma de emisión permitiría establecer en el PDA la prohibición gradual de calefactores que se encuentren instalados u operando con anterioridad a la entrada en vigencia de la norma. Por otro lado, respecto de los calefactores nuevos, la norma ya establece una prohibición para su funcionamiento por el solo hecho de no cumplir con los límites fijados por la norma; límites los cuales podrían ser más exigentes si así se señala en el PDA.

10.6.3.2.1 Implementación.

En conformidad con la legislación vigente, la implementación de la medida en análisis es objeto de los mismos problemas identificados para las medidas Nos. 3 y 8, por cuanto su implementación requiere de la existencia de organismos certificadores autorizados por la

[82] Artículo 3 literal b).
[83] Artículo 3 literal d).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

SEC que verifiquen el cumplimiento de la norma de emisión. Por ello, se reiteran las mismas consideraciones.

Sin perjuicio de ello, en el caso de llegar a existir los organismos de certificación o, en su caso, de llegarse a aprobar el anteproyecto que modifica la norma de emisión para artefactos a leña que introduce un mecanismo alternativo de certificación, la implementación de la medida correspondería a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, dado que ésta sería el órgano encargado de autorizar los organismos certificadores o de aplicar el mecanismo alternativo de certificación que contempla el anteproyecto de revisión de la norma de emisión.

10.6.3.2.2 Fiscalización

Conforme a lo expuesto más arriba, y teniendo en cuenta de que la implementación de la medida comprende –además de la prohibición propiamente tal- el cumplimiento de la norma de emisión en los artefactos nuevos, la SMA sería la encargada de fiscalizar en terreno de que los calefactores cumplan con la norma de emisión y de que tanto la SEC como los organismos certificadores cumplan con sus obligaciones respectivas. En dicho contexto, además serían competentes para realizar la fiscalización los demás organismos sectoriales subprogramados y las Municipalidades, en virtud de los Convenios de Colaboración respectivos.

En concreto, respecto la fiscalización de ésta medida debe distinguirse entre los siguientes ámbitos: certificación, comercialización y uso de los artefactos.

Con respecto a la certificación de los artefactos, y teniendo en cuenta la circunstancia de que la medida forma parte de un PDA, el organismo con las atribuciones legales para autorizar a los organismos certificadores, o de certificar directamente, en su caso, es la SEC conforme a lo establecido en el art. 3 numeral 14 inciso 1º de su Ley Orgánica (18.410),[84] en relación a la Resolución Nº 549 de 2013 y el DS Nº 39 de 2012, ambas del Ministerio del Medio Ambiente. La SMA sería el organismo encargado de fiscalizar que tanto la SEC como los organismos certificadores cumplan con sus obligaciones.

En relación a la comercialización de los artefactos, nuevamente tiene atribuciones para fiscalizar el cumplimiento de ésta medida -en el caso de especificarse en el PDA que

[84] Son atribuciones de la SEC: *"Autorizar a organismos de certificación, organismos de inspección, laboratorios de ensayos o entidades de control para que realicen o hagan realizar bajo su exclusiva responsabilidad las pruebas y ensayos que la Superintendencia estime necesarios, con el objeto de otorgar un certificado de aprobación a los productos, máquinas, instrumentos, equipos, artefactos, aparatos y materiales eléctricos, de gas, combustibles líquidos, y los que utilicen leña y otros productos dendroenergéticos como medio de combustión. La Superintendencia fiscalizará el debido cumplimiento de las funciones asignadas a los organismos, laboratorios o entidades autorizadas de acuerdo a este número y mantendrá un registro de las mismas."*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

comprenda también el ámbito de comercialización de lo artefactos- la SEC.[85] Adicionalmente, en virtud de lo dispuesto en el art. 5 literal k incio 3º de la Ley Organica Constitucional de Municipalidades, el cual establece que *"Sin perjuicio de las funciones y atribuciones de otros organismos públicos, las municipalidades podrán colaborar en la fiscalización y en el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias correspondientes a la protección del medio ambiente, dentro de los límites comunales"*, también estas entidades podrían colaborar en la fiscalización de ésta medida. Por último, a nuestro juicio, podría también la SMA encomendar la fiscalización de ésta medida a la Subsecretaría de Salud Pública, dado que la medida forma parte de un PDA y dice relación con una norma de emisión que tiene como principal fundamento –entre otros- la protección de la salud de las personas, cuya protección y resguardo constituye una de las principales atribuciones que el DFL 1/2005 del MINSAL confiere a los servicios de salud.[86]

Finalmente, en relación al ámbito de uso de los artefactos, la fiscalización de la medida corresponderá primeramente a la SMA, conforme a lo establecido en los arts. 2 y 3 LOSMA. Además, y en los mismos términos señalados que para el ámbito de comercialización, tendrían atribuciones para fiscalizar el cumplimiento de la medida en terreno los organismos de salud y como colaboradores, las Municipalidades. En el caso de la SEC, se presenta el problema de que no hay norma expresa que le atribuya dicha potestad; pero de una interpretación armónica y finalista de los artículos 2 parte final (que se refiere, en términos genéricos, a los "recursos energéticos" y 3 numeral 14 de la Ley Orgánica de la SEC (que introduce mecanismos de fiscalización para artefatos a leña); y teniendo en cuenta además de que éste organismo sería el más capacitado para verificar los aspectos técnicos de la medida, se puede inferir razonablemente de que podría la SMA encomendar a éste organismo la fiscalización de la medida.

[85] *"La Superintendencia podrá retirar del comercio, con el auxilio de la fuerza pública, la totalidad de los materiales o productos de cualquier procedencia que, estando obligados a obtener certificado de aprobación y la respectiva etiqueta, sean comercializados en el país sin contar con aquellos."* (art. 3 numeral 14 inciso 4º).

[86] Arts. 9, 12 y 13.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Conclusión. Jurídicamente es **viable** la medida propuesta. Además se concluye, que las limitaciones respecto de los calefactores antiguos pueden alterarse en el mismo PDA, tal como lo señala el decreto.

Sin embargo se presentan problemas para su implementación, principalmente debido a la ausencia de organismos certificadores autorizados por la SEC. Sin perjuicio de ello, se encuentra en tramitación un anteproyecto de revisión de la norma de emisión de artefactos a leña que consagra una solución a dicho problema.

Ahora bien, la implementación de la medida comprende dos aspectos. Primero, que los artefactos de recambio cumplan con la norma de emisión de artefactos a leña, lo que aplica tanto a los ámbitos de certificación como de comercialización; y segundo, el recambio propiamente tal, que se refiere al ámbito de uso de los artefactos. En relación al cumplimiento de la norma de emisión, el organismo encargado de su implementación es la SEC. En relación al recambio propiamente tal, la implementación de la medida dependerá de la forma concreta en que se establezca en el PDA; en términos generales, tanto la Municipalidad, los organismos de Salud y la SEC tendrían potestades para concretar la implementación de la medida en terreno, mediante el recambio de los equipos.

Respecto de la fiscalización de la medida, nuevamente debe distinguirse entre los aspectos ya señalados. Respecto el cumplimiento de la norma de emisión, la SMA sería la encargada de velar porque la SEC cumpla con el mandato legal que le fue encomendado. Esto, en todo caso, no será por el PDA, sino porque se trataría de una norma de emisión respecto la cual, cuya fiscalización queda a cargo de la SMA. En cuanto al segundo aspecto, del recambio de los equipos propiamente tal, la SMA sería la encargada de fiscalizar en terreno de que los particulares estén cumpliendo con la prohibición, lo cual nuevamente lo puede hacer directamente o encomendando dicha tarea a los organismos de salud, las Municipalidades (mediante los convenios de colaboración), y eventualmente a la SEC.

10.6.3.3 Medidas No. 5 Prohibición de uso de calefactores a leña según tamaño de vivienda/ No. 11 Prohibición de uso de calefactores a leña en viviendas nuevas según tamaño.

Estas medidas se analizan en conjunto ya que su contenido y función es similar. En ambos casos el operador deóntico es el de una prohibición, la prohibición de utilizar calefactores a leña según el tamaño de la vivienda. La única diferencia concreta entre ambas medidas dice relación con si las viviendas son o no existentes a la fechas de entrada en vigencia de las medidas. Además, se agrega que la medida No. 5, en su escenario agresivo, podría alcanzar a todas las viviendas sin distinción de tamaño.

Primeramente, cabe señalar que de acuerdo a la legislación vigente, por “calefactor” se

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

entiende *"aquel artefacto que en su diseño y construcción se destina para la calefacción".*[87]

Ahora bien, cabe destacar que el fundamento de las medidas que haría operativa la prohibición sería únicamente el tamaño de las viviendas.

En dicho contexto cabe destacarse que el principal obstáculo para implementar éstas medidas es de orden Constitucional. En efecto, en cualquiera de los escenarios, la prohibición de uso de calefactores sólo en virtud del tamaño de la vivienda podría eventualmente ser considerada como inconstitucional, pues no hay norma alguna de carácter legal o infralegal que considere dicho criterio (el tamaño de la vivienda) como una justificante para prohibir el uso de calefactores.

Al revisar la normativa vigente se aprecia que la prohibición de uso de calefactores va siempre asociada a una razón que la justifica -y que a su vez se fundamenta en la eventual afectación de algún derecho fundamental- como lo son las situaciones de emergencia y preemergencia ambiental[88] o el incumplimiento de alguna norma de emisión.[89]En todo caso cabe precisar que, cuestión distinta es el caso de las viviendas respecto las cuales se prohíbe el uso de calefactores por no ser necesarios estos, en razón del diseño o aislación térmica de las viviendas, como lo dispone el actual PDA del Valle Central.

Por lo tanto, se estima necesario reconsiderar la aplicación de estas medidas en atención a lo expuesto, pues se corre el riesgo de que los artículos que las contemplen sean objeto de una representación de inconstitucionalidad por parte de la Contraloría durante el trámite de toma de razón, conforme a los artículos 99 y 93 numeral 9 de la Constitución Política de la República. Igualmente, el decreto supremo que establece el Plan de Descontaminación podría ser objeto de reclamaciones administrativas conforme a los arts. 49 y 50 de la ley 19.300 y los arts. 17 no. 1 y 27 y ss., de la ley que crea los Tribunales Ambientales.

---

[87]Artículo 3 literal d), Decreto Supremo No. 39 de 2012, Ministerio del Medio Ambiente, que establece la norma de emisión para artefactos a leña.

[88] Este es el caso de la RE No. 9469, de 26 de junio de 2013, que "prohíbe el funcionamiento de calefactores y artefactos que usen como combustible leña y otros derivados, en episodios de pre-emergencia y emergencia ambiental"; la RE No. 10105, publicada el 3 de julio de 2013, que "prohíbe en episodios de pre-emergencia y emergencia ambiental funcionamiento de fuentes fijas que usen como combustible leña y otros derivados que indica"; y la RE No. Resolución Exenta No. 10609, publicada el 10 de julio de 2013, que "modifica perímetro que indica y prohíbe funcionamiento, en pre-emergencia y emergencia, de artefactos residenciales particulares que usen como combustible leña y otros derivados". Todas ellas del MINSAL, Subsecretaría de Salud Pública, Araucanía.

[89] Como es el caso del Decreto No. 39 de 2011, publicado el 30 de julio de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que "establece norma de emisión de material particulado, para los artefactos que combustionen o puedan combustionar leña y derivados de la madera".

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En efecto, las medidas podrían estimarse agraviantes de los derechos fundamentales de igualdad ante la ley (en el caso de la medidas que distingue entre viviendas según tamaño), y del derecho a la integridad física y síquica, el derecho a la vida, a la privacidad, la inviolabilidad del hogar, entre otros (en el caso de ambas medidas).

Concretamente, la gravedad de las medidas radica en que los calefactores son un artefacto que cumplen una función sanitaria importante al permitir mantener las temperaturas de un hogar en los niveles adecuados para la salud de las familias. Sin ellos, aumentan los riesgos de enfermedades por las bajas temperaturas.

Adicionalmente, debe agregarse el hecho de que en términos generales, las alternativas a los calefactores a leña son de precios superiores, ya sea por su instalación, mantenimiento y/o por los combustibles necesarios para su operación.

En consecuencia, la prohibición de uso de los calefactores a leña a todas las viviendas deja sin muchas alternativas a las familias, principalmente a las de menos recursos, lo que afecta diversos derechos del catálogo de la Constitución; y en el caso de la prohibición del uso en razón del tamaño de las viviendas, sin otras consideraciones legales que fundamenten la medida, ésta resulta atentatoria contra el derecho de la igualdad en la ley.

Conclusión. En la forma descrita originalmente, las medidas se estiman **inviables** jurídicamente. En efecto, por las consideraciones jurídicas apuntadas, se concluye que las medidas tienen por fundamento para su aplicación un criterio que jurídicamente no es suficiente para su implementación.

El tamaño de las viviendas por sí solo no justifica la aplicación de unas medidas que tienen por fin prohibir absolutamente, sin restricciones temporales, la utilización de calefactores a leña. Este criterio no es suficiente para imponer tales restricciones y muy probablemente se podría estimar que colisiona con diversos derechos fundamentales.

Con todo, se precisa que su implementación podría ser viable en el caso de que, adicionalmente, la medida se fundamente en base a otros criterios, como el señalado respecto las viviendas que por su materialidad o diseño, no requieren de artefactos de calefacción; o eventualmente, si se implementa en episodios de contaminación; o en conjunto con otras medidas complementarias, como las de aislación térmica.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.6.3.4 Medidas No. 6 Prohibir la tenencia de más de 1 artefacto a leña por vivienda / No 10. Prohibir el uso de artefactos a leña en viviendas unitarias nuevas.

Para analizar éstas medidas, en primer lugar corresponde precisar una definición:

El actual PDA de Temuco y Padre las Casas entiende por **"artefacto"**: *"aquel calefactor o cocina que combustiona o puede combustionar leña u otros dendroenergéticos, fabricado, construido o armado en el país o importado, que tiene una potencia menor a 20 kW, de alimentación manual o automática, de combustión abierta o cerrada, que proporciona calor en el espacio en que se instala y está provisto de un ducto para la evacuación de gases al exterior"*. La misma definición se encuentra en el DS No. 39, que establece la norma de emisión para artefactos que combustionen leña.

De dicha definición se desprende que cuando se habla de artefactos se hace referencia a un género dentro del cual se comprenden las especies calefactores y cocinas.

Ahora bien, la diferencia entre calefactores y cocinas es relevante jurídicamente. Nuevamente, ambas se encuentran definidas en la legislación vigente.

El Decreto No. 39 define a las "**cocinas**" como: *"aquel artefacto que en su diseño se destina principalmente para transferir calor a los alimentos y no al ambiente, y en su construcción está provisto de un horno"*; mientras que por "**calefactor**" se entiende: *"aquel artefacto que en su diseño y construcción se destina para la calefacción".*

En términos generales, la distinción entre ambos artefactos es relevante para efectos de analizar las medidas en cuestión, pues jurídicamente no es lo mismo prohibir el uso –de cualquier forma- de las cocinas o de los calefactores.

En efecto, en el caso de la medida No. 6, la prohibición de la tenencia de más de un artefacto a leña por vivienda, se traduciría en la práctica en la obligación para las personas de elegir entre qué tipo de artefacto a leña prefieren mantener en su hogar. En el caso de la medida No. 10, se prohíbe el uso de cualquier artefacto en viviendas unitarias nuevas.

En el caso de las medidas Nos. 6 y 10, toma relevancia y aplicable a ellas lo dicho con respecto a las medidas Nos. 5 y 11, con respecto a su eventual inconstitucionalidad.

La medida No. 6, por su lado, se reduce a otorgar una opción a las personas, la de elegir entre qué tipo de artefactos prefieren mantener en su hogar, si un calefactor o una cocina. Sin embargo, la opción en sí misma ya comprende la posibilidad de prohibir el uso de los calefactores, lo cual jurídicamente puede ser considerado inconstitucional por lo

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

señalado respecto las medidas Nos. 5 y 11. En efecto, en el caso de ésta medida, si bien se está dejando la opción a las personas, la obligación de optar per se es formulada por la administración, y dicha obligación (prohibición al fin y al cabo) no obedece a ningún criterio ni fundamento jurídicamente relevante, como si lo serían las prohibiciones establecidas en episodios de contaminación o en el caso de los artefactos que sobrepasan la norma de emisión.

La medida No. 10, por otro lado, es más grave aún. La prohibición en éste caso quedaría reducida en su aplicación sólo para las viviendas unitarias nuevas, y referente a todo tipo de artefacto. Nuevamente resulta aplicable a ésta medida lo señalado con respecto las medidas 5 y 11, en el sentido de que no es un criterio o fundamento jurídicamente relevante ni razonable para justificar la prohibición, el hecho de que las viviendas sean nuevas.

Ahora bien, como se ha venido esbozando, una forma de poder hacer jurídicamente viables a estas medidas (tanto para las medidas Nos. 5, 6, 10 y 11) es mediante la modificación de la justificación de las mismas.

En efecto, dado que el problema que se ha identificado para su viabilidad radica en la fundamentación de las mismas (tamaño de viviendas, época de construcción), entonces la solución depende de encontrar una justificación razonable y proporcional a las medidas, su costo y su beneficio.

En éste sentido, se propone analizar la viabilidad técnica de las medidas en conjunto con otras medidas.

Un ejemplo es que dado que la prohibición absoluta de uso de calefactores fundada en el tamaño o época de construcción de las viviendas tiene el problema de ser eventualmente inconstitucional por considerarse atentatoria de ciertos derechos fundamentales (igualdad, vida, integridad física y síquica), entonces se podría especificar que la prohibición del uso de calefactores a leña sólo sea procedente en el caso de que la vivienda posea un índice de aislación y eficiencia térmica X, suficiente para mantener una temperatura adecuada que no ponga en riesgo la salud de las familias. Entonces, la fundamentación de la medida ya no sería un criterio insuficiente, sino que en el fondo se justificaría porque el uso de los calefactores ya no sería necesario.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Conclusión. De lo expuesto se concluye que, en la forma que está contemplada su implementación, las medidas serían jurídicamente **inviables.** En efecto, al igual que en el caso de las medidas Nos. 5 y 11, el problema u obstáculo en la implementación de éstas medidas radica en su fundamentación.

Para que éstas medidas puedan ser consideradas viables es necesario que la prohibición que establecen se fundamente en un criterio que sea suficiente, razonable y proporcional jurídicamente. En razón de ello, se recomienda su revisión desde ésta perspectiva, fundamentando la prohibición en aspectos tales como suficiente aislación y eficiencia térmica de las viviendas en la que se aplique.

10.6.3.5 Medida No. 9. Prohibición del uso de cocinas a leña.

Esta medida debe analizarse en la misma forma que los dos conjuntos de medidas previos. Nuevamente el tema de fondo radica en la justificación de la medida, en relación a la ponderación de los derechos eventualmente afectados por su aplicación, el costo y beneficio de la misma.

En éste sentido, primeramente se deben identificar cuales son los antecedentes de hecho relevantes. Así, por un lado, es conocido que son las familias de menos recursos las que utilizan las cocinas a leña, por encontrar en ellas una alternativa de menor costo en comparación con las cocinas a gas o eléctricas. Y por el otro, que en la comunas de Temuco y Padre las Casas, la principal causa de emisiones de MP10 y MP 2,5 son los artefactos a leña, las cocinas entre ellos.

Entonces, si bien las cocinas a leña también calefaccionan el hogar, esa no es su principal función, y son la única alternativa viable económicamente de muchas familias de escasos recursos para calentar y cocer sus alimentos y bebidas. Sin perjuicio de ello, cuestión distinta es que un hogar cuente con cocina eléctrica o a gas, pero utilicen la cocina a leña como calefactor. Entonces, la prohibición podría contener una disposición al respecto, prohibiendo las cocinas a leña en hogares que posean otros tipos de cocinas.

Por ello, en atención a las consideraciones de hecho apuntadas, la prohibición absoluta de su uso se puede estimar jurídicamente irrazonable o desproporcional en atención a los beneficios y costos que su implementación conllevaría. Por ello, son altas las probabilidades de que durante el trámite de toma de razón sea representada por inconstitucional conforme a los arts. 93 numeral 99 de la Constitución.

Ahora bien, debe destacarse que en todo caso la norma de emisión de artefactos a leña exceptúa de la

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

obligación de cumplir con los límites de emisión a las cocinas a leña.[90] Sin embargo, atendiendo a que la misma norma permite que un PDA establezca exigencias diferentes, se estima procedente jurídicamente que mediante el PDA se establezca que la norma sea aplicable también a las cocinas a leña; pudiendo gradualmente prohibir el uso de aquellas que no cumplan con los límites establecidos en la norma.[91]

Sin embargo, la prohibición absoluta es más agravante que la prohibición de artefactos que no cumplan con la norma de emisión. A pesar de ello se puede justificar su implementación siempre que concurran otras medidas complementarias que mitiguen sus consecuencias negativas, tales como el recambio de cocinas a leña y/o uso de pellets o briquetas y/o subsidios a otros combustibles.

Por último, una forma de comprender el contenido jurídico de la prohibición absoluta de cocinas a leña, es analizando la prohibición de chimeneas de hogar abierto. A modo comparativo, las prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto, que constituye un caso de prohibición absoluta, se justifica por cuanto es conocido que éstas no sólo tienen por objeto calefaccionar, sino además tienen una función estética que no justifica las externalidades de su uso; adicionalmente, es sabido que su eficiencia es mucho menor que la de otros calefactores, por ello en la Región Metropolitana se encuentra prohibido su uso salvo cuando cuentan con doble cámara de combustión;[92] y finalmente, un antecedente relevante es el hecho de que las chimeneas de hogar abierto generalmente existen en las viviendas más grandes y costosas, no siendo comunes en los hogares más vulnerables, lo que representa una fundamental diferencia con los calefactores menores como salamandras o boscas y con las cocinas a leña.

Conclusión. La medida se estima jurídicamente **inviable, si se implementa por sí sola y no se contemplan medidas complementarias.** Se reitera que la prohibición absoluta de utilizar cocinas a la leña no se justifica por sí misma ni por los antecedentes de hecho conocidos, ya que si bien éstas aportan considerablemente en el total de las emisiones de las comunas de Temuco y Padre las Casas, su prohibición absoluta puede estimarse atentatoria de diversas garantías fundamentales. En concreto, lo anterior se debe a que

[90] *"(…) las cocinas se exceptúan de cumplir tales límites, sin perjuicio de la exigencia de medición de sus emisiones y potencia, en conformidad a la presente norma."*(Art. 2 parte final).

[91] Artículo 1º inciso segundo. *"El ámbito de aplicación territorial de la presente norma corresponde a todo el territorio nacional, a excepción de aquellas zonas declaradas latentes y/o saturadas donde rija un plan de prevención y/o descontaminación que contenga exigencias diferentes en este ámbito."*

[92] Decreto No. 811 de 1993, MINSAL, Artículo 1º:*"Prohíbese la utilización de chimeneas de hogar abierto destinadas a la calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados que utilicen leña y otros dendroenergéticos y que no estén provistas de sistemas de doble cámara de combustión, en todas las comunas de la Región Metropolitana."*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

como se sabe, las cocinas a leña son utilizadas preferentemente por los sectores más vulnerables de la población.

En dicho contexto, nuevamente, la viabilidad de la medida pasa por encontrar una adecuada justificación a la misma. En éste sentido, una alternativa para fundamentarla jurídicamente sería la de implementar la medida en conjunto con otras, condicionando su aplicación al cumplimiento de aquellas, como por ejemplo al recambio de cocinas a leña, y/o al uso de pellets o briquetas, y/o al subsidio de otros combustibles. De verificarse la implementación conjunta de medidas que permita solucionar los costos negativos que conlleva por sí sola la implementación de una prohibición absoluta de cocinas a leña.

La fiscalización de la medida, de llegar a implementarse, correspondería a la SMA, en conjunto con los organismos sectoriales programados, y la colaboración de las Municipalidades.En concreto, los organismos sectoriales con atribuciones en la materia serían primeramente la SMA, la Subsecretaría de Salud y, eventualmente, la SEC. Ésta última, en los mismos términos propuestos para el caso de la medida Nº 4.

10.6.3.6 Medidas No. 19 Restricción de uso para todo artefacto a leña en cualquier episodio de contaminación/ No. 20 Restricción de uso para todo artefacto a leña según zonas y tipo de episodios.

Estas medidas se analizan en conjunto pues comparten los mismos elementos en su contenido normativo, ya que tienen por objeto restringir el uso de todo artefacto a leña, esto es, tanto cocinas como calefactores, durante el espacio temporal de episodios de contaminación.

La diferencia entre las medidas Nos. 19 y 20 dice relación con que la primera sería aplicable ante el evento de cualquier episodio de contaminación, sea alerta, emergencia o pre-emergencia; la segunda, en cambio, tendría una aplicación diferenciada según las zonas y tipos de episodios (alerta, dos zonas; pre-emergencia, cuatro zonas; emergencia, 6 zonas).

En atención a las particularidades de las medidas, primeramente se revisara la legislación vigente que se refiere a la materia. En seguida, se revisarán algunas consideraciones jurídico constitucionales que puedan afectar la viabilidad de las medidas. Finalmente, se identificarán los organismos competentes para su implementación y fiscalización.

En relación a los episodios de contaminación se revisarán principalmente las dos normas de calidad del aire. Las Normas de MP 2,5 y MP10, que establecen límites de concentración de alcance general para dichos contaminantes.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

La **norma de calidad de MP 2.5**, en su artículo 5º define como niveles que originan situaciones de emergenciaambiental para material particulado respirable MP2,5 aquéllos en que laconcentración de 24 horas se encuentre dentro de los siguientes rangos (µg/m3):

Alerta : 80-109
Preemergencia : 110-169
Emergencia : 170 o superior

Por su lado, la **norma de calidad para MP10**, en su artículo 3º, define como niveles que originan situaciones de emergencia ambiental aquellos de acuerdo a los cuales el valor calculado para la calidad del aire, en concentración de 24 horas, se encuentre dentro de los siguientes rangos (ug/m3N):

Alerta 195-239
Preemergencia 240-329
Emergencia 330 o superior

A lo establecido en dichas normas, cabe agregarse lo dispuesto en la normativa sectorial cuyo alcance comprende los territorios de Temuco y Padre las Casas, y que dice relación con la prohibición de funcionamiento de las fuentes en los periodos que indica.

En éste sentido, primeramente, la Resolución Exenta No. 9469 de la Subsecretaría de Salud Pública,[93] dispuso en su resuelvo primero que:

*"En episodios de **Pre-emergencia** y **Emergencia Ambiental**, (…), **prohíbase** el funcionamiento de las **fuentes fijas industriales** y **residenciales comunitarias** y el uso de **calefactores y artefactos residenciales particulares**, que usen como combustible **leña y otros derivados**, tales como aserrín, viruta, piñas, despuntes, etc., cuya combustión genere emisiones atmosféricas de Material Particulado (MP), sea a través de descargas directas o ductos. **Exceptúense aquellos calefactores y calderas que usen pellets y briquetas** y aquellos artefactos que **formen parte del programa de recambio medio ambiental y que usen leña con menos de 25% de humedad**. Además, se exceptúan de esta prohibición los Establecimientos de Larga Estadía para Adultos Mayores (ELEAM), Establecimientos Educacionales y Recintos Asistenciales de Salud."*

[93]Publicada el 26 de junio de 2013, del Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública, Secretaría Regional Ministerial IX Región de la Araucanía, que *"prohíbe el funcionamiento de calefactores y artefactos que usen como combustible leña y otros derivados, en episodios de pre-emergencia y emergencia ambiental".*

La resolución recién citada fue modificada en dos oportunidades, también por resoluciones de la Subsecretaría de Salud Pública,[94] las cuales tenían por objeto fijar nuevos perímetros de alcance y horarios para la prohibición establecida en la Resolución 9469.

Sin embargo, en ambas resoluciones modificatorias, además, se incluyó en la lista de fuentes cuyo funcionamiento se prohibía, a las **fuentes fijas comerciales**.

No obstante lo anterior, se identifica en el conjunto de resoluciones, una falta de precisión en el alcance de la prohibición con respecto a las fuentes y los horarios en que operaría. Sin perjuicio de ello, se mantiene una línea coherente con respecto a los episodios que gatillarían su aplicación, comprendiéndose en todas ellas **sólo a las situaciones de preemergencia y emergencia ambiental.**

Además, cabe destacarse que todas ellas son cuerpos normativos dictados por la Subsecretaría de Salud Pública en virtud de las potestades que a éste organismo le otorga la ley; y que su vigencia alcanzaba **sólo hasta el 31 de agosto del año en curso**.

Finalmente, el actual **PDA de Temuco y Padre las Casasno contiene, dentro de su articulado**, medida alguna que prohíba el funcionamiento de fuentes que utilicen artefactos a leña, en sus diversas categorías, durante episodios de contaminación. A modo comparativo, se destaca que en el actual **PDA para el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O´Higgins**, el artículo 39 literal a), dentro del marco de la Gestión de Episodios Críticos establece que: *"se prohíbe el uso de artefactos a leña de uso residencial que no cumplan con lo establecido en la norma de emisión de material particulado para artefactos a leña y derivados de la madera, contenida en el DS No 39, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, en aquellos días en que se declare un episodio crítico."*

[94]**Resolución Exenta No. 10105**, publicada el 3 de julio de 2013, del Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública, Secretaría Regional Ministerial IX Región de la Araucanía, que "prohíbe en episodios de pre-emergencia y emergencia ambiental funcionamiento de fuentes fijas que usen como combustible leña y otros derivados que indica"; y la **Resolución Exenta No. 10609**, publicada el 10 de julio de 2013, del Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública, Secretaría Regional Ministerial IX Región de la Araucanía, que "modifica perímetro que indica y prohíbe funcionamiento, en pre-emergencia y emergencia, de artefactos residenciales particulares que usen como combustible leña y otros derivados".

10.6.3.6.1 Implementación.

Las medidas en análisis podrían ser implementadas dentro del PDA de Temuco y Padre las Casas, tanto respecto el MP 2,5 y MP10, de forma similar a la que durante éste año se hizo por la Subsecretaría de Salud Pública mediante las resoluciones identificadas más arriba, pero considerando su aplicación no sólo durante los episodios de preemergencia y emergencia, sino también de alerta, tomando en cuenta el enfoque preventivo que tendrían las medidas durante ésta última tipología de episodios.

Sin embargo, cabe destacarse que la Gestión de Episodios Críticos en el reciente PDA del Valle Central queda entregada al Ministerio del Medio Ambiente y sus Secretarías Regionales. Esto, en concreto, es coherente con los objetivos de la actual legislación e institucionalidad ambiental.

Por lo anterior, es recomendable seguir con la línea adoptada por el PDA del Valle Central en relación a que la implementación de las medidas que restrinjan el uso de artefactos a leña durante cualquier episodio de contaminación quede entregada al Ministerio del Medio Ambiente y sus Secretarías Regionales, mediante la determinación de los episodios de contaminación y la identificación de las zonas afectadas, así como de las medidas de comunicación y difusión a la comunidad asociadas.

Finalmente, es necesario destacar que a nuestro juicio las dos medidas en análisis son jurídicamente viables de implementar en el PDA de Temuco y Padre las Casas, tomando en cuenta que tendrían por fundamento la superación de los límites establecidos por las respectivas normas de calidad ambiental (MP 2,5 y MP 10), y su finalidad sería la de prevenir o mejorar la situación de contaminación en un territorio del país, cuya causa principal es el uso de leña húmeda.

10.6.3.6.2 Fiscalización.

Conforme a lo que se ha venido señalando, la fiscalización del cumplimiento de las medidas quedaría a cargo de la Superintendencia del Medio Ambiente, por formar parte de un PDA.

No obstante ello, debe destacarse nuevamente que conforme al artículo 10º del Decreto No. 12 que establece la norma de calidad primaria para MP 2,5,[95] durante la Gestión de Episodios Críticos, la **coordinación** de los diversos organismos sectoriales corresponderá al

[95] Decreto No. 12, publicado el 9 de mayo de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que "establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP 2,5". Vigente desde el 1 de enero de 2012.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Ministerio del Medio Ambiente y sus respectivas Secretarías Regionales.[96] Por lo tanto, la coordinación de la fiscalización de estas medidas en concreto, por formar parte de aquellas aplicables durante la Gestión de Episodios Críticos, correspondería directamente al MMA y no a la SMA.

Sin perjuicio de lo anterior, y tal como se establece en el artículo 41 del PDA del Valle Central, podría en el mismo PDA de Temuco y Padre las Casas establecerse que las actividades de fiscalización de las medidas queden a cargo de la SMA y sean informadas por ella, en colaboración con otros organismos, tales como la Subsecretaría de Salud Pública y las respectivas Municipalidades, teniendo en cuenta la gran cantidad de fuentes a fiscalizar.

Conclusión. De lo expuesto se concluye que las medidas son jurídicamente **viables.** Es viable su implementación respecto cualquier tipo de episodio de contaminación, pues incluso durante los de alerta se fundamenta por la naturaleza preventiva de las medidas, con el objeto de evitar riesgos para la salud de las personas.

Para su **implementación** sería necesaria la modificación del actual PDA mediante un Decreto que lleve la firma del Ministro de Salud, con el objeto de coordinar y/o limitar las potestades extraordinarias con que la Subsecretaría se enviste temporalmente. Su **fiscalización**, por otro lado, al tratarse de medidas que forman parte de un instrumento de gestión ambiental, correspondería naturalmente a la SMA. Sin embargo, nuevamente se presenta el hecho de que como lo establece el DS No. 12, dictada por el mismo Ministerio del Medio Ambiente y temporalmente posterior a la ley 20.417, la coordinación de los diversos organismos corresponderá al MMA. Por ello, si se desea mantener la coordinación en la SMA, se recomienda especificarlo en la modificación al PDA.

La coordinación es relevante, pues dice relación con la dirección de la oportunidad y lugares en que se realizará la fiscalización. Por lo tanto, una cosa es el acto de fiscalizar y las etapas que dicho acto comprende, pero distinta es la coordinación de los órganos que deben realizar la fiscalización propiamente tal. Por ello sería útil incorporar en el PDA una norma que específique que en el caso de los GEC, la coordinación se mantendrá en la SMA, pues así lo permite la misma norma.[97]

96 "Corresponderá a las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI) del Medio Ambiente, la coordinación de los distintos servicios públicos en la gestión de los episodios críticos de contaminación, en conformidad a la ley, en la forma definida en el respectivo plan. Cuando se vea afectada más de una región, la coordinación la realizará el Ministerio de Medio Ambiente".

97 DS No. 12/2012. MMA. Artículo 10º. *"Corresponderá a las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI) del Medio Ambiente, la coordinación de los distintos servicios públicos en la gestión de los episodios críticos de contaminación, en conformidad a la ley,* ***en la forma definida en el respectivo plan****. Cuando se vea afectada más de una región, la coordinación la realizará el Ministerio de Medio Ambiente."*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.6.3.7 Medida No. 7. Instalación de Filtros Catalizadores en calefactores.

La viabilidad jurídica de ésta medida viene dada en gran medida de acuerdo a la forma en que pretenda implementarse.

En efecto, distinto es el análisis según si los obligados a instalar y pagar por los filtros son las personas o la Administración. Pues si los obligados son las personas, entonces su viabilidad es más compleja, y dependerá últimamente de la disponibilidad, durabilidad y costo de los filtros. En cambio, si el obligado son los órganos de la administración, entonces la medida es completamente viable, dependiendo de la magnitud de la intervención y su durabilidad en el tiempo.

En el caso de que los obligados a instalar y costear los filtros sean las personas, entonces es de primera relevancia conocer la disponibilidad, durabilidad y costo de los filtros. Así, si los filtros son difíciles de encontrar, de poca duración y/o alto costo, entonces la medida difícilmente puede estimarse viable jurídicamente por sí misma. En éste sentido sería necesario implementar la medida en conjunto con las autoridades, ya sea facilitando su acceso a los filtros y/o subsidiando parte de su costo, para lo cual eventualmente se podría distinguir entre el poder adquisitivo e ingresos de las familias.

En el caso de que el obligado a instalar y costear los filtros sea la Administración, entonces la viabilidad jurídica de la medida es más clara. Sin embargo, eventualmente podrían presentarse algunos problemas. En efecto, si la intervención para instalar los filtros catalizadores es de gran magnitud, requiriéndose la modificación no sólo de los calefactores o de sus chimeneas, sino también de los techos o paredes de las viviendas, entonces podría estimarse legítima la oposición de ciertas personas a su instalación, por temor a que se generen daños permanentes en la estructura de sus viviendas.

Conclusión. En razón de lo expuesto, a priori se considera **viable** jurídicamente la medida.

Tendrían atribuciones y serían competentes para implementar la medida: i) la SMA; ii) la Municipalidad respectiva, conforme al art. 5 literal k inciso 3 de la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (LOCM), lo cual debería ser objeto de un Convenio de Colaboración con la SMA; iii) la Subsecretaría de Salud respectiva por las atribuciones generales que le otorga su respectiva ley, dado que la medida dice relación, en último término, con la protección de la salud de las personas; iv) finalmente, la SEC, con las mismas

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

prevenciones anotadas respecto la medida Nº4.

La fiscalización de la medida, que dice relación con que los filtros no sean extraídos de los artefactos, o que se mantengan operativos, corresponderá a los mismos organismos y entidades ya identificados.

10.6.4AISLACIÓN TÉRMICA

En éste apartado se analizará la viabilidad jurídica, los detalles acerca de la implementación y eventual fiscalización de las medidas que dicen relación con la aislación y eficiencia térmica de las viviendas localizadas dentro del territorio de las comunas de Temuco y Padre las Casas.

Para cumplir con dicho análisis, primeramente se identificará la legislación actualmente vigente que diga relación con dichas medidas. Posteriormente, y en virtud de dicha legislación y otras consideraciones jurídicas, se analizará la viabilidad de las medidas propuestas.

En cuanto a la legislación vigente, el actual **PDA de Temuco y Padre las Casas** contiene tres artículos directamente destinados a regular la materia.

En éste sentido, el artículo 15 del PDA dispone que *"El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) focalizará en las comunas de Temuco y Padre Las Casas un subsidio para el mejoramiento térmico de la vivienda existente; ello, de acuerdo al Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF)[98]."*

A dicho artículo, se agregan otros dos los cuales definen y determinan los plazos, acciones, convenios de colaboración y demás programas con el objeto de implementar la medida enunciada.[99]

---

[98] Decreto Supremo No. 255, publicado el 25 de enero de 2007, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que "Reglamenta Programa de Protección al Patrimonio Familiar".

[99] Artículo 16.- Transcurridos seis meses, contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente decreto, el **MINVU**, en el marco del **Convenio con el Programa País de Eficiencia Energética**, desarrollará las siguientes acciones con su correspondiente programa de difusión:

1) Elaborará un **estudio** destinado a evaluar posibles intervenciones para el reacondicionamiento térmico del parque habitacional construido.

2) Desarrollará un **modelo** y una herramienta tendiente a la certificacióntérmica de viviendas nuevas.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En particular, con respecto al **Programa de Protección al Patrimonio Familiar** y los subsidios que en virtud de él se otorgan, se deben precisar las siguientes cuestiones:

a. Las viviendas que son objeto del programa. Las viviendas sociales definidas en el D.L. No 2.552, de 1979; losconjuntos de viviendas a que se refieren los artículos40 y transitorio de la Ley N° 19.537; y las **viviendas cuya tasación no sea superior a 650 Unidades de Fomento**de acuerdo a la metodología de cálculo que se señala enla letra e) del artículo 21 del presente reglamento.

b. Con respecto a la eficiencia y/o aislación térmica. El Decreto No. 255 sólo contiene una disposición que hace expresa referencia a la idea de eficiencia o aislación térmica, al señalar en su artículo 6 bis que:

*"Respecto de **Proyectos de Mejoramiento de la Vivienda** cuyo Certificado de Recepción por la Dirección de Obras Municipales sea **anterior al 4 de Enero de 2007** y considere un **acondicionamiento térmico** que le permita cumplir con lo establecido en el **artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones**, el monto total de subsidio podrá ser, en caso de requerirlo, de hasta el doble de aquél fijado para la comuna en que se localiza el proyecto, de acuerdo a la tabla del artículo 7° de este reglamento. Si cumplido lo anterior quedare un saldo de subsidio, éstepodrá utilizarse en el mejoramiento de la vivienda."*

Y su inciso segundo agrega que:

"El Ministro de Vivienda y Urbanismo determinará, mediante resoluciones, aquellas comunas en las que se podrá otorgar el subsidio señalado en el inciso precedente."

c. No obstante la vaga referencia en el Decreto No. 255 a la aislación o eficiencia térmica, éstas expresiones tienen cabida dentro de otras disposiciones de la misma normativa. Así, el artículo 5, que enumera el tipo de obras que podrán ser parte de

---

Artículo 17.- Transcurridos seis meses, contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente decreto, el **Servicio de Vivienda y Urbanización de la Región de la Araucanía**desarrollará un **programa de capacitación** orientado a comités de vivienda, con el objeto de entregar recomendaciones de habitabilidad interior y soluciones constructivas posibles de realizar con el subsidio de mejoramiento térmico.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

los proyectos que comprende el Decreto, señala en su literal b), del Mejoramiento de la Vivienda:

b.2) Proyecto de Habitabilidad de la Vivienda: Obras que aborden el mejoramiento de instalaciones sanitarias, eléctricas o de gas, ***reparación de filtraciones de muros y cubiertas****, canales y bajadas de aguas lluvia,* ***reposición de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos u otros similares que afecten la habitabilidad de la vivienda.***

b.3) Proyecto de Mantención de la Vivienda: Obras que aborden el ***mejoramiento de partidas de la vivienda, tales como reposición de ventanas, puertas, pavimentos, tabiques, cielos, pinturas interiores o exteriores u otros similares****.*

b.5) Obras de Innovaciones de Eficiencia Energética: Obras que aborden proyectos de ***innovaciones tecnológicas que contribuyan a mejorar la eficiencia energética de la vivienda*** *o en bienes comunes construidos de una copropiedad a intervenir,* ***de manera de rebajar los gastos generales, costos de mantención y/o los cobros por servicios básicos.*** *Los proyectos a financiar pueden ser,* ***entre otros****, colectores solares, iluminación solar, tratamientos de separación de aguas u otros similares.*

Por su lado, a modo comparativo, cabe señalar que el reciente **PDA del Valle Central de la Región del Libertador Bernardo O´Higgins** dispone con respecto a ésta materia que:

Durante la vigencia del presente decreto, la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región ***deberá entregara al menos 6.000 Subsidios*** *para Acondicionamiento Térmico de las viviendas existentes del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF), en la zona saturada.*[100]

Además dispone que el Servicio de Vivienda y Urbanización de la Regióndeberá presentar al Ministerio de Vivienda y Urbanismo un documento con una **propuesta de mecanismos de incentivos al mejoramiento térmico en viviendas de más de 650 Unidades de Fomento para la zona saturada**.[101]

[100]Artículo 10.
[101]Artículo 11.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Y finalmente señala que las viviendas y edificaciones que se construyan en la zona saturada deberán acreditar el cumplimiento de las **exigencias de acondicionamiento térmico** que se establecen a continuación:[102]

a) ***Viviendas que se construyan en la zona térmica No 3****, establecida conforme a lo dispuesto en el artículo 4.1.10, del DS No 47, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones,* ***deberán cumplir las exigencias de acondicionamiento térmico correspondientes a la zona térmica No 4,*** *establecidas por el mismo ordenamiento, o aquellas correspondientes a la zona térmica No 3 que se determinen con posterioridad por dicho ordenamiento o por el que lo modifique o reemplace, siempre que fijen un estándartérmico superior a las señaladas en el presente decreto.*

b) ***Viviendas que se construyan en la zona térmica No 5****, establecida conforme a lo dispuesto en el artículo 4.1.10, del DS No 47, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones,* ***deberán cumplir las exigencias de acondicionamiento térmico correspondientes a la zona térmica No 6****, establecidas por el mismo ordenamiento, o aquellas correspondientes a la zona térmica No 5 que se determinen con posterioridad por dicho ordenamiento o por el que lo modifique o reemplace, siempre que fijen un estándartérmico superior a las señaladas en el presente decreto.*

10.6.4.1 Medidas No. 12 Aislación Térmica de viviendas existentes de menos 650 UF / No. 13 Aislación Térmica de viviendas existentes de más de 650 UF.

En concreto, del análisis de las medidas propuestas y aquellas existentes en el PDA del Valle Central, se verifican ciertas similitudes en relación a la eficiencia térmica de las viviendas. Sin embargo, hay algunas diferencias sustanciales que jurídicamente es necesario destacar.

Respecto las medidas Nos. 12 y 13, que dicen relación con **viviendas existentes**, el PDA del Valle Central no propone el aumento de exigencia de acuerdo a la zona correspondiente del proyecto de arquitectura, sino que propone **mecanismos económicos según la tasación de las viviendas.**

[102]Artículo 12.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En éste sentido, por un lado, acerca de las viviendas existentes en la zona saturada cuya tasación sea **menor a 650 UF**, dispone el PDA del Valle Central en su artículo 10 que la SEREMI del MINVU deberá entregar al menos 6.000 subsidios para el acondicionamiento térmico de las viviendas. Por el otro, y respecto las viviendas existentes cuya tasación sea **mayor a las 650 UF**, establece en su artículo 11 que el SERVIU deberá presentar un documento con propuestas de incentivo para el acondicionamiento térmico de las viviendas de la zona saturada.

Ahora bien, con respecto a la viabilidad jurídica de las medidas, el principal problema viene dado por el hecho de que las viviendas que son objeto de ellas, en ambos casos, son existentes previamente.

En éste sentido, es necesario destacar que las dos medidas en análisis no presentan diferencias en su contenido, y serían aplicables en ambos casos a viviendas existentes de menos y mas de 650 UF.

Ahora bien, al tratarse de viviendas existentes con anterioridad a la entrada en vigencia de las modificaciones al PDA, existe sobre ellas un derecho de propiedad que garantiza una serie de expectativas e intereses que no pueden ser arbitrariamente amenazados o afectados. Concretamente, no puede exigírseles jurídicamente a las personas propietarias de dichas viviendas que, habiéndolas adquirido en determinadas condiciones y bajo ciertas exigencias exigencias técnicas, modifiquen dichos aspectos vinculados a la eficiencia térmica de las mismas bajo su propio costo.

Lo anterior podría ser una razón de porqué en el reciente PDA del Valle Central, con respecto a las viviendas existentes, se implementaron las medidas de subsidios (para la viviendas de menos de 650 UF) y de programas de incentivos (para las mayores a 650 UF).

Adicionalmente, es necesario destacar que para otorgar un subsidio para la aislación térmica de las viviendas –y así cualquier otro subsidio- éste debe estar establecido en algún instrumento jurídico, tal como el DS No. 255 MINVU que reglamenta el Programa de Protección al Patrimonio Familiar (PPPF). Sin embargo, éste Decreto sólo identifica como viviendas sujetas al programa y beneficiarias del subsidio, a las viviendas sociales definidas

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

en el D.L. No 2.552, de 1979[103]; los conjuntos de viviendas a que se refieren los artículos 40 y transitorio de la Ley N° 19.537; y las **viviendas cuya tasación no sea superior a 650 Unidades de Fomento**.

En éste sentido, es necesario destacar que la implementación de un subsidio para la aislación térmica en virtud del PPPF sólo puede comprender las viviendas antedichas. En cambio, si se pretende implementar un tipo de subsidio diferente, éste no puede ser regulado únicamente en el PDA, sino en conjunto con otros instrumentos (ley) que especifiquen los detalles de asignación de fondos, requisitos de procedencia, exclusiones, etc.[104] Por eso, el PDA del Valle Central se remite al PPPF, por cuanto éste ya constituye un instrumento que regula todos dichos aspectos, y el cual fue establecido conforme a la ley, por remisión normativa; evitándose con ello el diseño y establecimiento de un nuevo mecanismo para otorgar subsidios, lo cual debe hacerse por ley.

Aparte del PPPF, otra alternativa para financiar el subsidio a las viviendas, incluso aquellas cuya tasación sea superior a las 650 UF es mediante la asignación de fondos que puede realizar el Gobierno Regional mediante el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), el Anteproyecto Regional de Inversiones (ARI) o el Programa Público de Inversion Regional (PROPIR). En cualquier caso, éstos mecanismos que pueden servir para implementar un subsidio también tienen por fundamento a una ley, en éste caso la Ley de Presupuestos, la cual asigna al Gobierno Regional un monto específico respecto cada uno de dichos mecanismos, y los cuales pueden asignarse a diversos ámbitos con relativa libertad, pues deberá siempre respetarse la política nacional de desarrollo y el presupuesto de la nación.[105] En atención a esto, podría incluirse en el PDA una obligación para el Intendente que consista en destinar un determinado porcentaje de dichos fondos como subsidio para la aislación térmica de las viviendas, y que se implemente a través del MINVU y del SERVIU.

[103] Art. 3. *"vivienda económica de carácter definitivo, destinada a resolver los problemas de la marginalidad habitacional, financiada con recursos públicos o privados, cualquiera que sean sus modalidades de construcción o adquisición, y cuyo valor de tasación no sea superior a 400 Unidades de Fomento."*
[104] Art. 19 No. 23 Constitución Política.
[105] Arts. 16 y 74, entre otros, de la Ley 19.175 Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Conclusión. En razón de lo expuesto se concluye que la viabilidad de las medidas en análisis depende principalmente de la forma en que se implemente el subsidio para la aislación de viviendas.

Por ello se recomienda la implementación de las medidas en una forma similar a la propuesta en el reciente PDA del Valle Central, que considera la implementación de mecanismos económicos de subsidios y de incentivos, según las viviendas sean tasadas en menos o más de 650 UF, respectivamente. Además, al remitirse dicho PDA al PPPF, se evita el problema de tener que diseñar, tramitar y aprobar una nueva ley que establezca el beneficio; pero debe destacarse que el PPPF tiene como límites, las viviendas menores de 650 UF.

Ahora bien, si se quisiera implementar un subsidio para la aislación a viviendas de más de 650 UF, sería necesario para ello la dictación de una ley que regule el procedimiento, requisitos, beneficiarios, temporalidad y montos del subsidio. Los incentivos económicos no requieren ser establecidos por ley porque estos mecanismos son parte del contenido de los PDA.[106] Sin embargo, los subsidios propiamente tal deben establecerse por ley, por cuanto así lo exige la Constitución.

10.6.4.2 Medida No. 14 Aumentar las exigencias de eficiencia térmica a viviendas nuevas.

Respecto de ésta medida, que dice relación con las **viviendas nuevas**, el PDA del Valle Central dispone en su artículo 12 el aumentar las exigencias conforme a la zona correspondiente del proyecto de arquitectura, en forma similar a como se propone en la medida No. 14, pero con diferencias en cuanto a las zonas aplicables, por cuanto ésta última aplicaría las exigencias de las zonas 6 y 7, mientras que el artículo 12 del PDA del Valle Central aumenta la exigencia a las zonas 3 y 5, haciéndoles aplicables las de las zonas 4 y 6 respectivamente.

La diferencia entre ambas medidas, la existente en el PDA del Valle Central y la propuesta para el PDA de Temuco y Padre las Casas radica en la magnitud de aplicación de las mismas.

[106]Art. 18 del Reglamento para la dictación de los Planes de Prevención y Descontaminación (DS Nº 39/2012 MMA).

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Sin perjuicio de lo anterior, si bien podría presentarse alguna opinión contraria, creemos que la medida en análisis no presente obstáculos o problemas jurídicos sustanciales en su implementación. Eventualmente, como se señalaba, podría estimarse que la medida no cumple con el principio de proporcionalidad, sin embargo la proporcionalidad no debe ser analizada sólo en razón de las alternativas jurídicas en general (como sería, por ejemplo, el aumentar las exigencias en la forma que establece el PDA del Valle Central), sino también conforme a los antecedentes fácticos que fundamentan la aplicación de la medida en cada caso concreto.

Conclusión. En razón de lo expuesto, se estima que la medida en análisis es jurídicamente **viable** siempre que el aumento de las exigencias tenga por objeto, ya sea de manera independiente o en conjunto con otras medidas a implementar, permitan alcanzar los objetivos que establece el PDA para el caso concreto que configura la realidad fáctica de Temuco y Padre las Casas.

No obstante ello, es necesario verificar si es que por la implementación de la medida en la forma propuesta, la diferencia de costos comparativos con implementar una medida alternativa menos agresiva no sea sustancial en consideración a los beneficios que se pretendan obtener, es decir, que la medida no sea irrazonable o desproporcional. De verificarse que en el caso concreto de Temuco y Padre las Casas la medida sirva sustancialmente para alcanzar los objetivos del PDA, y esto no sea posible mediante alguna medida alternativa, y no signifique una distribución inequitativa de cargas a los particulares, entonces la medida sería viable.

La implementación de la medida, en concreto, corresponderá a las Municipalidades, las cuales deberán en cada caso, verificar su cumplimiento al momento de otorgarse el permiso de construcción, y principalmente, al recibirse la obra por la Dirección de Obras Municipales; todo esto, de acuerdo a lo establecido por la LGUC y la OGUC.

En cuanto a su fiscalización, ésta corresponderá en primer término a la SMA, la cual podrá encomendar su fiscalización al Ministerio de Vivienda y Urbanismo, a través del SERVIU, mediante los Programas y Subprogramas de Fiscalización y los Convenios de Encomendación. En seguida, también tendrán atribuciones de fiscalización las Municipalidades respectivas, las cuales podrán ser coordinadas mediante los respectivos Convenios de Colaboración.

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.6.4.3 Medida No. 15. Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACHen viviendas nuevas.

Esta medida dice relación con que, mediante el cumplimiento de exigencias técnicas de hermeticidad más rigurosas, las infiltraciones en viviendas nuevas se mantengan niveles no superiores a un cambio de aire hora (1ACH).

Dichos niveles se pueden alcanzar, principalmente, mediante un mejor diseño de la envolvente (techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados), procesos constructivos adecuados y la utilización de materiales de mejor calidad.[107] Por lo tanto, en concreto, la medida conllevaría la necesaria implementación de técnicas de construcción más exigentes en las viviendas nuevas.

Actualmente no hay ninguna norma específica en la normativa de construcción que exija el cumplimiento de niveles de hermeticidad para cambios de aire hora; por el contrario, según lo dispuesto en la OGUC, sólo hay exigencias para la envolvente que dicen relación con el acondicionamiento térmico de las viviendas, según la transmitancia o resistencia térmica establecidas en sus respectivas zonas.[108] Esto es una cuestión relevante, por cuanto como señalan los autores ya citados, la infiltración de aire puede tener importantes consecuencias en la eficiencia energética y térmica de la vivienda, incluso alterando los niveles esperados por el cumplimiento de las exigencias de acondicionamiento térmico.

En virtud de lo expuesto, al igual que en la medida No. 16 analizada más abajo, la pregunta fundamental para determinar la viabilidad jurídica de la medida dice relación con si para su implementación ¿es o no necesaria la inclusión de exigencias técnicas de construcción o diseño diversas o ajenas a las contempladas en la LGUC y OGUC?

Esto es importante porque la medida en análisis, al igual que la de límite de emisiones a viviendas unitarias nuevas, se puede implementar mediante el aumento de rigurosidad en

[107]Información obtenida del artículo "Impacto de las Infiltraciones de Aire en el desempeño energético y térmico de las vivienda", de Hernán Madrid *et al.,* en: EMB Construcción, Mayo 2012, disponible en: http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=63&edi=3&xit=impacto-de-las-infiltraciones-de-aire-en-el-desempeno-energetico-y-termico-de-las-viviendas

[108]Art. 4.1.10. OGUC.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

las exigencias técnicas de construcción actualmente vigentes en la normativa de construcción. En efecto, el nivel de hermeticidad 1ACH puede alcanzarse sin que sea necesaria la inclusión de otras exigencias, puesto que éste sólo constituye un método de medición, y no una exigencia técnica específica de construcción.

Respecto la medida en concreto, cabe destacar que conforme al Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y Descontaminación (DS 39/2012, MMA), uno de los contenidos mínimos de dichos instrumentos de gestión ambiental es el de establecer *"Las condiciones que se exigirán para el desarrollo de nuevas actividades en el área geográfica en que se esté aplicando el Plan."*[109]Entonces, el PDA podría incluir, dentro de sus medidas, que al construirse nuevas viviendas unitarias nuevas, estas cumplan con exigencias de construcción –de techumbres, pisos y muros- más rigurosas, pero siempre que estén contempladas en la LGUC y OGUC.

Por lo tanto, de lo expuesto se desprende que es viable la implementación de la medida en el marco normativo de la construcción, entendida como una condición para la construcción de viviendas nuevas que se puede configurar mediante el cumplimiento de las exigencias técnicas más rigurosas. Sin embargo, al igual que en el caso de otras medidas ya analizadas, es importante fundamentar la razonabilidad y proporcionalidad de la medida para cada caso específico de aplicación. En éste sentido, finalmente la viabilidad jurídica de la medida dependerá de los costos que conlleven su implementación y su distribución, de si su cumplimiento exime del cumplimiento de otras medidas,[110] y de su ámbito de aplicación (es decir, viviendas que serán objeto de la medida).

10.6.4.3.1 Implementación

La implementación de la medida, de acuerdo a su naturaleza, requiere del establecimiento de diversas exigencias técnicas de construcción, las cuales garanticen en su conjunto el cumplimiento de la medida. En razón de lo anterior, al igual que la medida No. 16, su implementación requeriría de su inclusión en el PDA como un estándar a alcanzar, pero en cada caso concreto, se verificaría al momento de otorgarse el permiso de construcción y, con posterioridad, al recibirse la obra. En ese contexto, su implementación correspondería a las Municipalidades respectivas -mediante la Dirección de Obras Municipales- al entregar el permiso de construcción y posteriormente, en la etapa de la recepción de la norma. Sin perjuicio de lo anterior, podría en el PDA establecerse que en el caso concreto

[109]Artículo 18, literal k).
[110]Ver, por ejemplo, el artículo 33 literal f) del PDA del Valle Central.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

de las viviendas que deban cumplir con ésa medida, además de la municipalidad, deberá el SERVIU revisar y verificar –tanto al otorgarse el permiso como al recibirse la obra- la idoneidad de las exigencias técnicas por las cuales se pretenda cumplir con el límite de emisión establecido.[111]

10.6.4.3.2 Fiscalización

La medida, en concreto, establece la exigencia de que las viviendas nuevas cumplan con el límite infiltración 1ACH mediante el cumplimiento de las exigencias técnicas de construcción comprendidas en la LGUC y OGUC que resulten más rigurosas para el caso concreto. Por ello, se trata de una obligación verificable en determinadas oportunidades (al otorgarse el permiso de construcción y al recibirse la obra), con lo cual la fiscalización se confunde con la implementación de la medida. Sin perjuicio de ello, la SMA tendría las potestades para fiscalizar que tanto la Municipalidad como el SERVIU, en su caso estén cumpliendo con su obligación de revisar y verificar que las exigencias técnicas en se implementen en la forma debida para acreditar el cumplimiento del límite de emisión establecido. Adicionalmente, podría fiscalizarse –con posterioridad a la recepción de la obra- que las exigencias técnicas implementadas se mantengan en el tiempo; esto debería llevarse a cabo, idealmente, por el SERVIU, sin perjuicio de que podría encargarse a la Municipalidad respectiva.

10.6.5EMISIONES DE VIVIENDAS Y PROYECTOS INMOBILIARIOS.

10.6.5.1 Medida No. 16. Límite de Emisión a Viviendas Unitarias Nuevas.

Esta medida tiene por objeto establecer una obligación para que todo proyecto de construcción de viviendas unitarias, desde la entrada en vigencia del PDA, ya sea por su aislación térmica, diseño, sistema de calefacción, materiales de construcción, o una mezcla de dichos factores, garantize al momento de obtener su permiso de construcción, el cumplimiento con el límite de emisión establecido.

En la actualidad, ninguna normativa nacional establece como medida el límite de emisiones a viviendas unitarias nuevas.

En razón de lo anterior, para analizar la viabilidad jurídica de la medida se hizo revisión de la normativa vigente que regula la construcción de viviendas. Particularmente se revisó la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC); a su vez, se revisaron los Instrumentos de Planificación

[111]Arts. 2 y 3 del Decreto Supremo Nº 355 de 1977, del MINVU.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Territorial (IPT) vigentes en la zona. Adicionalmente, se analizó la viabilidad de implementar la medida mediante el decreto que establezca el PDA conforme a lo establecido en el Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y Descontaminación.

En el contexto normativo ya identificado, una pregunta fundamental para determinar la viabilidad de la medida en análisis es la si ¿puede establecerse mediante un PDA la obligación de cumplir con exigencias en la construcción de viviendas distintas a las comprendidas en la LGUC y OCUG?

A su respecto, y a modo de respuesta preliminar, cabe señalar que el recientemente dictado PDA del Valle Central comprende, entre sus medidas, que las viviendas y edificaciones que se construyan en la zona saturada, y particularmente en las zonas térmicas Nos. 3 y 5, deberán acreditar el cumplimiento de las exigencias de acondicionamiento térmico correspondientes a las zonas térmicas 4 y 6, respectivamente, o a las que les correspondan según su zonas térmicas cuando el ordenamiento que las consagra se haya visto modificado imponiendo mayores exigencias a las de las zonas 4 y 6.[112]

En virtud de dicha medida, se configura el caso en que un PDA exige, para la construcción de una vivienda, el cumplimiento de una norma en forma diferente a la establecida por la OGUC, pero debe destacarse que en cualquier caso, la exigencia si bien es distinta, es reemplazada por otra que ya existe en la misma OGUC, y no por una ajena a dicho cuerpo normativo.

El hecho de que las exigencias que comprenda la medida existan actualmente en la normativa de construcción es un tema importante. En efecto, la relevancia de lo anterior se desprende del hecho de que según lo establecido en la LGUC y la OGUC, sólo sus disposiciones y los instrumentos de planificación territorial dictados conforme a ellas regularán y establecerán las exigencias técnicas específicas para la construcción de viviendas.[113] Por ello, un PDA no podría establecer condiciones técnicas inexistentes en dichos instrumentos, ya que en ninguna parte se hace referencia a estos instrumentos de gestión ambiental. Sin embargo, nada dicen las LGUC y la OGUC acerca de que puedan los PDA establecer el cumplimiento de las exigencias técnicas específicas más rigurosamente, dentro de sus hipótesis, tal como lo hizo el PDA del Valle Central.

En dicho contexto, cabe preguntarse si ¿la medida en análisis comprende, para efectos de la LGUC y OGUC, el cumplimiento de exigencias de construcción ajenas a ella?

[112]Artículo 12.
[113] Art. 7 LOGUC.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

A nuestro juicio, la respuesta a ésta última pregunta es negativa. En concreto, la medida en análisis no exige al constructor de una vivienda unitaria nueva el cumplimiento de exigencias de construcción nuevas o ajenas a dichos cuerpos normativos. Por el contrario, la medida sólo exige que, para la construcción de la vivienda, se implementen las exigencias propias de la normativa de construcción más estrictamente y de forma tal que por ellas en conjunto, se acredite el cumplimiento de un límite de emisión determinado.

Lo anterior, a su vez, es plenamente coherente con lo establecido en el actual Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y Descontaminación (DS No. 39 de 2012, MMA), el cual establece en su artículo 18 literal e) que el contenido mínimo del respectivo Plan debe comprender al menos, entre otras cuestiones, *"La proporción en que deberán reducir sus emisiones las actividades responsables de la emisión de los contaminantes a que se refiere el Plan. Para tal efecto, el Plan podrá establecer* ***el límite máximo admisible de emisión por carga y/o el límite máximo de emisión por concentración del contaminante, a las fuentes emisoras, de acuerdo a las mejores técnicas disponibles.*** *Esta concentración deberá ser igual para todas las fuentes emisoras de similares características".*

Por lo tanto, teniendo en cuenta la precisión realizada respecto a la forma de implementar la medida y el contenido mínimo de los PDA, se verifica en el caso concreto que la medida en análisis comprendería el cumplimiento de exigencias mayores en la construcción de viviendas, pero las cuales no serían ajenas a aquellas ya establecidas en la normativa de construcción.

Ahora bien, la conclusión anterior es coherente con la legislación vigente, pero queda aún por analizar si su implementación resulta viable en el marco de razonabilidad, proporcionabilidad y finalmente, de constitucionalidad, que deben regir los actos de la Administración del Estado.

A raíz de lo anterior, el principal obstáculo viene dado por el costo de implementar la medida de acuerdo a su alcance. Es decir, la viabilidad de la medida depende en gran parte de la generalidad de su alcance y el costo de su implementación. En efecto, si la medida opera de la misma forma para todo tipo de viviendas, sin distinción de ningún tipo, la medida podría eventualmente impugnarse por inconstitucional durante el trámite de toma de razón ante la Contraloría General de la República. Por el contrario, en caso de que la medida modifique su exigencia dependiendo del monto de inversión proyectada para la construcción de la vivienda, entonces su viabilidad jurídica se consolida.

10.6.5.1.1 Implementación

La implementación de la medida, dado que conllevaría el cumplimiento de diversas exigencias técnicas con el objeto de cumplir con un límite de emisión específico, dependerá de la naturaleza concreta de las exigencias técnicas a implementar y, finalmente, con la verificación de los límites establecidos. En dicho contexto, y atendiendo que la normativa que contiene dichas exigencias está contenida en las LGUC y OGUC, la

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

implementación correspondería a las Municipalides respectivas[114] -mediante la Dirección de Obras Municipales-, al entregar el permiso de construcción y eventualmente, en la etapa de la recepción de la vivienda. Sin perjuicio de lo anterior, podría en el PDA establecerse que en el caso concreto de las viviendas que deban cumplir con ésa medida, además de la municipalidad, podrá el SERVIU revisar y verificar –tanto al otorgarse el permiso como al recibirse la obra- la idoneidad de las exigencias técnicas por las cuales se pretenda cumplir con el límite de emisión establecido.

10.6.5.1.2 Fiscalización.

Dado que se trata de una medida que establece un límite de emisión, consistiendo en una obligación verificable en determinadas oportunidades (al otorgarse el permiso de construcción y al recibirse la obra), la fiscalización se confunde con la implementación de la medida. Sin perjuicio de ello, la SMA tendría las potestades para fiscalizar que tanto la Municipalidad como el SERVIU, en su caso estén cumpliendo con su obligación de revisar y verificar que las exigencias técnicas en se implementen en la forma debida para acreditar el cumplimiento del límite de emisión establecido. Adicionalmente, podría fiscalizarse –con posterioridad a la recepción de la obra- que las exigencias técnicas implementadas se mantengan en el tiempo; esto debería llevarse a cabo, idealmente, por el SERVIU, sin perjuicio de que podría encargarse a la Municipalidad respectiva.

10.6.5.2 Medida No. 17. No permitir Humos Visibles.

En nuestra legislación nacional no existe normativa alguna que prohíba la emanación de humos visibles en viviendas. Por el contrario, en otros países se ha implementado ésta medida, diferenciando entre diversos niveles de opacidad del humo que emana de las chimeneas.[115]

---

[114] Art. 5 LOGUC.

[115]Por ejemplo en Washington, Estados Unidos, los límites, destinatarios y métodos de medición de la opacidad de los humos se regula en la WAC 173-433-110. Opacity standards. La cual dispone:
(1) A person shall not cause or allow emission of a smoke plume from any solid fuel burning device to exceed an average of twenty percent opacity for six consecutive minutes in any one-hour period.
(2) Statewide opacity standard. An authority shall not adopt or enforce an opacity level for solid fuel burning devices that is more stringent than the statewide standard.
(3) Test method and procedures. Methods and procedures specified by the EPA in "40 C.F.R. 60 Appendix A reference method 9 - VISUAL DETERMINATION OF THE OPACITY OF EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES", shall be used to determine compliance with subsection (1) of this section.
(4) Enforcement. Smoke visible from a chimney, flue or exhaust duct in excess of the opacity standard shall **constitute prima facie evidence of unlawful operation of an applicable solid fuel burning device. This presumption may be refuted by demonstration that the smoke was not caused by an applicable solid fuel burning device.** The provisions of this requirement shall:
(a) Be enforceable on a complaint basis.
(b) Not apply during the starting of a new fire for a period not to exceed twenty minutes in any four-hour period.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Ahora bien, cabe destacar que en el caso de la norma americana, la medida opera bajo la forma de una presunción, en el sentido de que si se verifica que los humos visibles no cumplen con los límites de opacidad permitidos, se presume que no se esta cumpliendo con las especificaciones técnicas del combustible utilizado o que el aparato no es el apropiado o no se encuentra en óptimas condiciones.

Dicha presunción, a su vez, puede ser desestimada si se prueba que la opacidad no es producida por el combustible o el artefacto que lo combustiona.

En el caso de la implementación de la presente medida en Chile, particularmente en el PDA de Temuco y Padre las Casas, se debe relacionar con el DS No. 39/2012 que establece límites de emisión para artefactos que combustionan leña, por cuanto ésta norma es la que fija los límites de emisión permitidos para dichos artefactos; además, se relaciona con las normas que eventualmente prohíban el uso de ciertos artefactos a leña; y con aquellas que prohíben el uso de leña húmeda.

En éste sentido, la medida que prohíba humos visibles (bajo la forma de límites de opacidad) puede implementarse de forma complementaria a otras medidas, pero no como una medida operativa por sí sola. Lo anterior debido principalmente a que la restricción de humos visibles no mide ni determina el nivel real de emisiones de un determinado artefacto, sino sólo opera como presunción de que dicho artefacto no cumple con los límites de emisión permitidos en su territorio de aplicación, o que el artefacto o combustible utilizados no cumplen con las especificaciones técnicas correspondientes.

En consecuencia, la norma de prohibición de humos visibles no es una norma de emisión propiamente tal, sino que una medida presuntiva que es complementaria a la norma de emisión correspondiente o a los límites de emisiones permitidos por el respectivo PDA,[116] o a aquellas prohibiciones establecidas respecto los aparatos o combustibles.

---

(5) Education. Any person or retailer providing information on the operation of solid fuel burning devices, such as brochures, demonstrations, and public education programs, should include information that opacity levels of ten percent or less are attainable through proper operation.

[116]En éste sentido, cabe destacar que el DS No. 39 señala expresamente que su aplicación territorial es de carácter nacional, sin perjuicio de aquellos lugares en que rija un plan de prevención o descontaminación con exigencias diferentes (Art. 1º inciso 2º). Por ello, el PDA de Temuco y Padre las Casas pueden fijar límites

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.6.5.2.1 Implementación

La implementación de la medida, que consiste en una prohibición, se lleva a cabo mediante su inclusión en el PDA.

10.6.5.2.2 Fiscalización

La fiscalización de la medida, de acuerdo a la naturaleza de la misma, correspondería a diversos organismos; sólo siendo necesario que estos cuenten con el instrumental y capacitación necesaria. En consideración a ello y asus respectivas normativas, tiene atribuciones para fiscalizar su cumplimiento: i) la SMA; ii) la Municipalidad, conforme a las atribuciones generales establecidas en la Ley Organica de Municipalidades, siendo recomendable su establecimiento mediante el respectivo Convenio de Colaboración; iii) los organismos de salud respectivos, pues estos gozan de amplísimas atribuciones con respecto a las medidas que digan relación con el cuidado de la salud de las personas (arts. 9, 12 y 13 DFL 1/2005).

Conclusión. En atención a las consideraciones ya expuestas, se concluye que a nuestro juicio la medida en análisis resulta **viable** de implementar jurídicamente, siempre que no se constituya en una prohibición que se independiente de otras circunstancias y opere de pleno derecho. Es decir, su viabilidad es consistente bajo la forma de que se establezca como una **presunción** en relación a los límites de emisión permitidos u otras prohibiciones o restricciones respecto el combustible utilizado o características del artefacto.

10.6.5.3 Medida No. 18. Modificar condiciones para el ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA u otro mecanismo para declarar y compensar emisiones.

En relación a ésta medida, es necesario primeramente identificar las **alternativas** propuestas para modificar las condiciones de ingreso de proyectos inmobiliarios al SEIA o aumentar las exigencias en materia de compensación de emisiones.

de emisión más estrictos, siempre y cuando estos no sean desproporcionales e irrazonables, constituyendo la norma de emisión en una prohibición de carácter absoluto.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

a) Compensación de emisiones fuera del SEIA.
b) Aumentar las condiciones de ingreso para proyectos a ejecutarse en la zona saturada.
c) Mantener las exigencias del PDA actual respecto a MP10, pero en relación a MP2.5.
d) Considerar compensaciones para todo proyecto a ejecutarse en la zona saturada que sobrepase el límite de 1 ton/año. Lo cual deberá acreditarse al momento de solicitar el permiso de obras municipales y luego verificarse en la etapa de recepción municipal; fuera del SEIA.
e) Compensar en el marco del SEIA, para aquellos proyectos que ingresen al SEIA acorde al reglamento vigente y que emitan más de 1 ton/año.

En seguida, para facilitar el análisis de las medidas y sus alternativas, se identificará la normativa ambiental de carácter general aplicable, y seguidamente, las exigencias que actualmente establecen sobre la materia los Planes de Descontaminación Ambiental vigentes.

10.6.5.3.1 Normativa General

La **ley 19.300(LBMA)** establece en su **artículo 10 literal h)**, que deben ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental los proyectos industriales o inmobiliarios que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas.

Luego, en el **artículo 45** al describir el contenido de los PDA, su **literal h)** exige:*"La proposición, cuando sea posible, de mecanismos de compensación de emisiones. Las actividades contaminantes ubicadas en zonas afectas a planes de prevención o descontaminación, quedarán obligadas a reducir sus emisiones a niveles que permitan cumplir los objetivos del plan en el plazo que al efecto se establezca.".*

Finalmente, cabe destacarse que conforme al **artículo 12 literal e)** de la ley, los **estudios de impacto ambiental** deben considerar: *"Las medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad y las acciones de reparación que se realizarán, cuando ello sea procedente".*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En seguida, el **Nuevo Reglamento del SEIA**[117] establece en su **artículo 3 literal h)** -complementando lo dispuesto por la LBMA-, las características y circunstancias que permiten identificar a los proyectos inmobiliarios que deben ingresar al SEIA. En éste sentido, particular relevancia tiene su **literal h.1.4**., en el cual se identifican aquellos proyectos *"que consulten la construcción de edificios de uso público con una capacidad para cinco mil (5.000) o más personas o con mil (1.000) o más estacionamientos.",* tal como lo señalaba el anterior Reglamento.

Pero además, ahora la regla precisa que, con todo: *"Se **exceptuarán dichos proyectos de su ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental** en aquellas zonas declaradas latentes o saturadas, que cuenten con un Plan de Prevención o Descontaminación vigente, dictado de acuerdo al artículo 44 de la Ley y **se permita el desarrollo de proyectos inmobiliarios en un Instrumento de Planificación Territorial aprobado ambientalmente conforme** a la Ley".*

Finalmente, con respecto a las medidas de compensación, el **artículo 18 literal i)** del Nuevo Reglamento –al igual que el anterior- sólo las hace exigibles para aquellos proyectos que ingresan al SEIA mediante **Estudios de Impacto Ambiental.**

10.6.5.3.2 Planes de Descontaminación Ambiental.

A continuación, se identifican las medidas contenidas en los PDA de la Región Metropolitana, del Valle Central, y el actual de Temuco y Padre las Casas, que dicen relación con la obligación de compensar emisiones:

En el **PDA de la Región Metropolitana**, su artículo 98 establece que:

"Todos aquellos proyectos o actividades nuevas y la modificación de aquellos existentes que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, deberán cumplir las siguientes condiciones:

1. Aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre

[117] Con vigencia diferida al 23 de diciembre de 2013.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

la situación base, superior a los valores que se presentan en la siguiente Tabla, ***deberán compensar sus emisiones en un 150%.***

Contaminante	Emisión máxima t/año
MP10	2,5
NO_X	8
SO_X	50

5. Las condiciones mencionadas en relación con la compensación de emisiones ***no sustituirán las exigencias impuestas en otras normativas vigentes en la Región Metropolitana*** *para los referidos contaminantes."*

El **PDA del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O´Higgins**, establece en su artículo 33 que:

"(…) todos aquellos proyectos o actividades nuevas y la modificación de aquellos existentes que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, deberán cumplir las siguientes condiciones:

a) Aquellos proyectos o actividades nuevas y sus modificaciones, en cualquiera de sus etapas, que tengan asociadas una emisión total anual que implique un aumento sobre la situación base, superior a los valores que se presentan en la siguiente tabla, ***deberán compensar sus emisiones en un 120%.***

Tabla 12: Límites para la compensación de emisiones

Contaminante	Emisión máxima Ton/año
MP10	5
SO_x	30
NO_x	15

f) (…) todos aquellos proyectos habitacionales, incluidas sus modificaciones, que ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, que contemplen sistemas de calefacción alternativos a la leña y que aseguren menores emisiones de contaminantes a la atmósfera, ***no deberán compensar sus emisiones de MP10****. Asimismo,* ***no deberán***

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

compensar sus emisiones de MP10 si las viviendas, en razón de su diseño y materialidad, no requieren sistemas de calefacción.*"*

Y finalmente, el **actual PDA de Temuco y Padre las Casas**, dispone en sus artículos 50 y 51:

El Artículo 50, por un lado, señala que:*"(…) deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, (…) los proyectos industriales y los proyectos inmobiliarios que se ejecuten en la comunas de Temuco y Padre Las Casas, en los siguientes casos:"*

En seguida, el Artículo 51 dispone que: *"(…) todos aquellos proyectos o actividades, incluidas sus modificaciones, que se sometan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, y que, directa o indirectamente generen emisiones respecto de su situación base, iguales o superiores a 1 ton/año de MP10, o de 0,5 ton/año de MP10 tratándose de edificios que consulten calderas de calefacción grupal,* ***deberán compensar sus nuevas emisiones en un 120%****"*

El inciso penúltimo del artículo exige que las medidas de compensación deben ser ambientalmente íntegras, esto es, efectivas, adicionales y permanentes.[118]

Y el inciso final de éste artículo agrega que *"Las condiciones mencionadas en relación con la compensación de emisiones* ***no sustituirán las exigencias impuestas en otras normativas*** *vigentes en las comunas de Temuco y Padre Las Casas."*

10.6.5.3.3 Viabilidad Jurídica.

Del análisis de la normativa de carácter general vigente, en relación a los proyectos inmobiliarios que deben ingresar al SEIA y la obligación de ejecutar medidas de compensación, se desprenden las siguientes conclusiones:

[118] a) Efectiva, de manera que la medida de compensación permita cuantificar la reducción de las emisiones que se produzca a consecuencia de ella; b) Adicional, entendiendo por tal que la medida propuesta no responda a otras obligaciones a que esté sujeto quien genera la rebaja, o bien, que no corresponda a una acción que conocidamente será llevada a efecto por la autoridad pública o particulares; c) Permanente, entendiendo por tal que la rebaja permanezca por el período en que el proyecto está obligado a reducir emisiones.

Primero, que la obligación de declarar y compensar emisiones, en términos generales, sólo le es exigible en virtud de la ley y el reglamento, a aquellos proyectos que generen algunos de los efectos, características o circunstancias descritas en el artículo 11 de la ley, y que por ello ingresen bajo la forma de un Estudio de Impacto Ambiental.

Segundo, que a diferencia de lo establecido en el Reglamento precedente, el actual modifica sustancialmente una de las características de los proyectos inmobiliarios en virtud de las cuales se hacía procedente el ingreso al SEIA. En efecto, el actual reglamento precisa que con respecto a aquellos proyectos inmobiliarios de uso público con capacidad para más de 5000 personas y más de 1000 estacionamientos, no les será exigible el ingreso al SEIA si se pretenden emplazar en una zona declarada latente o saturada, con un plan de prevención o descontaminación vigente, y que cuente con algún instrumento de planificación territorial aprobado ambientalmente favorable que permita el emplazamiento de estos proyectos en la zona.

Sin embargo, surge la duda de si cuando el Nuevo Reglamento hace referencia a los Instrumentos de Planificación Territorial ***aprobados ambientalmente favorable,*** se refiere a dichos instrumentos ya aprobados mediante la simple evaluación ambiental conforme lo establecía la ley previo a la reforma de la ley 20.417, o solamente a aquellos que se aprueben conforme a lo establecido en la ley con posterioridad a la ley 20.417 y en el prontamente vigente Nuevo Reglamento, mediante la Evaluación Ambiental Estratégica.

Tercero, que el Nuevo Reglamento del SEIA, a diferencia del anterior, en su artículo 3º literal h) referente a proyectos inmobiliarios e industriales a realizarse en una zona en que rija un Plan de Prevención o Descontaminación, no incluye la norma que permitía hacer aplicable, por sobre lo establecido en el RSEIA, la regulación específica del respectivo Plan de Prevención o Descontaminación.[119] En virtud de ésta norma, se permitía antes que los PDA modificaran las condiciones de ingreso de proyectos al SEIA; hoy no existe dicha norma, y por ello no puede en un PDA establecerse nuevas condiciones de ingreso al SEIA, pues la ley 19.300 le entrega al Reglamento, y no a otro instrumento, la tarea de determinar las condiciones y características con que deben cumplir los proyectos para ingresar al SEIA.

[119] Art. 3 literal h, inciso final; RSEIA.*Lo señalado en los literales h.1. y h.2. anteriores se aplicará en subsidio de la regulación específica que se establezca en el respectivo Plan de Prevención o Descontaminación.*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

En relación a las medidas de compensación de emisiones establecidas mediante los respectivos Planes de Compensación de Emisiones contenidos en los PDA identificados, se desprenden las siguientes conclusiones:

Primero, que en términos generales, las medidas son aplicables a todos los proyectos que ingresen al SEIA, sin hacer la distinción según sean proyectos que deban ingresar mediante declaración o estudio de impacto ambiental.

Segundo, que las medidas de compensación de emisiones establecidas en los PDA no comprenden las mismas emisiones. Así, el PDA de Temuco y Padre las Casas sólo comprende MP10; mientras que los otros dos comprenden además, SOx y NOx.

Tercero, que con respecto al límite de emisiones, las variaciones son también sustanciales entre PDAs. Teniendo el de Temuco y Padre las Casas el más bajo límite, de 1.0 o 0.5 t/año, según corresponda.

Cuarto, que en el caso del PDA de O´Higgins se excluyen de la obligación de compensar MP10 a aquellos proyectos que comprendan sistemas de calefacción distintos a la leña y que aseguren menos emisiones, o si las viviendas en razón de su diseño o materialidad no requieran de sistemas de calefacción.

Quinto, que en el caso del PDA de Temuco y Padre las Casas se contienen descripciones de características adicionales a las dispuestas en la ley respecto lo que debe entenderse por "proyecto inmobiliario" para hacerles aplicables las medidas de compensación. Sin embargo, tanto el PDA del Valle Central como el de la Región Metropolitana se refieren, genéricamente, a proyectos nuevos o modificaciones de proyectos existentes.

a) Compensación de emisiones fuera del SEIA.

La medida se estima jurídicamente **inviable.**

Del análisis de la legislación ambiental general aplicable, de los PDA identificados, se desprende que la compensación de emisiones incluso en zonas donde rigen los PDA resulta exigible únicamente dentro del marco del SEIA.

En concreto, todos los PDA proponen como principal requisito para aplicar las medidas de compensación de emisiones, el que los proyectos deban ingresar al SEIA.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Luego, si bien los PDA no distinguen, la ley y los reglamentos establecen que sólo aquellos proyectos que por sus efectos, características o circunstancias deban ingresar al SEIA en la forma de Estudios de Impacto Ambiental deben compensar sus emisiones. Con todo, y sin perjuicio de lo establecido por la ley y el reglamento, en la práctica la medida se hace exigible a todo proyecto que supere los límites de emisión establecidos en su respectivo PDA, sin distinción entre DIAs y EIAs.[120]

A pesar de lo anterior hay una constante jurídica que se mantiene en los PDA vigentes. Esta es que para aplicar las medidas de compensación de emisiones los proyectos deben ingresar al SEIA, independiente de la forma en que lo hagan.

Ahora bien, en concreto no existe norma alguna que prohiba expresamente a los PDA el establecer como medida la exigencia de compensar emisiones a proyectos que no deban ingresar al SEIA.

Sin perjuicio de lo anterior, a nuestro juicio se presentan tres argumentos que justifican la inviabilidad jurídica de la medida:

Primero, que las medidas de compensación forman parte esencial de la evaluación ambiental al tener ésta por objeto el minimizar las externalidad negativas de un proyecto mediante la generación de efectos positivos alternativos. Esto quiere decir, que para su adecuada consideración y análisis es necesario que los organismos sectoriales correspondientes las puedan evaluar dentro del marco y *ventanilla única* que representa el SEIA. De hecho, a partir del análisis de diversos proyectos y actividades ingresados al SEIA, y respecto los cuales se ha exigido la elaboración de un Plan de Compensación de Emisiones, se revela que los organismos sectoriales competentes (principalmente los Seremi del Medio Ambiente y de Salud) primeramente revisan la estimación de emisiones contenidas en los respectivos Estudios de Emisiones Atmosféricas que se exige a los proyectos en el marco del SEIA, para evaluar los eventuales impactos en el medio Aire. Luego, si se estima pertinente la elaboración de un Plan de Compensación de Emisiones, nuevamente éste instrumento es revisado y analizado por los organismos sectoriales, quienes se muestran conforme o disconformes con las estimaciones de emisiones y

[120] A modo de referencia, revisar la Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana (2012), disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-51710_Guia_SEA_Aire_11012012.pdf

También se puede dar cuenta de lo anterior en los expedientes de evaluación ambiental de diversos proyectos emplazados en zonas donde rigen los PDA, según consta en la página web del SEA.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

medidas de compensación propuestas. Todo lo expuesto muestra que la compensación de emisiones se configura como una institución compleja cuyo diseño se desarrolla a través de etapas en las cuales no participan sólo uno sino varios organismos sectoriales. Por ello, la implementación de una medida para exigir la compensación de emisiones fuera del SEIA es dificultosa, no porque jurídicamente se encuentre expresamente prohibido, sino más bien porque el marco institucional adecuado para diseñar y revisar los antecedentes y medidas propuestas es el SEIA, sin existir un procedimiento de evaluación alternativo.[121] En consecuencia, respecto ésta alternativa en particular el problema para su implementación viene dado por la naturaleza y estructura de nuestra institucionalidad ambiental.

Ahora bien, podría estimarse que con la nueva institucionalidad ambiental, y particularmente en razón de las potestades y competencias de la SMA,[122] éste organismo podría ser el encargado de -en caso de implementarse ésta medida- verificar que los proyectos o actividades que no ingresen al SEIA cumplan con los límites de concentración establecidos en las normas; y que en caso de no cumplir con los límites máximos permitidos, pueda exigir el desarrollo de un Plan de Compensación de Emisiones conforme lo establezca el PDA. Sin perjuicio de ello, sería necesario que en el PDA se regule en detalle un procedimiento que permita y garantice: i) analizar el origen y características de las emisiones del proyecto o actividad; ii) la participación de los organismos sectoriales competentes, mediante la formulación de observaciones; iii) la contradictoriedad por parte de los interesados, es decir, los titulares del proyecto, en el sentido de que se les permita aportar antecededentes y documentos de juicio con el objeto de justificar sus estimaciones y medidas de compensación específicas.

Segundo, que de quedar fuera del SEIA, se puede estimar que se estaría afectando la seguridad y certeza jurídica que éste procedimiento representa para los titulares del proyecto, pues se estaría creando para ellos la obligación de realizar estudios técnicos de carácter ambiental fuera del marco institucional que ha sido diseñado para ello.

[121]Podría estimarse aplicable en la materia, el procedimiento administrativo supletorio que consagra la Ley de Procedimientos Administrativos, pero a nuestro juicio no resulta idóneo para implementar la medida.

[122] Art. 3 literal d) LOSMA. Es competencia de la SMA el *"Exigir, examinar y procesar los datos, muestreos, mediciones y análisis que los sujetos fiscalizados deban proporcionar de acuerdo a las normas, medidas y condiciones definidas en sus respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental o en los Planes de Prevención y/o de Descontaminación que les sean aplicables."*

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Tercero, que en virtud de lo expuesto, se revela que el principal obstáculo para exigir la compensación de emisiones fuera del SEIA viene dada por la ausencia de un marco institucional adecuado que permita revisar y verificar los Estudios de Emisiones Atmosféricas de cada proyecto o actividad que no deban ingresar al SEIA.

b) Aumentar las condiciones de ingreso para proyectos a ejecutarse en la zona saturada.

La medida se estima jurídicamente **inviable.**

Esta medida tiene por objeto aumentar las condiciones de ingreso al SEIA para proyectos inmobiliarios más allá de las establecidas en la ley 19.300 y el nuevo Reglamento del SEIA.

Lo anterior, conforme a la naturaleza jurídica de la ley 19.300, que establece las bases generales del medio ambiente, y su reglamento, el cual por remisión normativa de la misma ley especifica las características de los proyectos y las condiciones de ingreso al SEIA, no puede ser modificado o alterado en un Plan de Descontaminación Ambiental.

Ahora bien, la razón de por qué bajo el anterior RSEIA se podían modificar las condiciones de ingreso de proyectos inmobiliarios e industriales (art. 3 letras h.1 y h.2, respectivamente), era que el inciso final de dicho literal h), disponía que *"Lo señalado en los literales h.1. y h.2. anteriores se aplicará* ***en subsidio de la regulación específica que se establezca en el respectivo Plan de Prevención o Descontaminación****.";* sin embargo, el literal h) del artículo 3º del Nuevo Reglamento no contiene dicha disposición, razón por la cual –considerando lo expuesto más arriba- no se podría mediante el PDA modificar las condiciones de ingreso de los proyectos inmobiliarios al SEIA. Específicamente, no podrían alterarse las características que el Nuevo Reglamento describe el artículo literal h.1).

Sin perjuicio de lo anterior, esto no quiere decir que el PDA no pueda modificar los límites de emisión de contaminantes, y la forma en realizar la compensación, pues conforme al artículo 45 de la LBMA (19.300), los PDA sólo pueden regular aquellos aspectos que digan relación con las medidas de compensación propiamente tal, y no con las condiciones de ingreso de los proyectos al SEIA.

En razón de lo expuesto, la medida se estima jurídicamente **inviable**, siendo necesaria para su implementación una modificación a la ley 19.300 o al Reglamento del SEIA, en su caso, lo cual no puede realizarse a través del Decreto que establezca un PDA.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

c) Mantener las exigencias del PDA actual respecto a MP10, pero en relación a MP2,5.

La medida es **viable**. No hay problemas ni obstáculos jurídicos para implementar ésta medida.

Establecer condiciones a los proyectos en materia de límites de emisiones no constituye una modificación de las condiciones de ingreso de los proyectos al SEIA. Por eso, en el nuevo PDA podrían modificarse los límites de emisión, pero no las condiciones de ingreso de los proyecto; estas condiciones de ingreso son, por ejemplo, la capacidad de personas y capacidad de estacionamientos del proyecto, tamaño, ubicación, etc. En atención a ello, si se quisiera mantener las condiciones de ingreso al SEIA del actual PDA (que son más exigentes que las establecidas en el RSEIA), pero abarcando también la norma de MP2,5, entonces no sería recomendable dictar un nuevo PDA, sino sólo modificar en la parte correspondiente al actual.

Mediante la inclusión de límites de emisiones para MP 2,5 en la tabla de contaminantes, la Administración se estaría haciendo cargo de una realidad fáctica de las zonas saturadas, lo cual es un antecedente que fundamenta la inclusión de nuevas medidas de compensación conforme a la legislación vigente, la cual no prohíbe la inclusión de otros contaminantes en la tabla de límites de emisiones.

En efecto, al existir actualmente una norma de concentración para MP 2,5[123] y al haberse declarado las comunas de Temuco y Padre las Casas como zona saturada por éste contaminante,[124] se configuran los antecedentes jurídicos suficientes para fundamente la inclusión de una medida de compensación de emisiones con respecto a éste contaminante.

Para su implementación es necesaria la modificación del PDA incluyendo a éste contaminante en la tabla de límites de emisiones por contaminantes, requiriéndose las firmas de los Ministros de Salud y Medio Ambiente.

d) Considerar compensaciones para todo proyecto a ejecutarse en la zona saturada que sobrepase el límite de 1 ton/año.

[123] Decreto No. 12, de enero de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece norma primaria de calidad para material particulado fino respirable 2,5.

[124] Decreto No. 2, publicado el 6 de mayo de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

La viabilidad de la medida queda supeditada sólo a aquellos proyectos que ingresen al SEIA. Resulta **inviable** para aquellos proyectos que conforme a la LBMA y su reglamento no deban ingresar al SEIA; lo anterior, por las mismas razones ya expuestas respecto la primera alternativa.

Se especifica además, que lo establecido en esta alternativa deberá acreditarse al momento de solicitar el permiso de obras municipales y luego verificarse en la etapa de recepción municipal.

En efecto, conforme a la legislación vigente, las medidas de compensación de emisiones sólo pueden exigirse a aquellos proyectos que ingresen al SEIA. Por ello, viabilidad jurídica de la medida dependerá de si la exigencia en ella contenida es aplicable dentro del marco del SEIA, pues en caso contrario, de ser exigible la compensación a proyectos que no ingresen al SEIA, la medida sería inviable por las mismas consideraciones antedichas.

e) Compensar en el marco del SEIA, para aquellos proyectos que ingresen al SEIA acorde al reglamento vigente y que emitan más de 1 ton/año.

La medida es **viable**.

En éste caso la medida no significa una alteración en las condiciones de ingreso de los proyectos al SEIA, y operaría dentro del SEIA, por lo que no requeriría de un procedimiento alternativo de evaluación.

En concreto, la medida conllevaría la aplicación de medidas de compensación para los proyectos que ingresen al SEIA, y emitan más de una ton/año. Esto resulta plenamente viable conforme a lo establecido en la LBMA (art. 47) y en el Reglamento de los PDA (art. 18 letra e).

Su implementación deberá llevar a cabo por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y en particular, los organismos sectoriales competentes que -dentro del marco del SEIA- verifiquen el cumplimiento de las estimaciones de emisiones propuestas por el titular del proyecto y se pronuncien respecto de la idoneidad de los métodos de emisión y compensación de emisiones.

Su fiscalización, por otro lado, será atribución de la SMA. En éste caso la justificación es doble: primero, porque se trataría de un aspecto que formaría parte de la Resolución de Calificación Ambiental del respectivo proyecto; segundo, porque se trataría de una

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

medida contenida en un PDA.

En concreto, y más allá de la evidente fiscalización que deba llevar a cabo la SMA, tendrían atribuciones y podría encomendarse la fiscalización de su cumplimiento a la Subsecretaría de Salud. Adicionalmente, tienen también atribuciones en ésta materia las respectivas municipalidades, cuya participación se puede establecer mediante el respectivo Convenio de Colaboración.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

10.7 Reportes Reuniones Realizadas

10.7.1Reuniones de Coordinación

10.7.1.1 Reunión de Coordinación 1

Lugar	SEREMI de Medio Ambiente IX Región
Fecha	Miércoles 23 de Enero de 2013 – 10:00 -13:00hrs.
Asistentes	Equipo SEREMI MMA: Rocío Toro, Eduardo Schleef, , Pablo Etcharren Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera, Rodrigo Dittborn, Nicolás Borchers

1. Agenda

1.1. Presentación de antecedentes de contaminación atmosférica y proceso de elaboración del PDA de MP2,5 por parte de la contraparte.
1.2. Presentación de metodología para el desarrollo de los componentes del estudio por parte del consultor.
1.3. Preguntas y Discusión sobre lo presentado por ambas partes.

2. Comentarios y Acuerdos

2.1. Contraparte destaca el hecho de que la declaración de zona saturada por MP2,5 es producto de que se ha sobrepasado la norma diaria (con respecto a la saturación de la norma anual aún no se tienen suficientes antecedentes).
2.2. Se comenta que la fiscalización de las medidas contenidas en el PDA de MP10 estan a cargo de diferentes instituciones públicas. Existe una mesa de fiscalización forestal en que participan CONAF, SII, Municipalidades y Carabineros; con respecto al uso de leña seca es la SEREMI de Salud la encargada de fiscalizar, la SMA posee un convenio con las municipalidades para fiscalizar también. CONAF es quien da apoyo a los productores de leña en difundir mejores prácticas.
2.3. Se cometa que el subsidio en el recambio de calefactores es de aproximadamente un 80% y que el equipo que se entrega corresponde a uno que está más allá de la norma.
2.4. Se comenta la existencia de un programa de recambio en edificios públicos que consiste en 600 equipos a pellets.
2.5. Se comenta el programa de apoyo a la aislación térmica para la clase media que se llevó a cabo en Javiera Carrera. Este es un programa de cofinanciamiento ya que el programa de subsidio es solo para viviendas de hasta 650 UF.
2.6. Se comentan los programas de educación asociados al PDA de MP10; Guía de Educación en Colegios, Nuevo Aire en Diario Austral (es de RSE pero SEREMI aporta

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

contenido). Se comenta también que estos no han tenido mucho éxito por diferentes motivos. Entre estos se menciona el poco compromiso de algunas instituciones para incluir y difundir los contenidos.

2.7. Se comenta la existencia de un mapa de zonificación según emisiones.

2.8. El consultor se compromete a que en el momento que se requiera y que se estén evaluando las medidas en ámbito legal, se incluirá en el equipo a un asesor jurídico que analice legalmente quien es el que debe ejecutar, quien debe fiscalizar y si es que son necesarias modificaciones a le leyes actuales.

2.9. Contraparte se compromete a averiguar si es que es realmente necesario incluir medidas de otros sectores (industria, transporte, quemas, etc.).

2.10. Contraparte solicita utilizar los coeficientes de riesgo unitario específicos de las comunas de Temuco y Padre las Casas.

Minuta elaborada por:
GreenLabUC
Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A

10.7.1.2 Reunión de Coordinación 2

Lugar	SEREMI Región de La Araucanía
Fecha	19 marzo de 2013
Estudio	Análisis Detallado de Medidas para Incorporar al PDA de MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	**Equipo Consultor:** Camila Cabrera, Rodrigo Dittborn. **EquipoSEREMI:** Rocío Toro, Pablo Etcharren, Mauricio Lobos, Eduardo Schleef

1. Agenda

1.1. Revisión Resultados del Informe 1
1.2. Discusión listado de medidas a evaluar
1.2.1. Sector Residencial
1.2.2. Otros sectores

2. Acuerdos

2.1. Revisión de resultados

2.1.1. La baja en emisiones por recambio de estufas al parecer es muy grande en la línea base. Consultor se compromete a revisar y explicar los resultados, enviando documento que aclare esta situación.

2.1.2. Consultor se compromete a entregar los resultados (reducción de emisiones y costos) considerando dos escenarios de línea base, uno con el PDA de MP10 y otro sin, para considerar que el PDA MP2,5 “absorbe” al del MP10.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2.1.3. Consultor se compromete a enviar minuta en donde se detallan factores de emisión que se utilizaron para re-estimar las emisiones del inventario CENMA, y explicar porque el nuevo cálculo DICTUC dio mayor.

2.2. Listado de medidas

2.2.1. Sector Residencial

2.2.1.1. Programas de apoyo a las medidas: no será necesario calcular la reducción de emisiones de ciertos programas en los que no se tiene claro cómo van a afectar a la efectividad de las medidas. Por ejemplo, el registro de comerciantes tiene un efecto desconocido en la reducción de emisiones, aunque se sabe que debe acompañar a la medida que prohíbe la venta de leña húmeda.

2.2.1.2. La consideración de evaluar costos dependerá de la medida. Se evaluarán aquellos costos que sean más relevantes. Por ejemplo, el registro de comerciantes sería un costo marginal para los municipios debido a ya tener el equipo capacitado para asumir dicha responsabilidad; en este caso no habría evaluación de costos.

2.2.1.3. El criterio de valor de la vivienda para prohibir artefactos unitarios (4.000 UF) podría ser válido políticamente. El análisis partirá de un objetivo de reducción de emisiones, para luego establecer el límite de UF. Consultor hará una propuesta de metodología de evaluación determinando así la existencia de supuestos necesarios para esta. La factibilidad jurídica de esta medida será consultada con un abogado.

2.2.1.4. SEREMI se compromete a definir mejor alguna medida que reduzca las emisiones de calderas de edificios y/o revisión de norma de emisión de fuentes fijas. Luego, el consultor se compromete a enviar una propuesta de evaluación.

2.2.1.5. SEREMI se compromete a proponer una medida para calderas de leña de uso domiciliario.

2.2.1.6. SEREMI enviará una presentación sobre el etiquetado de viviendas (ya enviado).

2.2.2. Otros sectores

2.2.2.1. Se incluirán las medidas que se están evaluando paralelamente en otro estudio con el Ministerio del Medio Ambiente (modelo genérico para evaluación de un PPDA), sin incluir su aplicabilidad jurídica o detalles de fiscalización, etc. El enfoque será entregar costos, emisiones, y por tanto, costo-efectividad.

2.3. General

2.3.1. Consultor enviará la metodología general de evaluación de cada medida, identificando de esta manera, aquellas en donde no se tenga la información necesaria para cumplir con este objetivo.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2.3.2. SEREMI enviará fichas de las medidas incluidas en el PDA MP10 con comentarios de los actores y organismos públicos relevantes.

Minuta elaborada por:
GreenLabUC
Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A

10.7.1.3 Reunión de Coordinación 3

Lugar	SEREMI de Medio Ambiente Región de La Araucanía
Fecha	Viernes 03 de mayo de 2013
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera, Rodrigo Dittborn Equipo SEREMI MMA: Rocío Toro, Mauricio Lobos, Eduardo Schleef MMA NC: Bruno Carriquiry, Felipe Mellado

1. Agenda

1.1. Administrativo

1.1.1. Discusiones varias (entregas, jornadas con actores claves)
1.1.2. Inclusión de nueva medida solicitada por MMA Nivel Central

1.2. Contextualización del estudio a representantes del NC del MMA
1.3. Presentación Actualización Meta de Reducción de Emisiones
1.4. Listado final de medidas a evaluar
1.5. Revisión Supuestos Medidas a Evaluar

2. Acuerdos

2.1. Administrativo

2.1.1. Se posterga la entrega de Informe de Avance 2 comprometida para el día miércoles 8 de mayo. Queda pendiente la definición final de esta fecha.

2.1.2. La siguiente reunión con actores claves será realizada durante el mes de Junio y tendrá como objetivo reunirse con los organismos fiscalizadores en especial aquellos relacionados con uso y venta de leña seca. Participantes debieran estar conformados por Ministerio de Salud, Municipios, SMA y CONAF.

2.1.3. La primera jornada de trabajo se espera que se realice en Julio esperando que se inicie formalmente la elaboración del anteproyecto del PDA y con esto la formación de un comité operativo ampliado con el cual se espera realizar la jornada. Se incluirá en el Informe de Avance 2 una justificación del porque no se desarrolla esta jornada dentro de los resultados de esta entrega.

2.1.4. Se incluirá la medida de utilización de gas natural solicitada por el nivel central del

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

MMA. Se sostendrá una reunión con ellos para una correcta definición de la medida y de su alcance.

2.2. Actualización de Meta Reducción de Emisiones

2.2.1. Se discute sobre los factores por mala operación considerándose que los supuestos ocupados por el consultor se encuentran dentro de los valores esperados.

2.2.2. Se indica que es posible que existan nuevas observaciones de la proyección de emisiones de línea base por parte de Mauricio Lobos o Eduardo Schleef. El consultor las considerará.

2.2.3. Programa de recambio de calefactores ha considerado un equipo nuevo de 1.5 g/h mientras que el consultor estaba utilizando 2.0 g/h MP2.5. Se modificará este valor.

2.3. Revisión Listado Final de Medidas

2.3.1. Se evaluará el diseño final de la medida "límite de emisiones vivienda". Una opción es según tamaño, otra opción es un límite de emisión general, generando así que la mayor exigencia sea para viviendas de mayor tamaño.

2.3.2. La medida que indica el ingreso de los proyectos inmobiliarios al SEIA debe ser diseñada logrando que el cálculo de emisiones sea realizado anteriormente y de ser así, sea posible no ingresar al sistema.

2.3.3. Se evaluaran las medidas de aislación térmica con la opción de alcanzar una calificación energética. Es interesante plantearlo de esta manera para generar señales de precio.

2.3.4. Se verificará la inclusión de una exigencia relacionada a las renovaciones de aire (actualmente no existe norma, solo recomendación). En primera instancia se realizará una evaluación unitaria de los resultados de costos y reducción del consumo de energía de esta medida.

2.4. Revisión de supuestos

2.4.1. Valor del gas licuado podría estar muy bajo, el consultor revisará este dato y lo actualizará si corresponde además de realizar una revisión del valor de todos los combustibles utilizados.

2.4.2. Se revisará el precio de secado. El dato dice pesos de 1999, se verificará si es tan antiguo, puede ser "error de tipeo".

2.4.3. Modificar el término "tiro forzado" de los calefactores a leña por "doble combustión mejorada".

2.4.4. Se repite el comentario de que un programa de recambio considera un equipo nuevo de 1.5 g/h de MP (general, no distingue tamaño de particula).

2.4.5. Se menciona que el aporte de las personas en el programa de recambio es entre un 10% hasta un 33% en la compra del equipo cuando hay subsidio. El costo total del equipo es de aproximadamente $450.000 el cual tiene incluido el costo de chatarrización, inversión, instalación y kit de instalación. Adicionalmente se le asocia al programa un costo de 17M de costos de administración (consultoría de apoyo) y 2.5M en transporte.

2.4.6. Para la medida de eco-filtros:

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

- No se considerará la opción de instalación de filtros en salamandras.
- Se considerará la instalación de los 1.000 filtros que está instalando la municipalidad.
- Se considerará que el filtro de reemplazo tiene un costo menor que el primero, entre 70.000 – 90.000 CLP.
- Se considerará que para aquellas viviendas que utilizan leña húmeda, la instalación del filtro no generará ningún efecto.

2.4.7. Cuando se consideren las medidas de cocinas de leña, se considerará para los costos que la mayoría de las viviendas tiene dos tipos de cocina, leña y gas (se utilizará el % obtenido a partir de la encuesta).

2.4.8. Para las medidas dónde exista prohibición de utilización de leña se buscarán datos de consumo de combustible u otra manera de determinar el parque de entrada que reemplaza los artefactos a leña dado que actualmente se asume que entra un 25% de cada alternativa. De todas maneras, se está sobreestimando el costo de la medida, sería un supuesto conservador por lo que primero se revisará si la medida tiene altas reducciones de emisiones para otorgarle prioridad de ajuste.

2.4.9. Se revisará el estudio de Calefacción Distrital para Coyhaique en donde se evalúa el uso de pellets. La conclusión del estudio es que las viviendas deben cumplir con estándares de aislación mayor al actual para que el proyecto funcione. Además hay estudios en Rancagua y Osorno que podrían ser revisados. Se analizará la opción de utilizar astillas, podría ser más económico.

2.4.10. El enfoque de la medida de Calefacción Distrital será la de una medida relacionada con la entrada al SEIA. Es una manera de reaccionar a esta medida para evitar compensar emisiones, no una medida en sí. Esto implica que debe salir de la lista de medidas a evaluar y ser un método de reducción de emisiones asociada a la medida SEIA. Se realizará un análisis específico para analizar cuando entraría calefacción distrital y si se espera su entrada en alguna ocasión (ver siguiente punto).

2.4.11. Se realizará un análisis preliminar de cuál es el número de viviendas para un proyecto inmobiliario tal que necesite compensar emisiones (1 ton). En primera instancia se calculará como si las viviendas utilizaran equipos unitarios que cumplen norma, luego calderas de calefacción que cumplen norma (56 mg/m3). Si utilizando calderas de calefacción el número de viviendas es muy alto para compensar emisiones, la penetración de calefacción distrital no podría ser alta (no existe incentivo).

2.4.12. Para la medida de prohibición de quemas a partir de marzo, se asumirá que se aplica un 100% de manejo de rastrojos y que no se trasladarán emisiones a febrero, debido a que se encuentra en periodo de cosecha y hay prohibición por riesgo de incendios. Zonas aledañas no será evaluado, sólo prohibición en marzo.

2.4.13. A partir del registro de los subsidios de aislación en marco del programa PPPF se podría obtener la relación entre m2 v/s costo vivienda (UF).

2.4.14. Para establecer el límite de emisión en viviendas unitarias se generará una matriz dónde se presentarán los datos según tamaño de vivienda (tipología), nivel de aislación y dos tecnologías de calefacción (pellets y calefactor que cumple norma). A partir de este

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

análisis es que se podrá realizar el diseño de la medida.
2.4.15. Para la meta de reducción de emisiones (para alcanzar la norma en cada uno de los escenarios) no se considerará la reducción de emisiones de las medidas GEC.
2.4.16. La restricción de uso de calefactores en GEC en el caso de que es por zonas, se realizará por turno.
2.4.17. La contraparte entregará al consultor los costos de equipos a pellets que tiene disponible.

Minuta elaborada por:
GreenLabUC
Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A

10.7.1.1 Reunión de Coordinación 4

Lugar	SEREMI Región de La Araucanía
Fecha	30 de julio de 2013
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera, Rodrigo Dittborn Equipo SEREMI MMA: Rocío Toro, Mauricio Lobos, Eduardo Schleef Equipo Ministerio MMA Departamento de Estudios: Cristóbal de la Maza, Paulina Schulz Equipo Ministerio MMA División de Calidad del Aire: Bruno Carriquiry, Felipe Mellado, Jimena Silva

1. Agenda

1.1. Contextualización
1.2. Revisión Línea Base
1.3. Revisión de los supuestos de las medidas
1.4. Revisión de la penetración de las medidas

2. Acuerdos

2.1. En la modelación se supone un solo PDA a partir del 2015 (PDA por MP2,5). El PDA de MP10 ya no estaría vigente a partir de ese año.
2.2. Se cambiará el año de inicio de la norma de calefactores que se estaba utilizando. Esta comienza a regir desde el año 2014 en vez del 2013.
2.3. Se discutió el valor de la tasa de recambio natural de los artefactos residenciales. Finalmente, según especificaciones del Departamento de Estudios del MMA se mantendrá el 4%.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2.4. Se considera que el factor de multiplicativo por humedad del FE está sobreestimado. Se ha demostrado que a partir de 30% de humedad baja la tasa de aumento del FE. Se enviará un estudio correspondiente a este análisis por parte del Departamento de Estudios del Ministerio de Medio Ambiente. Finalmente se utilizaran lo valores enviados por el MMA.

2.5. Dado a que la mala operación de los calefactores (tiraje cerrado) se produce en la noche, se considerará que funciona de esta manera en la proporción correspondiente con respecto a las horas de calefacción. Finalmente se utilizaran lo valores enviados por el MMA.

2.6. Los FE de los artefactos a leña a utilizar serán decididos por el Ministerio y enviados al equipo consultor (estos ya fueron enviados).

2.7. Se comprobará la relación real entre grados-hora y emisiones a partir también del consumo de kerosene mensual. Por lo mismo, para el uso de los grados-hora se usará el promedio de datos de 3 años y no solo el año 2009 (todo esto es para la distribución de emisiones anuales a emisiones diarias). Además se verificará que las emisiones de un día de julio estimadas según este método puedan ser realmente explicadas por el funcionamiento del parque de calefactores existente.

2.8. Se modificará el nombre de la medida que indica que se llega a 1 ren/h. Esta medida será redefinida en base a antecedentes que nos entregue la contraparte y opinión experta.

2.9. Para la medida de límite de emisión se estudiará cuánto es la emisión de todas las tipologías en el caso en que cumplan con la Calificación Energética Clase C, y tengan instalado un calefactor a pellet. Este podría ser el escenario agresivo de límite de emisión.

2.10. El subsidio a otros combustibles se aplicará a todo tipo de equipos por lo que no sólo se realizará un cambio en equipos nuevos, sino también a los equipos existentes. Además, no será enfocado sólo a GNL, sino a todo el gas. Finalmente, la medida no tendrá el nombre de subsidio, sino que hará alusión al “incentivo al uso de otros combustibles”.

2.11. En el caso de artefactos a pellet el Estado subsidia el costo de inversión de los equipos en vez del combustible.

2.12. Con respecto a la modelación de recambio de equipos, se tomará como un solo programa, en el que variará la proporción de las tecnologías pellets y leña. Se considerará el mismo copago de 115.000 CLP para todos los escenarios, para ambos equipos. La SEREMI enviará el dato de los costos de los equipos (ya enviado).

2.13. La prohibición del uso de calefactores se inicia una vez que se haya terminado el recambio a los hogares más vulnerables, considerados como el primer y segundo quintil más pobre de la población.

2.14. Se considerará una instalación mayor de filtros catalíticos para estufas, siendo el mismo número que el considerado en el recambio. De esta forma son comparables los resultados.

2.15. El recambio de cocinas a leña se aplicará sólo a aquellas viviendas que no tienen una cocina a gas. Las que sí tienen, entrarían al programa de recambio de calefactores, por lo que este artefacto también será considerado para ese programa pero modelado de manera independiente.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2.16. Para la definición de la penetración de cada escenario de modelación (Agresivo, Esperado y Pasivo) se verán las condiciones necesarias para cumplir la norma en los distintos periodos asignados. Los valores consensuados en la reunión serán el punto de partida de la modelación.
2.17. SEREMI de Medio Ambiente enviará datos de la transmitancia térmica (U) objetivo que se quiere lograr en la aislación térmica de las envolventes según propuesta de las mesas de trabajo.
2.18. Las medidas de GEC restringirán el uso a equipos que no cumplen normativa correspondiente.
2.19. El consultor se compromete a mandar una propuesta del paquete de medidas para evaluar que luego será discutida en una reunión a realizarse alrededor del 20 de agosto.
2.20. La SEREMI enviará la relación existente entre la densidad de la leña y su humedad (ya enviado).
2.21. Se revisará el estudio O'Ryan 2011, que corresponde a un estudio de leñerías.

10.7.1.2 Reunión de Coordinación 5

Lugar	SEREMI Región de La Araucanía
Fecha	29 de Agosto de 2013
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera Equipo SEREMI MMA: Rocío Toro, Mauricio Lobos, Andrea Flies

1. Agenda

1.1. Contextualización de cambios realizados desde la última reunión (30 de Julio 2013)
1.1.1. Listado de Cambios
1.1.2. Actualización Proyección LB y Meta de Reducción en base a cambios realizados
1.1.3. Escenarios de Penetración Consensuados
1.1.4. "Paquetes" de Medidas Consensuados

1.2. Presentación de Resultados a la Fecha
1.2.1. Medidas independientes
1.2.2. "Paquetes" de medidas

1.3. Discusiones y acuerdos varios

2. Acuerdos

2.1. Para la medida "Establecer obligación de nivel de hermeticidad igual a 1ACH en viviendas nuevas" se incluirá en la descripción que se establece dicha exigencia

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

"resguardando un nivel aceptable de ventilación".

2.2. Se chequeará que la penetración para el escenario pasivo de la medida "Utilización de otro energético diferente a la leña para calefacción" se esté considerando que los hogares que se cambian al combustible son 25% x 72% x Y x ProbEquipoLeña y no como se presentó en la ppt que indicaba solo 25% x Y x ProbEquipoLeña. (Esto ya se revisó y se está modelando correctamente).

2.3. Se enviará una minuta con los supuestos que se están utilizando para la evaluación de la medida "Instalación de filtros catalizadores en Calefactores" para que sea revisada y discutida por la contraparte.

2.4. Con respecto a la misma medida de filtros catalizadores, la contraparte solicitará posible información (o recursos) para validar los supuestos utilizados en reducción de los factores de emisión y aumento de la eficiencia térmica al instalar uno de estos aparatos. Por su parte, el consultor indagará en el área de DICTUC "Energías Sustentables" si es que ellos poseen algún tipo de información o medición. (Se contactó a Fabián Hormazabal, subgerente del Área de Energías Sustentables. Ellos no poseen información experta de mediciones de equipos a leña (para realizar estas mediciones según la norma se requiere un ducto de dilución que ellos no poseen)).

2.5. La contraparte enviará (ya enviado) el nuevo reglamento para el establecimiento de planes de descontaminación y nuevo reglamento del SEIA con el objetivo de que sea revisado por el consultor (ya revisado).

2.6. Se revisará el PDA del Valle Central de la VI Región con el objetivo de incorporar antecedentes. La revisión será con énfasis en participación de la SMA como organismo fiscalizador del plan y por ende de las medidas contenidas en este y en la medida de compensación de emisiones para proyectos inmobiliarios a través del SEIA.

2.7. La contraparte (Rocío Toro) contactará a la SEREMI de Medio Ambiente de la VI Región para indagar sobre el por qué se estableció la compensación de emisiones a partir del SEIA; no es posible por otro medio?

2.8. Se realizará el ejercicio de estimar los indicadores económicos resultantes de la medida Recambio de Calefactores recambiando solo equipos a doble combustión de 1.5 g/h (no incluyendo equipos a pellets) con el objetivo de comparar sus resultados con los indicadores económicos de la medida de instalación de filtros catalizadores.

2.9. Para la evaluación de la medida de reacondicionamiento en viviendas existentes se agregará una opción que sea alcanzar Zona 5 + Aislación Muros propuesta por la Mesa de Vivienda. Esta también será la opción a incluir en los "paquetes" de medidas en vez de alcanzar calificación energética C.

2.10. Se discute que el tema de capital de trabajo para la medida de comercialización de leña seca es muy relevante y debe ser incorporado en los costos de la medida. El consultor indica que ya se está incorporando un costo de secado de leña por unidad de masa por lo que no hay que agregar un costo de capital de trabajo adicional a este sino que este costo que se utiliza debe ser distribuido para los primeros años con una participación mayor de apoyo por parte del Estado.

2.11. Al presentar los resultados de las medidas contenidas en los "paquetes" evaluados, la contraparte solicita que se muestren las toneladas acumuladas de reducción al año

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

meta de cada escenario y que también se presente la matriz del parque de equipos calefactores y de emisiones por combustible para el sector residencial.
2.12. Se revisaran los resultados de los paquetes de medidas ya que están entregando reducción de concentración muy altos. (Se ha realizado una revisión preliminar y el tema es que, debido a los paquetes de medidas que se están evaluando incluyéndose la prohibición de calefactores que no cumplen norma y de todas las cocinas a leña, el parque existente al 2025 (en el escenario esperado) es muy "limpio" por lo que efectivamente el nivel de emisiones es bajísimo. Esto incita a la revisión de las medidas que se están incluyendo en los paquetes o al supuesto de cumplimiento de estas medidas. Se enviará minuta que muestre la evolución del parque de equipos y el efecto que tiene cada medida en esto).

10.7.1.3 Reunión de Coordinación 6

Lugar	Superintendencia del Medio Ambiente
Fecha	30 de Agosto de 2013
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera, Sebastián Rebolledo (asesor jurídico) Equipo División Fiscalización SMA: María de los Ángeles Hanne, José Ignacio Vial, JoseHernández

1. Objetivo

Comprender las competencias y modos de acción de la Superintendencia del Medio Ambiente en la fiscalización de los planes de descontaminación y de las medidas contenidas en este tipo de instrumento de gestión ambiental.

2. Discusiones

2.1. Contextualización sobre la manera en que actúa la SMA y como delega las responsabilidades de fiscalización a otras instituciones. Aquí nos explicaron la existencia de los convenios de encomendación y los convenios de colaboración para delegar las responsabilidades de la fiscalización de los PDAs.
2.2. Con relación al PDA de MP10 de Temuco y Padre las Casas poseen convenios de encomendación con la SEREMI de Salud y con CONAF. Los convenios de colaboración los poseen con los municipios (estos en general han sido poco efectivos).
2.3. Se acordó que dentro de la descripción del contexto jurídico del estudio en referencia se incluirá una descripción de las competencias asociadas a la SMA.
2.4. Se acordó que el consultor realizaría un primer borrador con la factibilidad jurídica de cada medida y la descripción del organismo competente para su puesta en marcha y fiscalización y que sería entregado a la División de Fiscalización de la SMA para que realizara sus observaciones. En el caso específico de la fiscalización, si bien la

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

responsabilidad siempre caerá en la SMA, se incluirá la especificación de a que institución debiera ir dirigido el convenio de encomendación o colaboración.

2.5. Uno de los grandes temas que expusieron los asistentes tuvo referencia a que la SMA fue creada para la fiscalización de "proyectos industriales" que pudieran ser afectos a las altas multas establecidas por el no cumplimiento de una RCA. Para la fiscalización de los PDAs se complica su actuar ya que, por un lado, sería muy complejo cursar una multa a un hogar X y que este tenga que pagar la multa asociada al incumplimiento, por ejemplo, de utilizar chimeneas abiertas, y por otro lado, tampoco tiene las competencias (no pueden entrar ni los recursos para hacer una fiscalización a nivel de vivienda.

2.6. En base a esto último, ellos proponen que algunas de las medidas queden "fuera" del Plan para facilitar que sea otra la institución que se haga cargo de la fiscalización. Un ejemplo es decir "La SEREMI de Medio Ambiente en un plazo de 6 meses dictará una restricción asociada al uso de calefactores que no cumplen con la norma de calefactores". De esta manera la SMA tiene la facultad y responsabilidad de fiscalizar que la SEREMI de Salud cumpla dicho compromiso, no que las viviendas no utilicen un calefactor X.

2.7. Se le indico a la División de Fiscalización cuál era el alcance del presente estudio recalcando que lo que se establezca como resultado del análisis jurídico es bastante genérico y de luces de que caminos seguir o el cómo se pueden solucionar ciertas barreras que se identifiquen. Lo desarrollado por el equipo consultor no tiene por qué ser lo que finalmente aparecerá en el Plan de Descontaminación. En el mismo sentido, tampoco podemos incluir solo la visión de la SMA ya que lo que por normativa se establece es que es la SMA la institución que debe estar a cargo de la fiscalización de las medidas establecidas en el PDA.

2.8. Con respecto al resultado de su responsabilidad en la fiscalización del Plan de Descontaminación del Valle Central de la VI Región, ellos mismo establecen que lo ahí indicado, aunque la SMA ya se encuentra con plenas facultades al momento de su publicación, no tiene por qué ser un referente del modo de actuar en la fiscalización ya que este fue solo un primer paso y esperan que el PDA de MP2.5 Temuco y Padre las Casas sea el referente para el futuro.

2.9. Con respecto a lo mismo, también indican que muchas de las medidas contenidas ahí (PDA de VI Región) no quedo 100% claro cuál iba a ser el modo de actuar de la SMA. Un ejemplo de esto es que no queda bien estableció como van a fiscalizar la medida de aumentar la exigencia de aislación térmica (aplicar una zona térmica superior).

2.10. Aunque no es directo a sus competencias, se les consultó por algún mecanismo alternativo para realizar la compensación de emisiones de proyectos inmobiliarios. Ellos indicaron que no tienen claro si es que es posible hacerlo fuera del SEIA pero que de ser posible, a través de las ordenanzas municipales y permisos de edificación podría establecerse algún mecanismo.

2.11. Comentaron que la SEREMI de Salud siempre ha sido la institución estrella en la fiscalización de las medidas del PDA de MP10 por lo que esperarían que esto siguiera siendo así a partir de los convenios de encomendación.

2.12. Con respecto a esto último realizaron el comentario de que la SEREMI de Salud no iba a seguir aceptando estos convenios de encomendación por lo que estaba en peligro el

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

apoyo que recibían por parte de ellos.
2.13. Adicionalmente comentaron que el tema de la medida de límite de emisión para industrias establecido en el PDA de MP10 estaba con un desorden muy grande por un tema de definiciones de clasificación existentes y nuevas además de establecer norma de emisión para algunas fuentes que no declaran en el Decreto 138. Dada la oportunidad que existe al establecer el nuevo PDA de MP2.5, se debiera ordenar este tema.

En general se agradece la disposición de los profesionales de la División de Fiscalización de la SMA tanto en la reunión realizada como en la disposición de aportar en futuras instancias.

10.7.1.4 Reunión de Coordinación 7

Lugar	SEREMI de Medio Ambiente
Fecha	25 de septiembre de 2013 (12:00 a 14:00)
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	Equipo Contraparte: Rocío Toro, Mauricio Lobos Equipo Consultor: Luis Cifuentes, Camila Cabrera

1. Agenda
1.1. Presentación por parte del equipo consultor de las modificaciones realizadas en el último periodo y de los resultados finales preliminares.
1.2. Presentación por parte del equipo consultor de lo que se presentaría en la Segunda Jornada de Trabajo (realizada post – reunión interna).

2. Discusiones y Compromisos
2.1. Para la medida de prohibición de utilización de equipos que no cumplen normativa en episodios críticos de contaminación (según zonas) se presentará el grado de cumplimiento mínimo que debe considerarse dadas las consideraciones de diseño. Esto implica un resultado del estilo "Dadas las consideraciones evaluadas, para salir de un episodio de alerta, en las dos zonas de prohibición se debe alcanzar al menos un grado de cumplimiento de un X%".
2.2. Se discutió que información se debía presentar en la Jornada de Trabajo que se realizaría en la tarde en donde se acordó no incluir todo el análisis de viabilidad jurídica sino que solo la inviabilidad de algunas de las medidas (el resto se consideró que aún no estaba en un análisis final para ser mostrado). Además se consideró que las diapositivas que indicaban el detalle de las penetraciones asociadas a cada medida y escenario debían presentarse de manera resumida.
2.3. Se solicitó agregar una diapositiva que explique en términos generales como se evalúa una medida en términos de costos y beneficios (esto no se alcanzó a preparar de buena manera para la Jornada, pero se agregará en el Informe Final).
2.4. Se incluiría los beneficios a las tablas de resultados (solo se alcanzó a incluir para algunas tablas). Para el Informe Final se incluirán los Costos, Ahorros, Beneficios Salud,

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Costo Neto y Razón B/C.

2.5. Se incluiría las toneladas promedio de reducción diaria para cada medida (tampoco se alcanzó, pero esta información se incluirá para el Informe Final).

2.6. Se indica que se le hará llegar a la contraparte una minuta con los costos públicos que se consideraran el las medidas (diseño de la medida, implementación, fiscalización, difusión). Se solicita a la contraparte revisarlo e indicar sus comentarios para poder ser incluido en los resultados del Informe Final próximo a entregar.

2.7. De la jornada de trabajo se desprende que se incluirá un nuevo paquete de medidas que incluya la medida de filtros catalíticos. También, en el análisis de potencial máximo de reducción de emisiones se agregará la opción de equipo a pellet para la medida recambio de equipos (adicional al análisis de recambio por un equipo a leña de bajas emisiones).

10.7.2Reuniones con Actores Claves

10.7.2.1 Reunión Actores Clave 1

Lugar	Edificio Corporativo CChC – Temuco
Fecha	Miércoles 20 de marzo de 2013 – 10:00 a 12:00 hrs
Asistentes	Equipo SEREMI MINVU: Marcelo Barrera Rivas, Marcela Rivera, María Elena Harcha Equipo SERVIU: Marcelo Fernández Zapata Equipo CChC: Héctor Salazar, Javier Olhagaray, Mauricio Henríquez, Sofía Jaramillo, Carlos Celedón Fundación Araucanía Verde: Emilio Guerra Equipo SEREMI MMA: Andrea Flies (SEREMI), Rocío Toro, Mauricio Lobos Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera, Rodrigo Dittborn

1. Agenda

1.1. Presentación SEREMI MMA: Antecedentes de zona saturada por MP2,5, cronograma de elaboración del PDA de MP2,5 y antecedentes para la contratación del estudio a cargo de DICTUC.

1.2. Presentación GreenLabUC: Contexto del estudio, objetivos de éste y de la reunión, presentación de las medidas preliminares a ser evaluadas.

1.3. Discusión detallada de cada una de las medidas que tienen implicancia con los asistentes.

2. Comentarios y Acuerdos

2.1. El consultor revisará la medida de instalación de “eco-filtros” en calefactores, dado a que podría ser atractiva. Esta medida nace producto de que se mencionó que la

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Municipalidad de Temuco actualmente se encuentra realizando un programa de entrega de eco – filtros.

2.2. Se indica y comenta el artículo publicado en La Tercera en donde se habla de un nuevo subsidio de aislación térmica. El consultor analizará en detalle este tipo de subsidio. A raíz de esto se discute la instalación de colectores solares, en donde se aclara que para la zona no es una medida de interés producto que el problema de contaminación ocurre en invierno y en dichas fechas la intensidad del calor proveniente del sol no es alta, y por tanto solo es factible su uso para agua caliente sanitaria, pero no para calefacción.

2.3. Se comenta el reciente compromiso del Ministerio de Energía de comenzar a abordar la temática leña con mayor intervención y recursos, ejecutando este año un proyecto de fomento a la leña seca. Esto es importante para tener en cuenta a este Ministerio en las medidas relacionadas con leña que se evalúen.

2.4. Se establece que un aumento en el número de subsidios de reacondicionamiento térmico en el marco del programa PPPF sí podría ser factible.

2.5. El MINVU difícilmente subsidiará viviendas de más de 650 UF, por una política de este Ministerio. Se deben generar co-financiamientos y/o incentivos económicos; el aporte económico no puede provenir 100% del sector público. A pesar de que MINVU no podría entregar recursos para viviendas de más de 650UF si podría gestionar recursos que provinieran de otros organismos (como se está haciendo actualmente en Temuco con recursos del GORE).

2.6. A raíz de la discusión con respecto a programas de co-financiamiento, se comenta que al momento de informar los programas existentes y los beneficios que este trae, se deben abordar todos los beneficios de este, incluyendo los beneficios en reducción de consumo de combustible para calefacción que se darían a futuro, tema que actualmente no se está abordando de buena manera según comentario de asistentes.

2.7. CChC comenta que el diseño del programa de subsidios o cualquier otro que tenga que ver con aislación térmica de viviendas existentes, debiera considerar la ubicación de estas ya que existen economías de escala, por ejemplo, si es que ellas se encuentran en un mismo sector.

2.8. La factibilidad de aumentar las exigencias de aislación térmica en viviendas nuevas en el marco de un PDA es factible. Esto podría evaluarse como un cambio de zona térmica o una exigencia de que se alcance en toda vivienda nueva una calificación energética “X”.

2.9. CChC realiza el recordatorio de que los permisos de edificación que otorgan los municipios tienen una validez de 3 años, por lo que se debe tener en cuenta esto al establecer una exigencia de cambio de zona térmica o exigencia de calificación energética. ¿Se excluye a todo proyecto que ya tiene su permiso de edificación? Esta sería la discusión.

2.10. Se comenta que la factibilidad de aumentar el monto del subsidio en aislación térmica (programa PPPF) podría ser aumentado en el marco de este nuevo PDA. Esto nace a raíz de que se comenta que en muchas ocasiones, el subsidio actual de

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

100UF no permite alcanzar el nivel de normativa en todas las envolventes de la vivienda.

2.11. Se comenta que es la Municipalidad la que tiene la responsabilidad de la fiscalización de comercialización de leña seca. Según comentarios de los asistentes, estos están al debe en la fiscalización de camiones de comerciantes que entran a la zona saturada.

2.12. Al discutir sobre la compensación de emisiones de proyectos inmobiliarios se comenta que la actual exigencia para entrar al SEIA es débil y que en el periodo solo ha entrado un proyecto. Se recomienda modificarlo según número de viviendas (actualmente es por superficie). En caso de establecer algún mecanismo externo y que no implique que todo el proyecto ingrese al SEIA (lo que implica evaluar otro tipo de emisiones, no solo aire), se comentó que una posibilidad sería a través de la dirección de obras de los municipios.

2.13. Los asistentes expresan su apoyo en las etapas de la elaboración del PDA de MP2.5, como también en la elaboración del presente estudio.

2.14. Se compromete por parte de la SEREMI de Medio Ambiente y el consultor de enviar presentaciones y minuta de la reunión realizada.

Minuta elaborada por:
GreenLabUC
Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A

10.7.2.2 Reunión Actores Clave 2

Lugar	Sala de Reuniones Estadio Municipal Germán Becker
Fecha	Miércoles 20 de marzo de 2013 – 16:00 -17:30 hrs.
Asistentes	Equipo Municipio Temuco: Alcalde Miguel Becker; Juan Carlos Bahamondes; Concejales: Ricardo Celis; René Araneda Equipo SEREMI MMA: Andrea Flies (SEREMI), Rocío Toro, Mauricio Lobos, Eduardo Schleef Equipo GreenLabUC: Camila Cabrera, Rodrigo Dittborn

1. Agenda

1.1. Contexto declaración zona saturada y justificación de la realización del presente estudio.
1.2. Explicación de las medidas a Alcalde Miguel Becker
1.3. Contextualización al Concejo Municipal
1.4. Revisión detallada del listado preliminar de medidas a evaluar

2. Comentarios y Acuerdos

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2.1. Municipio y SEREMI destacan las actividades que están realizando por parte de Municipio en el marco de la contaminación por combustión residencial a leña. Entre estas se cuenta la compra de xilohigrómetro y entrega de estos a los comerciante de leña; Fiscalización de camiones a leña y entrega de eco – filtros para los calefactores unitarios a leña.

2.2. Se sugiere que una opción a los subsidios de vivienda actuales es que se incorporen estufas que cumplan la norma además de conseguir una mejor aislación. Subsidio PPPF debe, en ese caso, aportar más recursos. Se comenta que esto ya se está realizando.

2.3. Se plantea la necesidad de apoyo tecnológico y económico a los fabricantes de artefactos que combustionan con biomasa para incentivar el desarrollo de mejores tecnologías y que el sector (importante en la zona) no desaparezca. Se comenta que los incentivos ya existen pero no se ha logrado que estos se asocien.

2.4. Se comenta que el enfoque que tienen las medidas a un subsidio / apoyo / incentivo a la oferta de leña seca es la correcta (más que subsidiar a la demanda, debido a que esto distorsionaría los precios reales).

2.5. Se solicita incluir apoyo e incentivos a la investigación vía, por ejemplo, FNDR. Investigación en métodos y tecnologías de medición de humedad, tecnologías de secado, entre otros.

2.6. Se apoya la medida de prohibición por zona en el uso de calefactores a leña en episodios críticos. Esta tiene varias ventajas ya que es más fácil la fiscalización además de ser un incentivo a que la población se cambie a otro combustible u equipo más eficiente. Se menciona que ya existe una zonificación de Temuco y PLC según emisiones.

2.7. Se plantea la preocupación de incluir prohibiciones de quemas a otras zonas aledañas a la zona saturada producto de que sus emisiones también participan en la mala calidad del aire de Temuco y PLC.

2.8. Se revisará la medida de instalación de “eco-filtros” en los artefactos de combustión a leña.

2.9. Se plantea la necesidad de un mayor número de estaciones de monitoreo.

2.10. Se plante la importancia que cumple en la mejora de calidad del aire de Temuco y PLC la educación y comunicación, por lo que deben existir programas dentro del plan que ataquen fuertemente esta línea.

2.11. Se plantea la necesidad de regularización de viviendas en Javiera Carrera.

2.12. Se plantea la oportunidad de incluir la temática de la contaminación atmosférica en la Ley Araucanía.

2.13. Los asistentes expresan su apoyo en las etapas de la elaboración del PDA de MP2.5 como también en la elaboración del presente estudio.

2.14. Se compromete por parte de la SEREMI de Medio Ambiente y el consultor de enviar presentaciones y minuta de la reunión realizada.

Minuta elaborada por:
GreenLabUC

BAJO NORMA ISO 9001:2008 CERTIFICADOS
DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Gestión y Política Ambiental DICTUC S.A

10.7.3Jornadas de Trabajo

10.7.3.1 Jornada de Trabajo 1

Lugar	Hotel Bayern
Fecha	31 de julio de 2013
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	CONAF: Juan Francisco Ojeda SEREMI Agricultura: Hernán Maturana UFRO: Andrés Ávila Barrera, Juan Pablo Cárdenas CORFO: Nelson Oyarzún Jara, José Luis Velasco MMA: Jimena Silva, Felipe Mellado, Bruno Carriquiry Corparaucanía: Diego Benavente CDS: Eduardo Gallegos, Ricardo Carmaño SNCL: Rony Pantoja UCT: Walter Saavedra, Cristian Figueroa, BeyssiJofré SEREMI MINVU: María Elena Harcha SERVIU: Carolina Arcas CChC: Werner Baier CPL: Alejandro Cerda Municipalidad Padre Las Casas: Nataly San Martín UC Temuco: Pamela Rebolledo, Carlos Ortiz SMA: José Ignacio Lisl, María de los Ángeles Hanne SEREMI Salud: Álvaro Valverde Fundación Araucanía Verde: Luis Aguilar Iglú: Nicolás Undurraga SEC: Daniel Pincheira Municipalidad Temuco: Patricio Figueroa SEREMI MMA: Andrea Flies, Mauricio Lobos, Rocío Toro

1. Agenda

1.1. Contextualización del estudio
1.2. Discusión de medidas
1.3. Discusión sobre porcentaje de leña seca usada en línea base

2. Discusiones

2.1. La medida de sellar infiltraciones debe ser mejor definida para evitar confusiones. Se sugiere que la SEREMI envíe propuesta sobre este tema.
2.2. Se debe recalcar la restricción en proyectos inmobiliarios de instalar artefactos a

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

leña para que se logre cumplir el objetivo del límite de emisiones al momento de implementar la medida. Debe tener un sistema de control anual para comprobar la utilización de la tecnología declarada.

2.3. Queda pendiente por parte de la SEREMI el envío de documento que contiene los comentarios (realizados por el equipo integrado por la SEREMI y el director de CORFO) sobre las medidas generadas en las mesas de trabajo con actores involucrados y las medidas propuestas por el equipo consultor.

2.4. Aunque la definición de las zonas térmicas cambiará en octubre y sus exigencias de aislación también, se optará por dejar la línea base de la normativa de aislación como está actualmente.

10.7.3.2 Jornada de Trabajo 2

Lugar	Hotel Aitue
Fecha	25 de septiembre de 2013 (15:00 a 18:30)
Estudio	Análisis Detallado de Medidas Para Incorporar al Plan de Descontaminación por MP2,5 de Temuco y Padre Las Casas
Asistentes	SEREMI Salud: Paula Muñoz, Pamela Aguayo, Félix Contreras SEREMI Medio Ambiente: Nicole Ramírez, Paula Castillo, Pablo Etcharren, Mauricio Lobos, Rocío Toro, Eduardo Schleef CONAF: Juan Francisco Ojeda, Sebastián Baeza Municipalidad Padre Las Casas: Bárbara Salgado Municipalidad de Temuco: Patricio Figueroa, Marcelo Córdova, L. Martínez, Ricardo Celis (concejal) SERVIU: Carolina Arenas SEREMI Energía: Cristián Andrade SEREMI Educación: Lavoisier Troncoso MIDA: Alejandro Mondaca CPL: Alejandro Cerda UFRO: Cristian Bornhardt CCHC Temuco: Werner Baier SEREMI Vivienda: Manuela Duem CDS: Ricardo Carmaño

1. Agenda

1.1. Presentación por parte de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía, Andrea Files, para dar la bienvenida a la Jornada de Trabajo

1.2. Presentación por parte de Rocio Toro, Encargada Unidad de Asuntos Atmosféricos, SEREMI de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía, asociada a las etapas para la elaboración del PDA de Temuco y Padre las Casas y el objetivo específico del presente estudio.

1.3. Presentación por parte de Luis Cifuentes (representante del equipo consultor) de los avances del estudio y resultados preliminares

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

2. Discusiones y Compromisos

2.1. Se generó discusión respecto a la creencia de que si en la zona se utilizará leña seca el problema de la contaminación desaparece. Se indica por parte del consultor que según análisis realizados, si se considera que el 100% de la leña que se utiliza es seca, la reducción que se genera NO alcanza a reducir el 70% (aproximado) que se requiere para alcanzar la norma el año 2025. Esto implica que se deben implementar combinaciones de medidas que aborden los principales problemas que causan la contaminación; estos son la humedad de la leña, los equipos existentes de calefacción y la aislación térmica de las viviendas. Cada una por sí sola, no logran solucionar la alta contaminación de la zona.

2.2. Al presentar el potencial máximo de reducción de emisiones para cada una de las medidas consideradas, en la medida de recambio de equipos se mostró el caso de recambio de equipos existentes por equipos a leña 1.5 g/h. No se ha realizado el ejercicio de ver el potencial máximo para el caso de recambio por equipos que combustione con otros combustibles biomásicos de bajas emisiones (pellets). Este análisis se agregará a los resultados.

2.3. Se generó discusión sobre la baja efectividad de reducción de emisiones de los filtros catalíticos. El consultor explicó a la audiencia que la efectividad de estos depende fuertemente de la humedad de la leña con que se utilizan estos filtros y dada la situación actual de comercialización de leña seca, genera que la instalación de filtros catalíticos no presente una reducción alta de emisiones. A raíz de este comentario es que el consultor incorporará la medida de filtros catalíticos en uno de los paquetes de medidas a evaluar ya que así se podrá ver su eficiencia en conjunto con la medida de utilización y comercialización de leña seca, la cual genera un aumento en la participación de esta y por ende, una mejora en la efectividad de los filtros.

2.4. Debido a las constantes preguntas por parte de los asistentes sobre los supuestos y consideraciones de las distintas evaluaciones de las medidas, durante el coffe break se prepararon algunas diapositivas que presentaban ejemplos de consideraciones que se estaban teniendo explicando que es difícil presentar en dicha instancia un detalle de todas las medidas. Además, se les indicó que este estudio también considera la generación de una ficha resumen para cada medida la cual incluirá los principales supuestos para estimar la reducción de emisiones y estimación de costos de las medidas evaluadas. Se invita a revisar estas fichas y el informe asociado para que conozcan en detalle cómo se está evaluando cada medida y analicen así el detalle de los resultados asociado a cada una de ellas.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

11. Referencias

Ambiente Consultores (2007). Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emision para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa.

Ambiente Consultores & PRIEN (2007). Programa de Inversión Pública para Fomentar el Reacondicionamiento Térmico del Parque Construido de Viviendas. Estudio elaborado para el MINVU.

AQCC Perth (2012). "Perth Air Quality Management Plan Report Card 2010/2011."

ARB (2006, 18 de Agosto, 2008). "Fuel Loading, Percent Combustion and Emissions Factors by Vegetation-Type for Agricultural Waste." Retrieved Noviembre 2012, 2012, from http://www.arb.ca.gov/smp/techtool/waste-burn-emission-factors6.pdf.

Arrow, K. J., M. L. Cropper, et al. (1996). "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?" Science 272(5259): 221-222.

Asesorías en Ingeniería Ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E.I.R.L (2006). "Análisis de Medidas para Incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas."

CENMA (2007). Análisis general del impacto económico y social del plan de descontaminación atmosférica de Temuco y Padre las Casas.

CENMA (2010). Actualización de inventario de emisiones y encuesta residencial de leña, Temuco y Padre las Casas

D'ELIA, I., M. BENCARDINO, et al. (2009). "Technical and Non-Technical Measures for air pollution emission reduction: The integrated assessment of the regional Air Quality Management Plans through the Italian national model." Atmospheric Environment.

DEFRA (2007). Air Quality and Climate Change: A UK Perspective.

DICTUC (2007). Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana 2005. Santiago, Chile.

DICTUC (2008a). Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las Comunas de Temuco y Padre las Casas

DICTUC (2008b). Análisis y Evaluación del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana. Santiago, Chile.

Emily Wilton & Bob Ayrey "Air Quality Management in Christchurch."

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

Environment Waikato (2008). Cost Effectiveness of Policy Options for Air Quality Management in Tokoroa.

Felipe Mellado (2012). Gestión de calidad de aire en la ciudad de Christchurch, Nueva Zelanda. Presentación elaborada para el Ministerio de Medio Ambiente Chile.

Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."

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

GreenLabUC (2012a). Análisis Técnico-Económico de la Aplicación de Nuevas Normas de Emisión para Fuentes Móviles a Nivel Nacional.

GreenLabUC (2012b). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Documento elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente.

IIASA (2002). Modelling Particulate Emissions in Europe: A framework to Estimate Reduction Potential and Control Costs. Interim Report, IIASA.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2007). Normativa de Aislación Térmica. Articulo 4.1.10 de la OGUC.

Ministerio del Medio Ambiente (2011). Análisis General de Impacto Económico y Social de la Norma de Emisión de Material Particualdo Respirable para Artefactos de Combustión Residencial de Leña.

Ministry for the Environment New Zealand (2002). Ambient Air Quality Guidelines.

Pechan, E. H. (2006). AirControlNET: Documentation Report.

Poch Ambiental (2010). Evaluación de alternativas de calefacción distrital para las comunas de Temuco y Padre Las Casas, Informe Final, Poch Ambiental S.A.

SCL Econometrics (2007). Análisis General de Impacto Económico y Social del Rediseño del Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (PM10) en la Región Metropolitana. Estudio Realizado para CONAMA RM., SCL Econometrics.

DICTUC, filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile, está certificado bajo norma ISO 9001:2008, y además es una entidad inscrita en el Registro de Centros para la Realización de Actividades de Investigación o Desarrollo para fines de la Ley de Incentivo Tributario a la Inversión Privada en Investigación o Desarrollo.
Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile • Fono: (56 2) 354 4886 • Fax (56 2) 354 4954 • www.dictuc.cl

SEREMI Medio Ambiente Region de la Araucania (2012). Informe Técnico de Antecedentes para declarar a las comunas de Temuco y Padre Las Casas como Zona Saturada por MP2,5.

SEREMI Medio Ambiente Región de la Araucania (2010). Plan de Descontaminación Atmosférica (MP10) Temuco y Padre las Casas
Surclima. "Costo Ecofiltro." Retrieved 18/Abril/2013, from www.ecofiltro.cl.

Universidad Católica de Temuco (2012). Asesoría y Medición de emisiones generadas por artefactos de combustión residencial representativos de la ciudad de Coihaique, que utilizan filtro catalítico.

Universidad de Concepción (2002). Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas.

Universidad de Concepción (2009). Consultoría de Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto Plan de Descontaminación Atmosférica del Valle Central de la Región de O´Higgins: Informe de Avance 2.

Universidad de Concepción (2011). Elaboración Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del plan de Prevención Atmosférica de Concepción Metropolitano.

Universidad de Concepción (2012). Medición de calefactores a leña del estudio incentivos para el recambio voluntario de equipos de combustión de leña en Temuco y Padre las Casas.

Universidad de Concepción & PROTERM (2011). Evaluación de Medidas para Reducir la Contaminación Atmosférica en Complejos Industriales y Grandes Fuentes del Gran Concepción.

Universidad de Chile (2009). Modelos de Negocio para el Acopio y Secado de Leña. Desarrollado por el Laboratorio de Bioenergia y Biocombustibles.

Universidad de La Frontera (2010). Ejecución de Encuesta sobre Consumo de Leña Residencial en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, Región de La Araucanía. Estudio encargado por el Centro Nacional de Medio Ambiente (CENMA).