



GOBIERNO REGIONAL  
DE LA ARAUCANIA



GOBIERNO DE CHILE  
COMISION NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

## **ESTUDIO BASICO:**

# **“ANALISIS DE MEDIDAS PARA INCORPORAR AL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS”**

**CODIGO BIP 30039981-0**

**Informe Final**

**Agosto 2006**



Estudio desarrollado para:

Gobierno Regional de La Araucanía – CONAMA Región de La Araucanía

**Desarrollado por:**

Pedro Sanhueza H.	PhD Ing. Ambiental
Marcela Fernández	LLM Abogado
Pablo Pastene	MBA Ing. Ambiental
Mónica Torreblanca V.	Ing. Ambiental

**Contraparte Técnica**

Rocío Toro R.	CONAMA Región de La Araucanía
Christían de la Piedra	CONAMA Región de La Araucanía
Fernando Farías	CONAMA Central
Natalia Fernández	CONAMA Central



## INFORME FINAL

<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
1.1 Objetivos	7
1.2 Plan de trabajo	8
1.3 Contenido del informe	10
<b>2.- ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE</b>	<b>11</b>
2.1 Información relevante para el presente estudio	19
2.2 Revisión de Medidas propuestas	23
<b>3.- DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS A EVALUAR</b>	<b>27</b>
3.1 Descripción de las Medidas	27
<b>4.- ESTIMACION DEL POTENCIAL DE REDUCCION DE EMISIONES DE PM10</b>	<b>54</b>
4.1. Medidas aplicadas al sector Residencial	55
4.2 Medidas aplicadas al sector Industrial, Comercial, y Edificios públicos	64
4.3 Medidas aplicadas al sector de Transporte vehicular	67
4.4 Medidas aplicadas a las Quemadas agrícolas	70
4.5 Resumen del potencial de reducción de emisiones de PM10 por medida y sector	72
<b>5.- PROGRAMA DE IMPLEMENTACION DE LAS MEDIDAS</b>	<b>77</b>
<b>6.- EVALUACIÓN INDIVIDUAL DE LAS MEDIDAS</b>	<b>86</b>
6.1 Fuentes Residenciales y Planificación Territorial	87
6.2 Fuentes fijas Industrial, Comercial, y Edificios públicos.	158
6.3 Fuentes Móviles	166
6.4 Fuentes de Quemadas agrícolas	168
6.5 Selección de medidas a evaluar en conjunto	170
<b>7.- EVALUACION DE LAS MEDIDAS EN CONJUNTO</b>	<b>171</b>
<b>8.- EVALUACION SOCIAL DE LAS MEDIDAS</b>	<b>185</b>
8.1 Beneficio social de las Medidas	189
8.2 Beneficio social de conjuntos de Medidas	191
<b>9.- PRIORIZACION DE LAS MEDIDAS</b>	<b>197</b>
<b>10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>203</b>
10.1 Conclusiones generales	203
10.2 Recomendaciones	208
<b>11.- REFERENCIAS</b>	<b>210</b>



## **ANEXOS**

- A: Glosario de Términos
- B: Resultados Simulación Determinación de Ahorro de Energía de Viviendas Sociales en la ciudad de Temuco a través de la simulación computacional
- C: Descripción de Instrumentos Económicos
- D: Potencial de Reducción de Emisiones de las Medidas Individuales Escenario Optimista
- E: Potencial de Reducción de Emisiones de las Medidas Individuales Escenario Pesimista
- F: Potencial de Reducción de Emisiones considerando un Conjunto de Medidas Escenario Optimista
- G: Potencial de Reducción de Emisiones considerando un Conjunto de Medidas Escenario Pesimista
- H: Resultados de los Talleres y Jornadas de Trabajo



## RESUMEN

Las Comunas de Temuco y Padre Las Casas han sido declaradas zonas saturadas por PM10 en 24 horas (DS 35/05), y de acuerdo a la Ley 19.300, se debe elaborar un Plan de Descontaminación Atmosférico. El Plan tiene por objetivo reducir las concentraciones de Material Particulado Respirable (PM10), de tal forma que no se supere la normativa vigente, requiriéndose para ello de la generación de un conjunto de medidas destinadas a disminuir las emisiones de este contaminante.

Estudios realizados en la ciudad de Temuco (inventario de emisiones, diseño de escenarios para apoyar la gestión del aire, modelación de calidad del aire, etc.) han confirmado que la fuente principal de contaminación atmosférica por PM10 es la combustión residencial de leña para cocina y calefacción (87%), siendo en menor medida los aportes de otras fuentes tales como, calefacción de edificios de servicios, industrias, transporte vehicular, quemas agrícolas, e incendios forestales.

El objetivo general de este estudio es evaluar y priorizar una serie de propuestas de medidas (sectores Residencial, Industrial, Móviles, y Quemados) 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, e indicar los instrumentos económicos asociados para acelerar o potenciar una medida, que sirva como antecedente para la toma de decisiones respecto de la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférico de las comunas.

Para esto, se revisaron una serie de antecedentes, se redefinieron las Medidas a estudiar a fin de facilitar su implementación desde el punto de vista legal, se propusieron seis medidas adicionales, se evaluaron todas las medidas (individuales y en forma conjunta) de acuerdo a dos escenarios de implementación de las medidas (tasa de penetración optimista y pesimista) desde el punto de vista de su potencial de reducción de emisiones, de los costos (privados y públicos) involucrados, de los instrumentos económicos asociados, y de la factibilidad legal de su implementación y fiscalización.

Del análisis se desprende que algunas medidas tienen mayor factibilidad de ser implementadas, considerando sus altos potenciales de reducción de emisiones, además sus costos son cuantificables, y los aspectos legales indican un camino para su implementación y fiscalización. Estas Medidas fueron evaluadas en detalle considerando aún la aplicación en forma conjunta, determinado los sinergismos en relación a la reducción de emisiones y costos de implementación y puesta en marcha. Es así como las medidas asociadas a las fuentes móviles y quemados agrícolas fueron eliminadas del análisis en detalle debido a que su aporte a la reducción de emisiones es despreciable.

La estimación del potencial de reducción de emisiones de PM10 se realizó para los años 2007 a 2021 (15 años), y se basó en factores de emisión, los cuales se reconoce poseen un grado de incertidumbre. Es por esto que se propone un estudio que permita dar luces en relación a las reales emisiones. No obstante lo anterior, la medición de una estufa de Temuco realizada en Suiza demostró que de acuerdo a la operación, se puede esperar una emisión de 0.6 g PM/Kg de leña seca, para condiciones ideales de operación; entre 3.0 – 14.4 g PM/Kg de leña seca para condiciones típicas de operación; y de 79.3 g PM/Kg de leña seca para malas condiciones de operación.

Dado que el problema del PM10 en Temuco y Padre Las Casas es por la métrica de 24 horas, y en períodos de otoño-invierno, se propusieron medidas voluntarias que se apliquen en períodos episódicos para lograr el objetivo de evitar exposiciones de Materia Particulada que



pongan en riesgo la salud de la población. Se optó por medidas voluntarias debido a que la legislación vigente (DS N° 59/98) establece que sólo se pueden tomar medidas de emergencia cuando se alcancen los valores establecidos en dicho decreto, sin embargo, en Temuco y Padre Las Casas, los niveles de emergencia ocurren muy ocasionalmente, aún cuando existen varios días sobre los  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

Al evaluar las 57 combinaciones de Medidas factibles entre las Medidas M1, M4, M4A, M6\_E1, M6\_E2, M6\_E3, y M7, se encontró que sólo 40 de estas posibles combinaciones permiten cumplir la meta de reducción de emisiones en el escenario Optimista y 36 en el escenario Pesimista. Los tiempos de inicio de cumplimiento de la meta de calidad del aire varían de acuerdo a las distintas combinaciones de medidas y escenario considerado, siendo el tiempo más temprano para el caso Optimista al cabo de 3 años de iniciado el Plan, en que 12 combinaciones de Medidas logran cumplir este objetivo, y para el caso Pesimista el tiempo de cumplimiento más temprano sería de 5 años, en que 3 combinaciones de Medidas logran el objetivo. El tiempo de inicio más tardío es de 7 años desde el comienzo del Plan para el caso Optimista y 11 para el Pesimista.

Se afirma en este estudio que el escenario legal óptimo, consiste en contar con normas legales que determinen las autoridades competentes, tanto en lo que dice relación con la regulación de la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido como en aquello que se vincula con el control y fiscalización de la medida referida a la adecuación a los requerimientos técnicos de las Normas Chilenas Oficiales N° 2907 y N° 2965. Debe existir la debida coordinación de las diversas autoridades con competencias sectoriales, SERNAC, Autoridad Sanitaria Regional, Municipios, CONAF, SEREMI de Transportes, Servicio de Impuestos Internos, CONAMA.

También se optó por proponer regulaciones consistentes en el establecimiento de normas de emisión, tanto para fuentes residenciales como fuentes fijas, sustentadas en la Ley 19300 y en el D.S. N° 93/95 del MINSEGPRES, precisándose que CONAMA fije el nivel de control o abatimiento de emisiones al que se quiere llegar. Para los efectos de determinar cómo podría implementarse y fiscalizarse esta medida, se propone considerar la experiencia de la Región Metropolitana en la materia, correspondiéndole a la Autoridad Sanitaria dicha función.

Las medidas vinculadas con el aislamiento térmico para la vivienda nueva y el mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU, aun cuando tienen aplicación de manera independiente a la existencia de un Plan de Descontaminación, tienen su sustento en la necesidad que los órganos de la Administración cumplan sus cometidos coordinadamente y propendiendo a la unidad de acción, evitando la duplicación e interferencia de funciones, aportando al cumplimiento de los objetivos perseguidos por el Plan de Descontaminación.

Se utilizaron dos indicadores para priorizar el conjunto de medidas que permiten cumplir con la meta del Plan. Estos indicadores fueron la relación Beneficio/Costo (B/C), y el Costo-Efectividad (millones de pesos por tonelada de PM10 reducida).

El indicador B/C, muestra que los beneficios sociales estimados son mayores que los costos privados para todas las combinaciones de medidas, indicando de esta manera que es rentable, llevar a cabo las medidas para reducir la emisión de PM10 y mejorar de esta manera la salud de la población de Temuco y Padre Las Casas.

Para el caso Optimista, la combinación de Medidas que produce la mejor relación Beneficio/Costo consiste en implementar simultáneamente las medidas M1, M4A, y M6\_E3, es decir, Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido, reemplazo de cocinas a leña por cocinas a gas licuado, y la norma de aislación térmica envolvente



mejorada, lo que permitiría cumplir con la meta del Plan al cabo de 3 años (mínimo tiempo), con una relación B/C de 4.76.

Para el caso Pesimista la mejor combinación de Medidas (la de mayor relación Beneficio/Costo y cumpliendo la meta del plan al mínimo tiempo – 5 años) se logra al implementar cuatro Medidas simultáneamente (M4, M4A, M6\_E3, y M7), con un B/C de 3.09.

Para el caso Optimista, la relación más costo-efectiva corresponde a la combinación de las Medidas M1, M4A, y M6\_E3, indicando que en 3 años se cumpliría la meta del Plan a un costo de 1.76 millones de pesos por tonelada de PM10 reducida. Este conjunto de medidas resultó ser la misma combinación con mayor relación Beneficio/Costo.

Para el caso Pesimista, el conjunto de Medidas M4, M4A, M6\_E3, y M7, con un costo de 2.38 millones de pesos por tonelada reducida de PM10 es la mejor opción, en términos de que corresponde al conjunto de medidas que logra cumplir en el más breve plazo la meta del Plan, al mínimo costo.

Aún cuando la fuente principal de emisiones de materia particulada en Temuco y Padre Las Casas es la combustión de leña para calefacción y cocina del sector residencial, sería recomendable realizar estudios específicos para determinar el crecimiento de las emisiones de Materia Particulada provenientes del sector industrial, comercial, y transporte. Es así como se sugiere realizar al menos cuatro estudios específicos y un programa de educación a la población.

- 1.- Determinar factores emisivos de los equipos de calefacción residencial en condiciones de operación reales para los hogares de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.
- 2.- Estudiar la factibilidad técnico-económica de implementar la calefacción distrital.
- 3.- Estudiar las emisiones y capacidad de absorción de Materia Particulada por tipo de vegetación.
- 4.- Estimar en detalle las emisiones vehiculares y proyección de emisiones en Temuco y Padre Las Casas, que involucre el flujo vehicular interurbano e interregional.

Se reconoce de este estudio y de la participación de los talleres ciudadanos, que el éxito de aplicación de las medidas que reduzcan emisiones de materia particulada, depende fuertemente de la aceptación de ellas por parte de la población. Para esto se hace necesario llevar a cabo programas destinados a educar y sensibilizar a la población, demostrando claramente cuales son las ventajas de acatar las medidas que propondrá el Plan de Descontaminación. Los esfuerzos de las campañas de educación deberían además enfocarse hacia la promoción de la eficiencia energética y tal vez el recambio tecnológico que incluya el cambio a combustibles líquidos o gaseosos.

Finalmente, atendiendo a que la leña seguirá usándose en las comunas declaradas saturadas por PM10, se propone un programa de educación y sensibilización a la población que involucre aspectos de buenas prácticas en el uso de equipos de combustión de leña. Se reconoce que los programas que cambian hábitos toman un tiempo considerable, por tanto se debería dar prioridad a este programa y comenzar prontamente. Adicionalmente el programa de educación debería incluir la sensibilización a la población de los daños para su salud asociados a un mal manejo y operación de los equipos de combustión a leña.



## 1.- INTRODUCCIÓN

Las Comunas de Temuco y Padre Las Casas han sido declaradas zonas saturadas por PM10 en 24 horas (DS 35/05), y de acuerdo a la Ley 19.300, se debe elaborar un **Plan de Descontaminación Atmosférico**. El Plan tiene por objetivo reducir las concentraciones de Material Particulado Respirable (PM10), de tal forma que no se supere la normativa vigente, requiriéndose para ello de la generación de un conjunto de medidas destinadas a disminuir las emisiones de este contaminante.

Estudios realizados en la ciudad de Temuco (inventario de emisiones, diseño de escenarios para apoyar la gestión del aire, modelación de calidad del aire, etc.) han confirmado que la fuente principal de contaminación atmosférica por PM10 es la combustión residencial de leña para cocina y calefacción, siendo en menor medida los aportes de otras fuentes tales como, calefacción de edificios de servicios, industrias, transporte vehicular, quemas agrícolas, e incendios forestales.

Actualmente se cuenta con una serie de antecedentes producto de estudios y procesos participativos que han entregado un conjunto de medidas orientadas a disminuir las emisiones de PM10, sin embargo se desconoce para ellas su potencial de reducción de emisiones, su costo, su procedimiento de fiscalización, los instrumentos económicos necesarios para su aplicación, etc.

Dado que el área declarada como saturada por PM10 en 24 horas comprende las comunas de Temuco y Padre Las Casas, será esta el área en la que se focalizará este estudio. No obstante lo anterior, podrían existir instrumentos, o información que sea relevante considerar a nivel regional, nacional o internacional.

### 1.1 OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es evaluar y priorizar una serie de propuestas 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.

Los objetivos específicos son:

Establecer para cada una de las medidas propuestas su potencial de reducción de emisiones asociándolo a un cronograma de aplicación.

Establecer para cada una de las medidas propuestas la o las instituciones responsables tanto de su puesta en marcha, ejecución y fiscalización, proponiendo institucionalidad en el caso de que esto no esté establecido.

Establecer para cada una de las medidas propuestas el marco normativo y legal necesario para su correcta aplicación.

Evaluar para cada una de las medidas propuestas el costo público y privado de su aplicación.



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.

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.

## **1.2 PLAN DE TRABAJO**

Las actividades a desarrollar en este estudio son las siguientes:

- A.- Recopilación y Análisis de la Información
- B.- Definición e Identificación de medidas a estudiar
- C.- Evaluación de medidas
  - C-1 Potencial de reducción de emisiones
  - C-2 Impacto Económico
  - C-3 Análisis Jurídico
- D.- Posibilidad y/o conveniencia de aplicar instrumentos económicos a cada medida
- E.- Establecer las relaciones existentes entre las distintas medidas identificadas en términos de complementariedad, sinergismo o incompatibilidad en el tiempo.
- F.- Proponer una priorización de las medidas a partir de la ponderación de los criterios señalados en los puntos precedentes, generando alternativas de combinaciones de medidas, a las que se deberá determinar su potencial agregado de reducción de emisiones.
- G.- Difusión del Estudio
- H.- Generación de Informes

La secuencia entre actividades se muestra en la Figura 1.1.

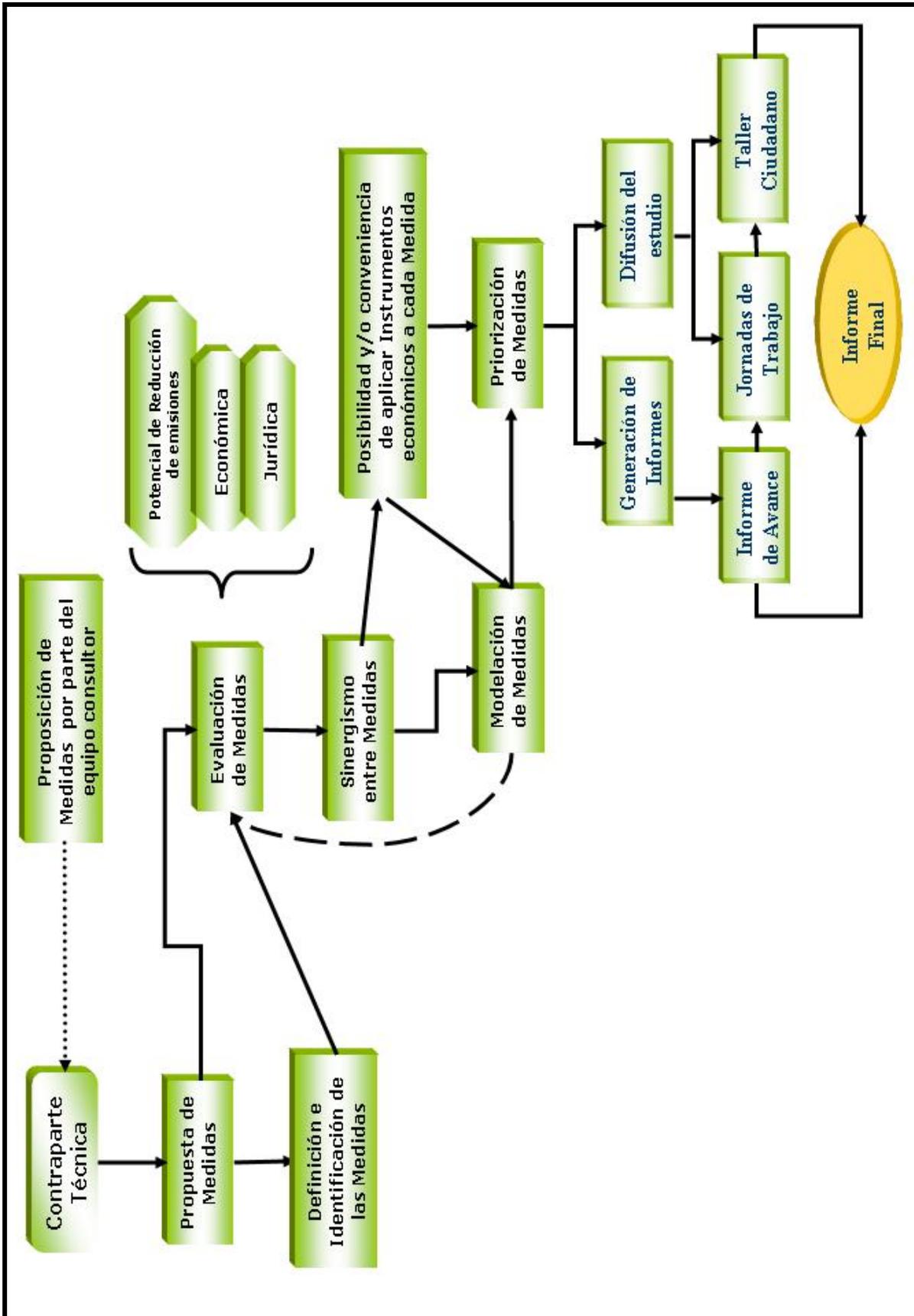


Figura 1.1 Secuencia de actividades



### 1.3 CONTENIDO DEL INFORME

Este Informe se ha dividido en diez capítulos, los cuales permiten dar respuesta a los objetivos planteados. El Capítulo 1 corresponde a la Introducción, y en el se describen los objetivos, el plan de trabajo, y el contenido del informe. El Capítulo 2 analiza la información disponible en relación a las Medidas de reducción de emisiones de materia particulada en Temuco y Padre Las Casas. En el Capítulo 3 se definen e identifican las Medidas a evaluar, las cuales fueron el resultado de las mesas de trabajo. Además se incluyen otras Medidas propuestas por el equipo que realizó este informe. El Capítulo 4 entrega la estimación del potencial de reducción de emisiones de PM10 para cada Medida y por sector considerando un 100% de implementación. De esta estimación se desprenden aquellas Medidas con mayor potencial de reducción y se desestiman aquellas cuyo aporte es mínimo e insignificante. El análisis que sigue en este Informe, a partir del Capítulo 4, se aplica sólo a aquellas Medidas seleccionadas respecto a su potencial de reducción de emisiones de PM10. El Capítulo 5 presenta el programa de implementación de las Medidas bajo un escenario Optimista y otro Pesimista. De estos escenarios se desprende que el Plan de descontaminación de Temuco y Padre Las Casas (PDA) completaría las Medidas en un lapso de 15 años. En el Capítulo 6 se evalúan las Medidas individualmente y de acuerdo a su implementación en el tiempo (tasa de penetración). La evaluación se realiza en términos de su potencial de reducción de emisiones de PM10, los costos asociados (públicos y privados), el o los instrumentos económicos asociados, y la factibilidad legal de su implementación. El Capítulo 7 entrega el sinergismo de las Medidas cuando estas son implementadas simultáneamente, indicando qué combinación de ellas produciría las reducciones requeridas para salir de la categoría de saturación de las Comunas. El Capítulo 8 entrega la evaluación social de las Medidas en términos de su impacto en Salud, al estimar los beneficios asociados a reducciones en las emisiones de materia particulada y por tanto en las concentraciones de PM10. Los beneficios se estimaron al considerar el menor número de muertes y hospitalizaciones esperadas en las comunas de Temuco y Padre Las Casas al reducir las emisiones de PM10. El Capítulo 9 presenta la priorización de las Medidas en términos de lograr la reducción al mínimo costo. Para ello se construyeron los índices de valores actuales netos (VAN) divididos por la reducción de emisiones esperada en el período del PDA, lo cual da la indicación del costo por unidad de reducción de emisión de PM10. Se entrega además la relación Beneficio/costo de las medidas. Finalmente el Capítulo 10 entrega las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Además de las Referencias, se incluyen 7 Anexos: el anexo A muestra el Glosario de Términos, el anexo B muestra los resultados de la simulación "Determinación de Ahorro de Energía de Viviendas Sociales en la ciudad de Temuco a través de la simulación computacional", el anexo C entrega la descripción de instrumentos económicos, los anexos D a G contienen las tablas de las reducciones de emisiones de PM10 para cada medida de acuerdo a su tasa de penetración y bajo los escenarios optimista y pesimista.



## 2.- ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Existen varios estudios que han permitido caracterizar y cuantificar diversos aspectos de la contaminación atmosférica de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas. Dichos estudios incluyeron el análisis de los monitoreos de calidad del aire y meteorología, inventarios de emisiones, análisis económicos del gas natural como sustituto de la leña, generación de medidas para reducción de emisiones de leña, informes sobre metas de reducción de emisiones, modelación de la relación emisión-concentración de contaminantes en Temuco y Padre Las Casas, y diseño de escenarios para apoyar la gestión del aire en Temuco, Bases para la elaboración de del anteproyecto de Norma de emisión de materia particulada respirable (MP10) para artefactos de uso residencial de combustión a leña, entre otros.

A continuación se entrega una descripción general de los principales resultados de dichos estudios, y se analiza su relación con las medidas de reducción de emisiones, materia del presente estudio.

### ❖ **Antecedentes para la declaración de las comunas de Temuco y Padre Las Casas como zona saturada por PM10.**

Este documento realizado por CONAMA el 2004 [1] analizó los registros de concentraciones de PM10 monitoreadas en forma continua, desde mediados del año 2000 hasta 2004 en la estación Las Encinas, y del 2002 al 2004 en la estación Padre Las Casas. Este monitoreo fue recomendado en la fase de diagnóstico de calidad del aire de Temuco y Padre Las Casas, que se realizó desde fines del año 1997 hasta el año 2000 en que se monitoreó concentraciones de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, y PM10, concluyendo que sólo las concentraciones de PM10 excedían los valores normados. El documento realizó además un análisis de las trayectorias de viento a escala urbana que permitieron recomendar la cobertura geográfica que debía incluir a la zona declarada como saturada por PM10 en 24 horas.

El análisis de los filtros permitió constatar una elevada proporción de la fracción fina (MP2.5) en el material particulado respirable, la que constituye del orden del 70% del MP10 en el periodo invernal.

### ❖ **Inventario de Emisiones de contaminantes a la atmósfera**

Se han desarrollado dos inventarios de contaminantes atmosféricos en Temuco y Padre Las Casas. El primero de ellos, elaborado por CENMA el año 2000 [2], incluyó PM10 y gases, y una actualización para el año 2004 que sólo incluyó las emisiones de PM10 [3].

Ambos inventarios de PM10 (2000 y 2004) se han basado en factores de emisión, siendo el 2004 una versión mejorada al incluir más fuentes puntuales (industrias y edificios) y al actualizar las emisiones vehiculares, residenciales, quemas agrícolas, e incendios forestales.

Al comparar los inventarios (2000 y 2004) se desprende que el incremento en emisiones más importante se debe a las fuentes residenciales. La actualización de la combustión residencial de leña entregó al año 2004 un total de 3.238 versus 2.281 toneladas de PM10 estimadas al 2000. Al año 2004, las emisiones residenciales aportan el 87% del total de emisiones sin considerar las fugitivas. La Tabla II.1 muestra un resumen de las emisiones de PM10 por tipo de fuente en Temuco y Padre Las Casas al año 2004.



**Tabla II.1 Emisiones de PM10 (ton/año) en Temuco y Padre Las Casas 2004**

<b>Fuente</b>	<b>Emisión</b>	<b>%</b>
Residenciales	3238	87
Industriales	259	7
Móviles	54	1
Quemas e Incendios	186	5
Total	3737	100

❖ **Informe Final Estudio: Análisis de subsidio al gas natural de red en el sector residencial de ciudades con problemas ambientales.**

Este estudio desarrollado por la Comisión Nacional de Energía [4], examinó los costos y beneficios de una política de subsidios para promover el uso de combustibles alternativos a la leña en el sector residencial de la zona sur del país. Además, el estudio buscó orientaciones concretas sobre la mejor forma de diseñar un subsidio en este contexto.

Para esto se construyó un modelo cuantitativo para la zona urbana de Temuco y Padre Las Casas. Dicho modelo contempló un módulo de elección de combustibles por parte de los hogares en función de los precios de las distintas alternativas disponibles y los requerimientos de energía de cada hogar.

Los resultados del modelo indican que los problemas de salud relacionadas con las emisiones de material particulado en Temuco y Padre Las Casas son significativos y tienen un costo social no despreciable. El beneficio social de una reducción de un microgramo en las concentraciones promedio anual de  $MP_{2.5}$  se estima entre 820 millones de pesos, o US\$1,2 millones, y 2.845 millones, o US\$4,2 millones, por microgramo de concentración promedio anual. El límite inferior de este rango incluye una valoración de la mortalidad en exceso causada por la exposición de corto plazo a altas concentraciones del contaminante, además de una serie de efectos adicionales de morbilidad, como bronquitis agudas, días de pérdida de trabajo, consultas y admisiones hospitalarias entre otros. El límite superior del rango incluye, además de lo anterior, los efectos adicionales de mortalidad causados por la exposición de largo plazo.

Las cifras anteriores pueden expresarse también en términos del beneficio social de reducir las emisiones de material particulado. Las cifras estimadas implican un beneficio entre 11 y 37 millones de pesos por cada tonelada de  $MP_{10}$  que se deja de emitir en esta zona urbana, o \$38 a \$128 por persona expuesta por tonelada de  $MP_{10}$ . Estos resultados se comportan en forma lineal para cambios no mayores con respecto a la situación actual.

El estudio alerta que los resultados se basan en cálculos aproximados, realizados en el marco de un estudio exploratorio. Aún cuando están basados en la mejor metodología y datos disponibles, se han debido realizar varios supuestos simplificadores que podrían ser removidos al realizar un estudio en mayor profundidad. Por ejemplo, aunque las tasas base de mortalidad y morbilidad fueron tomadas de datos de la zona, los parámetros que determinan los efectos adicionales en salud causados por la contaminación y los parámetros de valoración económica de los impactos fueron tomados—con algunos ajustes—de estudios de la Región Metropolitana o la literatura internacional.



También es necesario destacar que los efectos cuantificados y valorados corresponden a una fracción de los efectos totales de la contaminación atmosférica sobre la salud humana, y sobre el medio ambiente en general. Aun cuando se considera que en este estudio se ha cubierto un porcentaje importante de los daños sociales, hay que reconocer que existen muchos otros daños no valorables o no cuantificables que no han sido considerados en este trabajo.

A pesar de lo anterior, los resultados de este estudio confirman la importancia del problema de contaminación en la Ciudad de Temuco y Padre Las Casas y la necesidad de estudiar las alternativas disponibles para reducir los costos sociales que provoca. De hecho, el beneficio de reducir las emisiones de MP en Temuco es aproximadamente 5.2 veces mayor por persona que en Santiago. Esto resulta de un impacto de las emisiones en las concentraciones 4.5 veces mayor, y de un beneficio por persona de reducir las concentraciones 1.14 veces mayor (es necesario volver a repetir que estos datos son aproximados, y que son solamente indicativos).

Una intervención de política podría apuntar a fomentar la sustitución de leña por otros combustibles o a reducir las emisiones de la combustión de leña sin alterar significativamente su uso como energía para calefacción. Dentro de la primera opción, se incluiría un subsidio que favorezca a algún combustible alternativo o que reduzca el costo para un hogar de convertir su sistema de calefacción. Naturalmente, un impuesto o restricción administrativa al consumo de leña sería preferible en términos económicos a un subsidio. Sin embargo, por razones sociales y administrativas no se considera viable esta alternativa.

Finalmente se debe señalar que puede que existan otras externalidades—tanto negativas como positivas—relacionada con el uso de leña en el sur del país. Ejemplos incluyen posibles problemas de deforestación causado por una extracción no sustentable de leña, o los posibles impactos positivos generados por la valoración comercial del bosque nativo producto de la existencia de un mercado de leña. Un análisis de estas externalidades sobrepasa el ámbito de este estudio, pero es importante señalar que cualquier política que se diseñe para reducir las emisiones producto de la combustión de leña debe tomar en cuenta estos otros factores.

❖ **Informe Final Estudio “Priorización de medidas de reducción de emisiones por uso de leña para la gestión de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas”.**

Este estudio, elaborado por la Universidad de Concepción [5], tuvo por objetivo el priorizar un conjunto de medidas de reducción de emisiones de material particulado, para la categoría de fuente emisora “combustión residencial de leña”, que fuesen factibles de incorporar para la gestión de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas.

Para esto se recopiló y analizó la información tanto nacional como internacional referente al tema, para conocer la experiencia de aplicar medidas de control y tecnologías de abatimiento de emisiones de material particulado respirable proveniente de la combustión residencial de leña. Asimismo, se estudió cada etapa de la cadena de consumo de leña de uso residencial en la zona de estudio, en cuanto a su origen, producción, comercialización, almacenamiento y venta del producto. Con lo anterior se desarrolló un listado de medidas de control de las emisiones y priorización de las mejores opciones a implementar en la zona de estudio. Dichas medidas fueron evaluadas preliminarmente desde el puntos de vista económico, técnico, y legal. Finalmente se propuso un marco institucional para la implementación de las medidas seleccionadas.



En la proposición del marco institucional, se analizaron las capacidades de las entidades involucradas para visualizar su competencia de participar en las medidas que se priorizaron. Se destacó que en nuestra legislación existe un vacío de regulaciones relacionadas a la leña como combustible.

Al realizar la descripción detallada de cada etapa de la cadena de consumo de leña, se pudo constatar que para los Productores se encuentra que la época de mayor venta de leña es entre enero y marzo; la leña que más comercializan es el roble; el mayor porcentaje de la leña se almacena sólo por algunos meses, y que la leña se apila en los bosques y ordenada.

En relación a los Distribuidores, se encontró que sobre un 80% le compra la leña a terceros y entre los meses de diciembre y marzo; la especie de leña más comercializada es el roble; la leña proviene principalmente de las comunas de Vilcún, Cunco y de otras comunas aledañas en menor proporción; la mayoría almacena la leña durante meses y la apila ordenada; la venta se realiza principalmente por metro cúbico estéreo y entre los meses de enero a abril de cada año.

Y finalmente para los Consumidores, se encontró que estos utilizan mayoritariamente (40% para Temuco y 71% para Padre Las Casas) las cocinas a leña para calefaccionarse, seguido de estufas de combustión de cámara simple; la leña que principalmente utilizan es el roble, procede principalmente de Cunco y Vilcún y se compra mayoritariamente a los camiones entre los meses de enero a mayo; la leña es apilada preferentemente bajo techo; la leña se compra prioritariamente en metros estéreo.

En resumen, el porcentaje de hogares que utiliza leña es cercano al 70% y el consumo medio por hogar es cercano a 9 metros cúbicos estéreos por año. Realizando un balance, se llegó a la conclusión que la cantidad de leña consumida en la zona de estudio al año es de aproximadamente 567.000 metros cúbicos estéreo y el 50% de esta leña tiene un contenido de humedad entre 50 y 100% base seca (43-50% base húmeda). Estos niveles están claramente por sobre los niveles normados en países como EE.UU. ó Canadá, donde se considera que la leña está apta para ser quemada cuando tiene un contenido de humedad en base seca de máximo 25% (20% base húmeda).

Para realizar la selección y posterior priorización se procedió a elaborar un listado de todas las estrategias que podrían permitir abordar el problema. Estas fueron:

- a. Reducción de emisiones vía mejoramiento de calidad de combustibles
- b. Reducción de emisiones vía mejoramiento de equipos de calefacción
- c. Reducción de emisiones vía mejor uso / operación de calefactores
- d. Reducción de emisiones durante episodios críticos

Posteriormente se determinaron cuales serían las Líneas de Acción para cada una de las estrategias establecidas, las cuales se muestran a continuación:

a. Reducción de emisiones vía mejoramiento de calidad de combustibles

- a.1. Sustitución de Leña por otro Combustible Menos Contaminante
- a.2. Mejoramiento de Calidad de la Leña
- a.3. No Abordar Mejoramiento de Combustible



b. Reducción de emisiones vía mejoramiento de equipos de calefacción

- b.1. Prohibición de Uso/Venta de Equipos más Contaminantes
- b.2. Mejoramiento/Optimización de Tecnología de Combustión de Leña
- b.3. Desarrollo de Nuevas Modalidades para Calefacción Residencial
- b.4. Educación – Difusión de Ventajas de Equipos Mejorados
- b.5. No Abordar Mejoramiento de Equipos

c. Reducción de emisiones vía mejor uso / operación de calefactores

- c.1. Educación – Difusión de Buenas Prácticas
- c.2. Mejoras de Eficiencia Energética Residencial
- c.3. No Abordar Mejoramiento de Prácticas/Uso

d. Reducción de Emisiones durante Episodios Críticos

- d.1. Manejo de Episodios Críticos

Se confeccionó un listado de 31 medidas, las cuales fueron desarrolladas en una matriz, considerando 13 parámetros de evaluación. En ellas se incluyen tanto aquellas líneas de acción y medidas propuestas por la mesa de trabajo sobre el tema llevada a cabo por CONAMA Región de La Araucanía, como aquellas surgidas en el marco del propio estudio. Esta matriz entregó un listado de 15 medidas priorizadas, de las cuales 10 corresponden a educación y difusión. El listado de medidas priorizadas se muestra a continuación:

**Tabla II.2 Listado de Medidas Priorizadas**

<b>MEDIDA</b>	<b>PRIORIDAD</b>
Educación Informal a consumidores sobre efecto de la calidad de la leña	1
Subsidio al desarrollo de tecnologías más limpias	2
Difusión de ventajas de uso de otros combustibles	3
Publicación y difusión de página web relativa a uso de leña seca	3
Difusión a productores y distribuidores sobre efecto de la calidad de la leña	3
Educación informal a consumidores sobre efectos de Buenas Prácticas	3
Publicación y difusión de página web sobre efectos de Buenas Prácticas	3
Regulación del tipo de sistema de calefacción de nuevas viviendas	8
Educación informal a fabricantes de equipos sobre ventajas de equipos mejorados	8
Publicidad a través de medios de comunicación sobre efectos de Buenas Prácticas	8
Difusión de técnicas de aislación de viviendas	11
Desincentivo de uso de leña vía formalización del mercado	12
Sello de Calidad de Leña	13
Difusión a usuarios sobre nuevas tecnologías/alternativas	14
Sello de Certificación de Equipos	15

Las medidas priorizadas fueron desarrolladas, dentro de las limitaciones de información que existen, bajo un aspecto técnico, económico (costo), beneficio en salud y legal.



Posteriormente, se vio el sinergismo y complementariedad entre medidas.

Como conclusiones generales se tiene que:

- ° La humedad de la leña puede tener una influencia importante en las emisiones de material particulado respirable. Sin embargo, con la información disponible no se puede cuantificar en forma confiable la incidencia de su reducción en la disminución de emisiones.
- ° La tecnología de los equipos de combustión residencial de leña, juegan un rol importante en las emisiones de material particulado. Sin embargo, no se tienen antecedentes que permitan discriminar un mejoramiento de la tecnología nacional, con respecto a las emisiones de material particulado.
- ° La educación y difusión de buenas prácticas en cuanto al uso de equipos, combustible con mínimo contenido de humedad y equipos óptimos, son las medidas, que de acuerdo a la priorización y a las experiencias internacionales, pueden llegar a contribuir a una reducción de emisiones apreciable para disminuir considerablemente la contaminación por material particulado respirable en Temuco y Padre Las Casas, especialmente en la época de otoño – invierno.

❖ **Estudio Diseño de Escenarios para apoyar la Gestión de Aire en Temuco y Padre Las Casas.**

Este estudio [8] se centró en la definición de escenarios de crecimiento urbano para las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, y en la estructuración de los escenarios (base y futuro) de emisiones de MP10 generadas por el uso residencial de la leña, así como en la evaluación del potencial de reducción de emisiones de las medidas.

La proyección del desarrollo urbano de las comunas en estudio se basó en distintos antecedentes respecto del desarrollo urbano de la conurbación Temuco-Padre Las Casas, sistematizando la información, lo que permitió finalmente definir las proyecciones definitivas que alimentaran el modelo de estimación de emisiones residencial por combustión de leña.

Para estructurar el escenario de desarrollo urbano se consideraron una serie de estudios desarrollados para la ciudad. Es así como se consultaron el Plan Regulador Comunal de Temuco, estudios de SECTRA, estudio de VITAE, el INE, y otros estudios de caracterización socioeconómica de la población.

En relación a la proyección del total de hogares se encontró que en general todos los estudios coinciden en una tasa de crecimiento entre 2,5 a 3,5% anual. Al respecto se tomó la decisión de proyectar el número de hogares en función de la información oficial INE (censos).

El potencial de reducción de emisiones se obtuvo al implementar diversas medidas orientadas a las buenas prácticas de operación de los equipos a leña, mejoramiento de la leña, y normas de emisión.

En este estudio, y para fines de evaluar las medidas propuestas por CONAMA Región de La Araucanía, se optó por utilizar factores de emisión máximos según artefacto a leña, para la situación base y para las distintas medidas. Este ejercicio sirvió como metodología de análisis para probar el modelo de estimación de emisiones desarrollado, pero se reconoce la necesidad de estimar más precisamente los factores de emisión en forma experimental que reflejen la realidad local de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas.



Las medidas han sido evaluadas solamente desde el punto de vista de su impacto en la emisión de MP10, sin embargo, se deben considerar otros elementos al momento de decidir su implementación. Entre los factores a considerar están los económicos, de impacto social, cultural y tecnológico.

Este estudio muestra que de no tomar acciones sobre las emisiones de MP10 en los equipos de combustión residencial, se esperaría un crecimiento de 1.3%, 4.7%, y 13.5%, de las emisiones al año 2007, 2010, y 2015, respectivamente, respecto al año base (2001).

La estufa simple es la mayor fuente de emisión de materia particulada para los niveles socioeconómico Alto y Medio, y dicha emisión, además presenta una tendencia creciente. Para el nivel socioeconómico Bajo, la emisión de MP10 proviene principalmente de la combustión de leña para cocinar, sin embargo, dicha emisión va disminuyendo en el tiempo.

La medida con mayor potencial de reducción de emisiones de MP10 es la M4 (cambio de cocinas a leña por cocinas a gas), la que genera reducciones en un 48% al 2007, 42.5% al 2010, y 34% al 2015. Esta gran disminución se justifica por el alto consumo de leña que se utiliza en las cocinas en Temuco y Padre Las Casas.

Las medidas M1 (norma de emisión para calefactores nuevos) y M5 (incremento de un 5% anual de la leña seca), tienen efectos a largo plazo, cuando el número de estufas nuevas sea mayor, y cuando el porcentaje de leña seca sea también más significativo.

La medida M2 (promoción de buenas prácticas de operación de los equipos) resalta por su gran aporte a la disminución de emisiones, rescatándose la importancia de aplicar programas que apunten a las buenas prácticas de operación en los equipos de combustión residencial.

La medida M6 (prohibición de venta de leña húmeda), es la segunda en importancia para reducir las emisiones, destacando la necesidad de aplicar programas y medidas para el manejo y la comercialización de leña seca en Temuco y Padre Las Casas.

La medida M3 (restricción de sistemas abiertos) es una de las que produce las menores reducciones (menos del 5%), y esto se debe por una parte, a que la combustión de salamandras y chimeneas representan sólo el 11% de las emisiones de MP10, y que además la medida considera que el consumo de leña de salamandras y chimeneas se traspasa a estufas.

Al aplicar simultáneamente las medidas independientes (M1, M3, M4, y M6) se logra una reducción del 75% de las emisiones, respecto de la evolución sin medidas.

❖ **Identificación de una relación entre las emisiones de fuente de material particulado y las concentraciones de material particulado respirable en las comunas de Temuco y Padre Las Casas**

Este estudio consistió en la implementación de un sistema de modelación de calidad del aire que permite simular estrategias de control y evaluar su impacto en las concentraciones de PM10, a través de la modelación de la dispersión y transporte de las emisiones de material particulado producido por fuentes residenciales, industriales, móviles, quemas agrícolas e incendios forestales.



Para esto, el estudio actualizó y mejoró el inventario de emisiones de materia particulada para las comunas de Temuco y Padre Las Casas al año 2004 y se siguió en gran medida el protocolo de USEPA para la utilización de la modelación de calidad del aire para evaluar estrategias de control y demostrar cumplimiento de normativa de calidad del aire.

Se seleccionó un área de modelación que abarcó más allá de las comunas de Temuco y Padre Las Casas, a fin de minimizar los efectos de las condiciones iniciales y de borde. Es así como se seleccionó un dominio horizontal de 50x50 Kms, con grillas de 2x2 kms, y 8 capas verticales.

Con el sistema de modelación MM5/SMOKE/CAMx, se evaluó el aporte de cada grupo de fuentes a las concentraciones de PM10 para el período del 12 al 18 de Mayo del 2004. Los aportes de PM10 esperados en las estaciones de monitoreo de Las Encinas (LET) y Padre Las Casas (PLC), indican que las fuentes Residenciales contribuyen sobre el 98% de las concentraciones registradas en ambas estaciones, siendo las cocinas responsables del aporte de 52% en LET y 58% en PLC.

Para el caso de las fuentes no residenciales, las industrias son las que más aportan, con un 1% y 1.3%, para LET y PLC, respectivamente. La contribución de las quemas agrícolas, incendios forestales, edificios, y los vehículos no se refleja en las estaciones monitoras, siendo su contribución más bien local.

De la modelación se desprende que el máximo global (debido a todas las fuentes), ocurre en la celda en que se localiza la estación LET, pero individualmente los máximos ocurren en puntos distintos variando según la fuente. Los aportes máximos por fuentes no residenciales resultaron de 1, 5, 3, 4, y 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para los Edificios, Incendios Forestales, Industrias, Quemadas Agrícolas, y Vehículos, respectivamente. Para las fuentes residenciales, las máximas contribuciones de PM10 en 24 horas resultaron de 137, 21, 81, 13, y 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para las Cocinas, Salamandras, Estufas simples, Estufas doble cámara, y Chimeneas, respectivamente.

Los resultados de la modelación se utilizaron para calcular el percentil 98 esperado en la estación LET, siguiendo el protocolo de la USEPA. Para esto se calcularon los Factores de Reducción Relativo (FRR), y con ellos se determinaron, para el caso base (BAU), y con medidas de control de emisiones, el percentil 98 esperado para cada año de evaluación (2004, 2008, 2012, 2016).

Para el caso base (BAU), se estimó un percentil 98 de 170, 175, y 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para los años 2008, 2012, y 2016, respectivamente. Esto indica que de no tomar medidas tendientes a la reducción de emisiones, se espera un leve incremento en las concentraciones de PM10 en 24 horas, manteniéndose la condición de saturación para las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Al analizar los aportes al percentil 98 por grupo de fuentes, se observó que las cocinas, que al año 2004, representaban el mayor aporte, van paulatinamente perdiendo peso relativo, para dejar a las estufas simples, la supremacía, a partir del año 2012. Esto se debe a que las proyecciones del uso de combustible en cocinas muestran una tendencia al recambio de leña a gas.

Dado que el percentil 98 en 24 horas del año 2004 es 172  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se requerirá una reducción del 13% de las emisiones para salir de la categoría de Saturación, y una reducción del 31% de las emisiones para salir de la categoría de Latencia.



Con estos valores de reducción general de las emisiones se realizaron corridas del modelo para evaluar su comportamiento en el tiempo, es decir, determinar si con estas reducciones se logra el cumplimiento de calidad del aire hasta el año 2016. Los resultados indican que la reducción del 13% y 31% sólo serviría hasta el año 2008, pues el año 2012 ya muestra una superación para ambas categorías. Esto último implica que se requerirán medidas adicionales para lograr el cumplimiento de la normativa de calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas.

La modelación del particulado secundario arrojó valores muy bajos como aporte de los óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles, y óxidos de nitrógeno. Las máximas concentraciones en 24 horas de sulfatos y nitratos (particulado fino secundario), resultaron ser menores que  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos bajos aportes se deben básicamente a que la generación de particulado secundario a través de una fotoquímica requiere de días con alta radiación solar. La modelación se realizó en un período de invierno, con muy bajas temperaturas.

No obstante el aporte despreciable en períodos de invierno a la formación de particulado secundario a través de una fotoquímica, el PM10 en Temuco y Padre Las Casas contiene un alto porcentaje de particulado fino. Esto último debido a que las emisiones residenciales aportan sobre el 93% de particulado primario fino ( $< 2.5 \mu\text{m}$ ).

❖ **Documento interno de trabajo sobre sistematización de las propuestas de medidas realizadas por la ciudadanía y de las mesas de trabajo.**

En el año 2001 – 2002 se realizó un trabajo de consulta a la ciudadanía en relación a las posibles medidas para un PDA, paralelo se trabajó en áreas temáticas en 5 mesas de trabajo (fuentes), todo esto dio como resultado un set de 102 medidas. Posteriormente el año 2005, y tal como lo indica el reglamento de Planes se constituyó el Comité Operativo del PDA, el cual dividido en cuatro mesas (residencial y planificación territorial; Fuentes fijas; Transporte y Quemadas agrícolas) tomó las 102 medidas iniciales, las evaluó y en base a nuevos antecedentes, seleccionó las 36 medidas que le fueron entregadas por CONAMA al consultor. Por tanto las medidas y su análisis preliminar que son objeto de este estudio, son el resultado de un trabajo del Comité Operativo del Plan.

## **2.1. INFORMACIÓN RELEVANTE PARA EL PRESENTE ESTUDIO**

Revisión del Informe Final del Estudio "Estudio: análisis de subsidio al gas natural de red en el sector residencial de ciudades con problemas ambientales" [4] destaca que:

Como valor social de la externalidad, se podría utilizar el rango de \$38-\$128 pesos por persona por la reducción de una tonelada de emisiones de material particulado estimado en este estudio. Dicho parámetro multiplicado por las personas expuestas en la zona de influencia del proyecto entrega una estimación monetaria de los beneficios externos de un proyecto que reduce las emisiones.

Un impuesto a la leña u otras medidas legales destinadas a limitar coercitivamente el uso de este combustible serían difíciles de administrar ya que una parte importante del mercado de leña en el sur del país es actualmente o potencialmente informal. Medidas de este tipo podrían simplemente fomentar la sustitución de los proveedores formales por proveedores informales, sin mayores efectos en el consumo final de leña. Además, la leña presenta bastante heterogeneidad en cuanto a su calidad y la contaminación que genera su combustión. Por lo tanto, en principio, un impuesto debería ser diferenciado según los tipos de leña comercializados, lo cual dificultaría aún más la fiscalización de un impuesto a este combustible.



En general, salvo situaciones especiales que tendrían que analizarse caso por caso, no es recomendable que se subsidie infraestructura general de una empresa. Mientras más cerca de los usuarios esté el objeto del subsidio, mejor será la focalización de los beneficios.

En el capítulo 10 del Estudio "*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*" [5] se señalan medidas para reducir la cantidad de PM10 en la zona señalada. Las medidas propuestas en el siguiente estudio son similares o engloban a las medidas a continuación señaladas. Se incorpora también la identificación de los aspectos jurídicos relacionados con cada medida o conjunto de medidas.

#### ❖ **Reducción de Emisiones vía combustible**

- Sustitución de leña por otro combustible menos contaminante

Aspectos Jurídicos: Si el o los combustibles de sustitución de la leña fueren líquidos o gaseosos, le corresponderá el control de toda la cadena de comercialización y distribución a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). No obstante, hay que aclarar que dicha Superintendencia no tiene facultades de fiscalización y control en el ámbito de los combustibles sólidos, su competencia se encuentra restringida, en el área de los combustibles, a aquellos que están en estado líquido o gaseoso, así lo señala el artículo segundo de la Ley 18.410, Orgánica de la SEC. Tampoco existe otra institución pública con competencia sobre esta materia. El legislador hasta ahora ha regulado los combustibles fundamentalmente por consideraciones de seguridad en su producción, almacenamiento, manejo, transporte y distribución.

#### ❖ **Mejoramiento de la calidad de la leña**

Aspectos Jurídicos: Si bien pudiera significar un aumento en los costos asociados a calefacción, en realidad se trata de costos que debiera asumir cualquier mercado formal, la informalidad hoy día implica por ejemplo el no pago de impuestos sin que existan razones para ello, se trata de una actividad comercial como cualquier otra.

Desde el punto de vista jurídico, el análisis pasa por explorar alternativas de certificación de la leña. Actualmente, se están generando iniciativas de este tipo en las ciudades de Chillán, Temuco, Valdivia y Coyhaique, para implementar un sistema nacional de certificación de la calidad y origen de la leña. Otra iniciativa similar se está llevando a cabo en la Provincia de Chiloé. Sin embargo, los sistemas de certificación impulsados no son obligatorios, ni pueden serlo en tanto no exista una institucionalidad y un marco jurídico que los respalde.

#### ❖ **Acuerdo voluntario restricción de humedad en la leña**

Aspectos jurídicos: Existe una institucionalidad que se preocupa de la gestión, elaboración y control de estos acuerdos voluntarios, representada por el Consejo Nacional de Producción Limpia. Así como también normas que regulan los contenidos de tales acuerdos, son Normas Chilenas Oficiales que establecen las directrices para el desarrollo, implementación y certificación del cumplimiento de Acuerdos de Producción Limpia:

NCh 2797.Of2003 "Acuerdos de Producción Limpia (APL)- Especificaciones".

NCh 2807.Of2003 "Acuerdos de Producción Limpia (APL)- Diagnóstico, Seguimiento y Control, Evaluación final y Certificación de cumplimiento".

NCh 2825, sobre "Requisitos para los auditores de evaluación final". NCh 2796, sobre "Vocabulario" aplicado a este Sistema de Certificación.



#### ❖ **Sello de Calidad de Leña**

Aspectos Jurídicos: Ocurre lo mismo que con la certificación de la leña, en tanto el otorgamiento de un sello de calidad supone que un tercero declare acerca de las condiciones o especificaciones de calidad de la leña, basándose para ello en la realización de test o ensayos. Por lo tanto, se presentan los mismos problemas de falta de institucionalidad y marco jurídico que regule la aplicación de la medida. No obstante, existe la alternativa de que el propio “fabricante del producto leña” declare acerca de la calidad de su producto, es lo que se conoce como autodeclaraciones. En tal caso, hay que buscar mecanismos que puedan garantizar en cierta medida la correspondencia de entre lo que se declara y las reales características del combustible.

#### ❖ **Prohibición de venta de leña húmeda**

Aspectos Jurídicos: Como se ha dicho, la leña no cuenta con una institución a cargo del control y fiscalización de sus características o especificaciones como combustible. Sin embargo, de existir institucionalidad en el futuro, más que una prohibición de venta de leña húmeda debiera regularse por la vía de una prohibición de comercialización de leña sin la certificación requerida y por supuesto, los niveles de sequedad ser una condición necesaria para obtenerla.

#### ❖ **Prohibición de uso de leña húmeda**

Aspectos jurídicos: Como se ha dicho, la leña no cuenta con una institución a cargo del control y fiscalización de sus características o especificaciones como combustible. Sin embargo, de existir institucionalidad en el futuro, debiera aproximarse a un control en los niveles de gobierno local, es decir, encomendado a los municipios.

#### ❖ **Reducción vía equipos**

- Prohibición de Uso/Venta de equipos más contaminantes.

Aspectos Jurídicos: Desde el punto de vista jurídico, la prohibición de uso o venta de equipos más contaminantes necesariamente debe traducirse en una consecuencia de la dictación de una norma de emisión, para no contravenir lo dispuesto en el artículo 19 N° 21 y N° 22 de la Constitución Política de la República, que garantizan el derecho a desarrollar cualquier actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen y el derecho a la no discriminación arbitraria en el trato que deben dar el Estado y sus organismos en materia económica. Dicha norma de emisión puede ser incorporada en el propio plan de descontaminación o dictarse mediante un decreto especial y adecuarse a los procedimientos establecidos en los decretos supremos 93 y 94, ambos de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, según corresponda. Su fiscalización y control le podrá corresponder a la Secretaría Regional Ministerio de Salud de la IX Región.

#### ❖ **Mejoramiento/optimización de la tecnología Leña**

- Sello de Certificación de Equipos

Aspectos Jurídicos: El otorgamiento de un sello de calidad supone que un tercero declare acerca de las condiciones o especificaciones de calidad del producto, basándose para ello en la realización de test o ensayos de laboratorio. Por lo tanto, se presentan los mismos problemas de falta de institucionalidad y marco jurídico que regule la aplicación de la medida relativa a la certificación de la leña.



❖ **Incentivo al reemplazo por nuevas tecnologías**

Aspectos Jurídicos: Dependerá del tipo de incentivo. Se requiere mayor descripción de la medida en cuanto a su diseño para poder evaluarla desde un punto de vista jurídico.

❖ **Incorporación de dispositivos de reducción de emisiones en artefactos**

Aspectos Jurídicos: Se visualiza como una medida de regulación por la vía de la dictación de una norma de emisión de contaminantes, al igual que la medida de "Prohibición de uso de equipos más contaminantes al año 2007".

❖ **Desarrollo de nuevas modalidades para calefacción residencial**

- Regulación del tipo de sistema de calefacción de nuevas viviendas

Aspectos Jurídicos: Se requiere mayor descripción de la medida en cuanto a su diseño para poder evaluarla desde un punto de vista jurídico.

❖ **Reducción de emisiones en episodios críticos**

- Manejo de episodios críticos

Establecimiento de limitaciones de operación para equipos de combustión de leña durante episodios críticos de calidad de aire en Temuco y Padre Las Casas.

Aspectos Jurídicos: Las limitaciones o restricciones de operación para equipos de combustión de leña durante episodios críticos de contaminación, en el caso de la Región Metropolitana fueron impuestas mediante un decreto supremo (D.S. Nº 32 de 1990) del Ministerio de Salud, con anterioridad a la dictación de las normas legales y reglamentarias que hoy establecen los procedimientos y contenidos para la dictación de normas ambientales. Ello ha generado algunas interpretaciones, normalmente provenientes de los sectores afectados a estas restricciones, en el sentido de señalar que contravienen lo dispuesto en la Constitución Política de la República, en tanto se trataría de materias de ley. No obstante, la Contraloría General de la República ha tomado razón de modificaciones realizadas a esa normativa a través de otro decreto supremo, aquél que contiene el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana. Su fiscalización y control le podrá corresponder a la Secretaría Regional Ministerio de Salud de la IX Región.

❖ **Medidas relacionadas con transporte y sector industrial: Normas de emisión y restricciones durante los períodos de episodios críticos de contaminación.**

Aspectos Jurídicos: La institucionalidad para la fiscalización y control de estas medidas está dada por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones y por la SEREMI de Salud, respectivamente. Existen claras experiencias que pueden servir de modelos, tanto en el anterior como en el actual Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana.



## 2.2 REVISIÓN DE MEDIDAS PROPUESTAS

La Contraparte Técnica entregó un listado de medidas que pueden tener un impacto de mejoramiento de la calidad del aire para las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Estas medidas fueron elaboradas por el Comité Operativo del Plan y agrupadas en cuatro categorías de fuentes: Residenciales y Planificación Territorial, Móviles, Industriales y Comerciales, y Quemadas.

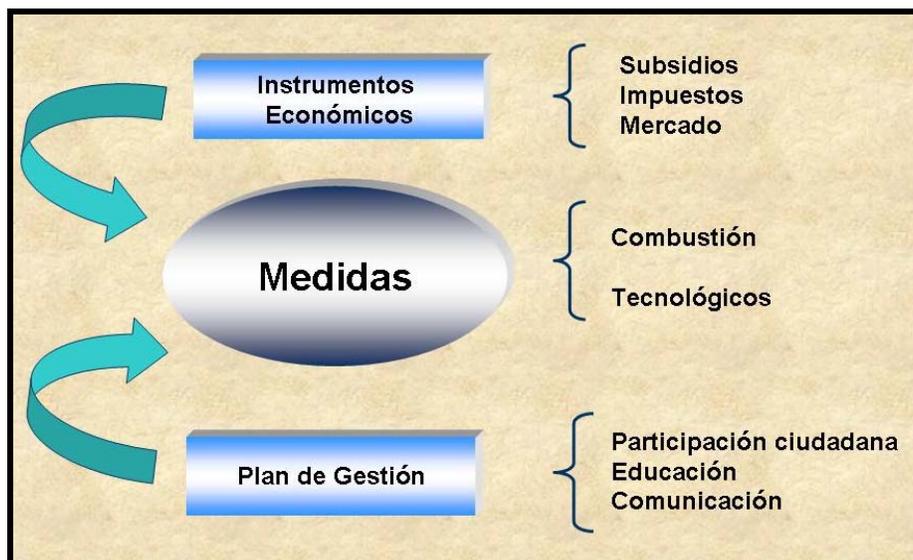
La información entregada proporciona Medidas propiamente tales, Instrumentos económicos, y Medidas y Programas complementarios que apoyan una medida. La Tabla II.3 muestra la distribución de las 37 medidas generadas por las mesas de trabajo.

**Tabla II.3 Resumen de Medidas, Instrumentos, y Programas**

Fuentes	Medida	Instrumento Económico	Complementario		Σ
			Programa	Medida	
Residencial y Planificación Territorial	8	3	4	3	18
Industriales y Comerciales	5	1	0	0	6
Móviles	8	0	0	0	8
Quemas	3	1	1	0	5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>37</b>

El análisis de este conjunto de medidas propuestas, permite determinar que del total de medidas (24), sólo 18 tienen un potencial de reducción de emisiones factible de calcular. De estas 18, 6 corresponden a medidas residenciales, 3 a fuentes industriales, 7 a fuentes móviles, y 2 a quemadas.

Los instrumentos económicos, y los programas y medidas complementarias aún cuando no tienen asociado un potencial de reducción de emisiones, si ayudan y potencian la implementación, fiscalización, y/o control de aquellas medidas tecnológicas o de combustión cuya reducción se puede cuantificar. La Figura 2.1 muestra la relación entre una medida y los complementos.



**Figura 2.1 Relación entre medidas y sus complementos**



La Tabla II.4 muestra las 18 medidas que tienen asociado un potencial de reducción de emisiones cuantificable

**Tabla II.4 Medidas con potencial de reducción de emisiones posibles de calcular**

Fuente	Nº	Medida
Residencial	M1	Prohibir la comercialización y uso de leña húmeda. Se cumplirá NCh 2907: combustible sólido leña-requisitos.
	M2	Implementar de manera obligatoria catalizadores en las estufas a leña.
	M3	Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña.
	M4	Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión.
	M5	Norma de aislación térmica para viviendas nuevas: muros, ventanas y pisos.
	M6	Mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU
Industria y Comercio	M7	Norma de emisión de MP para fuentes fijas
	M8	Cambio de combustible de leña a gas licuado en los edificios de propiedad pública.
	M9	Restringir el funcionamiento de calderas a leña, carbón y/o petróleo en tiempo crítico o de aumento de concentraciones
Móviles	M10	Restricción de ingreso de los buses rurales e interurbanos al momento de la inscripción. Reducir la cantidad de años de antigüedad
	M11	Restringir la vida útil del Transporte público. A 18 años para buses urbanos y a 12 años para colectivos.
	M12	Congelar el parque de locomoción colectiva de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.
	M13	Ampliar o abrir homologación de marcas y modelos de vehículos para la reconversión a gas.
	M14	Mejor calidad de los combustibles líquidos
	M15	Norma de emisión MP para vehículos nuevos pesados, medianos y livianos que utilizan Petróleo Diesel.
	M16	Norma de emisión para buses de transporte público (ver DS 130/2002 de la RM)
Quemas	M17	Prohibición de quemas desde el 15 de abril al 31 de agosto en el área de influencia.
	M18	Prohibición de quemas en episodios de contaminación en el área de influencia.

La Tabla II.5 muestra el conjunto de medidas que aún teniendo un potencial de reducción de emisiones, se han excluido de este análisis debido a que se requiere de información específica y no disponible aún para realizar la estimación. De las medidas excluidas, sólo la SP1 (calefacción distrital) podría tener un alto impacto, el resto aporta muy poco de acuerdo al inventario de emisiones de Temuco y Padre Las Casas [3]. En relación a la medida SP1, se entiende que al reemplazar varias fuentes que operarían en condiciones no óptimas, por un sistema centralizado, se deberían reducir las emisiones. Sin embargo, para poder evaluar el potencial de reducción, sus costos, y factibilidad legal de una medida como esta, se requiere definir al menos lo siguiente: Cual será la emisión del nuevo sistema de calefacción distrital; a cuantas casas podría calefaccionar, que elementos adicionales de diseño en los hogares se deben disponer para que sea factible, cual sería el combustible que utilizaría este sistema, cuales serían sus costos, quién lo operaría (se asume iniciativa privada).



**Tabla II.5 Medidas sin potencial cuantificable de reducción de emisiones**

<b>Fuente</b>	<b>Nº</b>	<b>Medida</b>
Residencial	SP1	Conjuntos residenciales ó edificios que cuenten con sistemas de calefacción comunitaria o centralizada (calefacción distrital)
	SP2	Se edificarán viviendas sociales del tipo colectiva y no individuales
Industria y Comercio	SP3	Se permitirá una antigüedad de a lo más 20 años de fabricación de la caldera
Móviles	SP4	Complementar el DS N°4 en el sentido de exigir para la IX Región (o sólo Temuco y Padre Las Casas), la medición para vehículos diesel a través del método de opacidad Tabla B.2.2.
Quemas	SP5	Exigencia de un Plan de quemas en el área de influencia (al menos Temuco y Padre Las Casas), entre el 1º de Septiembre y el 14 de Abril de cada año.

La Tabla II.6 entrega el listado de Instrumentos económicos generados por las mesas de trabajo, y se ha incluido la medida a evaluar asociada. Cabe notar que un instrumento económico puede ayudar a fortalecer a más de una medida.

La Tabla II.7 muestra los Programas complementarios, los cuales a través de fondos concursables, y medidas de planificación territorial, ayudan indirectamente a una medida con potencial de reducción.

Finalmente la Tabla II.8 entrega las medidas complementarias generadas por las mesas de trabajo, de las cuales sólo una (C1), tiene una relación con las medidas a evaluar y que tienen un potencial de reducción de emisiones cuantificable.

**Tabla II.6 Instrumentos Económicos**

<b>Fuente</b>	<b>Nº</b>	<b>Instrumento Económico</b>	<b>Medida asociada</b>
Residencial	E1	Crear un instrumento económico para promover y diversificar combustibles alternativos o sustitutos a la leña para uso residencial	M4
	E2	Incentivo económico para mejoramiento ambiental de la vivienda: Aislamiento térmica, bajo consumo de energía para calefacción, etc.	M5, M6
	E3	Gestión de un mayor subsidio para mejoramiento de la vivienda nueva (aislamiento, sistemas de calefacción)	M5, M6
Industria y Comercio	E4	Implementar un programa estratégico o complementario: Crear incentivos para el recambio tecnológico y/o de combustible en fuentes fijas	M7, M8, M9
Quemas	E5	Subsidio a buenas prácticas agrícolas, con objetivo de reducción de material de desecho agrícola (por tanto reducción de volúmenes quemados)	M17

**Tabla II.7 Programas Complementarios**

<b>Fuente</b>	<b>Nº</b>	<b>Programas Complementarios</b>	<b>Medida asociada</b>
Residencial	P1	Fondos para promover y fomentar la innovación tecnológica y el uso eficiente de la energía con fines de uso residencial	M1, M2, M3, M4, M5, M6
	P2	Renovación urbana: Revisar su dimensión y aplicación	M5
	P3	Plan de arborización urbana	--
	P4	Conectividad y eficiencia vial	--
Quemas	P5	Orientar fondos concursables existentes (FNDR, INNOVA, FONDEF, CONICYT, etc) para apoyar iniciativas de investigación orientadas a la reducción y reutilización de desechos agrícolas y forestales	M17

En relación a los planes de arborización urbana, se sabe que la vegetación en general, y los árboles en particular, generan y remueven materia particulada y gases de la atmósfera. Es ampliamente reconocida la generación de polen y la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs) a través de su proceso de desarrollo de las plantas, entre los cuales los isoprenos y monoterpenos son los principales. Dado que las ciudades de Temuco y Padre Las Casas no poseen problemas de ozono (siendo los COVs una familia de los gases precursores), se estima que un programa de arborización podría tener más ventajas que problemas en la calidad del aire de las comunas. Para esto se debería realizar un estudio específico tendiente a evaluar distintas especies y su grado de remoción de MP.

**Tabla II.8 Medidas Complementarias**

<b>Fuente</b>	<b>Nº</b>	<b>Medidas Complementarias</b>	<b>Medida asociada</b>
Residencial	C1	Definir la institucionalidad que debe tener la leña y quién se hace cargo de su regulación	M1
	C2	Adquisición de terrenos en áreas potencialmente proyectadas de crecimiento urbano por parte de servicios del Estado para regular de alguna manera, el crecimiento explosivo de la ciudad, y manejar la oferta y demanda de precios de mercado.	--
	C3	Gestión de suelo	--



### **3.- DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS A EVALUAR**

A continuación se describe en más detalle, cada una de las 18 medidas entregadas y 6 propuestas, que se estima tienen un potencial de reducción de emisiones. Para cada una de ellas, se identifica y describe en forma cualitativa el costo asociado (costo público y privado de su aplicación), el marco jurídico de aplicación (Implementación, Fiscalización), y el mecanismo de reducción de emisiones.

Del estudio "Diseño de Escenarios para apoyar la gestión del aire en Temuco y Padre Las Casas", se desprende que existe una medida no contemplada directamente en aquellas propuestas por las mesas de trabajo del Comité Operativo del Plan, y dice relación con el reemplazo de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado. Esta Medida, denominada M4A, pertenece al grupo de fuentes Residenciales.

Además, se propone una restricción voluntaria de fuentes en forma preventiva con el fin de reducir el número y la intensidad de eventos de alta contaminación, lo cual se lograría al contar con una herramienta para el Pronóstico de Episodios Críticos. Esta Medida se aplicaría a las fuentes Residenciales (M3A, M3B), y a las fuentes Móviles (M10A). Las fuentes Industriales y de Quemados ya contemplan esta restricción en períodos críticos. La restricción de fuentes en forma preventiva en períodos críticos permitirá minimizar el número de eventos sobre el valor de la norma de PM10 en 24 horas, que es uno de los objetivos del PDA. Por último, se propone una mejora a la normativa del MINVU en relación al aislamiento térmico de las viviendas, que consiste en modificar el espesor del material aislante de 1cm a 6 cm. Esta modificación se evalúa para viviendas nuevas (M5\_E3) y para las viviendas existentes (M6\_E3).

El mecanismo de reducción de emisiones es el medio por el cual una medida logra disminuir las emisiones de materia particulada, y puede estar asociado a una mejora tecnológica (cambio en el factor de emisión), a la prohibición de uso (emisión cero), al mejoramiento del combustible (cambio en el factor de emisión), al mejoramiento térmico de las viviendas (menor consumo de combustible), ó a una combinación de ellas.

La identificación del costo público y privado de las medidas se basó en la metodología indicada en el paso 18 y 19 del informe de AGIES [9].

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS**

##### **FUENTES RESIDENCIALES Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL**

###### **MEDIDA 1: Prohibir la comercialización y uso de leña húmeda.**

Se ha modificado redacción de esta medida reemplazando las expresiones "Prohibir la comercialización y uso de leña húmeda" por las de "Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido." Lo anterior, dada la inexistencia de una norma legal explícita que regule esta materia, y la necesidad de contar con órganos de la Administración del Estado con atribuciones en materias relacionadas con la medida que se propone.



Esta medida está orientada a la venta de leña en sus distintas etapas, desde el productor hasta el distribuidor final así como al usuario de la leña. Se requiere además, que una normativa haga referencia a la NCh 2907.

El costo de la leña seca será mayor que el de la húmeda, por tanto, esta medida requiere que se implemente en todo Chile o al menos en la IX Región y no solo en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, dado que el mayor costo de la leña seca generará un mercado alternativo ilegal de venta de leña húmeda más barata que vendrá de comunas aledañas.

Esta norma afectará a todos los usuarios de leña, tales como las Residencias así como el Comercio y Edificios que utilicen calderas a biomasa.

Puntos críticos de esta medida son:

- i) La creación de un mercado para la leña seca.
- ii) El secar en forma natural la leña demora aproximadamente dos años, y si se adoptan ciertas metodologías para el secado se podría reducir el tiempo a seis meses. Dado lo anterior, la implementación de esta medida requerirá un tiempo de ajuste, donde los comercializadores de la leña, tendrán un capital retenido. Pasado ese periodo, el mercado debería funcionar más fluidamente.
- iii) Esta medida debe diferenciar (para efectos de su implementación) a los distintos actores de la cadena de comercialización, desde el productor, distribuidor, hasta el comercializador así como los usuarios de la leña.



INFORMACION	MEDIDA 1
Descripción de la medida	<b>Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido.</b> Se cumplirá NCh 2907: combustible sólido leña-requisitos.
A quién se aplica	Comercializador y Usuario
Fuente Nueva o Existente	Existente y Nuevas
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, Consejo de Producción Limpia (CPL), Asociación Gremial de distribuidores de leña.
Quién la fiscaliza	No existiendo institucionalidad ni marco legal que la respalde, no es posible encomendar su fiscalización a institución alguna. No obstante, se puede estudiar la posibilidad de dictar una norma cuya fiscalización pueda ser encomendada a la SEREMI de Salud (organismo con facultades para establecer normas para el control de la contaminación, con el fin de proteger la salud de las personas).
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	La fiscalización supone obligatoriedad, la que sólo se podría establecer eventualmente en los términos señalados anteriormente.
Normativa e institucionalidad asociada	Código Sanitario SEREMI de Salud IX Región
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. Para toda la cadena (productores, distribuidores y consumidores de leña) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de mantener leña seca.</li> <li>• Costo de secar la leña.</li> <li>• Menor costo para los distribuidores al transportar menor peso.</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	Si. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño, implementación, difusión y fiscalización</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejoramiento del combustible. Reducción del factor de emisión producto de una combustión más limpia.

**MEDIDA 2: Implementar de manera obligatoria catalizadores en las estufas a leña.**

Esta Medida esta orientada a los usuarios residenciales de leña debido a que establece la obligatoriedad de implementar un catalizador que mejore el proceso de combustión disminuyendo la emisión de Materia Particulada.

Esta medida sería en principio para equipos existentes, sin embargo, se debe evaluar si los equipos nuevos también requerirían algún tipo de catalizador. Se estima que de acuerdo al avance de la tecnología los artefactos nuevos vendrían con catalizador incorporado.

Un aspecto crítico de esta Medida es la factibilidad técnica de instalar un catalizador en las estufas, para lo cual se requiere al menos una cámara de intercambio de calor, un dispositivo que proteja al catalizador de la llama, y una abertura de by-pass de seguridad.



INFORMACION	MEDIDA 2
Descripción de la medida	<b>Implementar de manera obligatoria catalizadores en las estufas a leña.</b>
A quién se aplica	Usuarios residenciales de leña.
Fuente Nueva o Existente	Existente y Nuevas
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	SEREMI de Salud IX Región
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Hay dos mecanismos: 1) Que la medida se traduzca en la dictación de una norma de emisión que incorpore implícitamente la elección de determinadas estándares tecnológicos. En ese caso, la fiscalización implicará la verificación del cumplimiento de la norma. 2) Vía homologación o certificación de los equipos de control.
Normativa e institucionalidad asociada	Código Sanitario Decreto Supremo N° 2467/1994 del MINSAL, que aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias SEREMI de Salud Laboratorios de medición y/o ensayo Organismos de Certificación
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para los usuarios que tienen que comprarlos</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	Si <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la fiscalización de la medida.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica a través de la implementación de equipos de control de emisiones. Reducción del factor de emisión

### **MEDIDA 3: Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña.**

Medida orientada a los usuarios residenciales de leña, que se aplica en forma permanente y que impide el funcionamiento de chimeneas de hogar abierto. Esta medida supone que habrá un reemplazo en los equipos destinados a la calefacción de la vivienda, por otros equipos que usen leña u otro combustible pero que no tendrán restricción en su uso. Esta Medida asume que el cambio se hará por algunos de los artefactos permitidos (salamandras, estufa simple, estufa doble cámara).

Un aspecto crítico será el de aplicar medidas de incentivo al recambio tecnológico.



INFORMACION	MEDIDA 3
Descripción de la medida	<b>Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña.</b>
A quién se aplica	Usuarios residenciales de leña.
Fuente Nueva o Existente	Existente
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	SEREMI de Salud IX Región.
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Fiscalización de la SEREMI de Salud. Se pueden establecer convenios de colaboración con los municipios, sin que ello signifique delegación de funciones.
Normativa e institucionalidad asociada	DS 59/1998 de MINSEGPRES que establece Norma de Calidad Primaria para MP10. En ella se establecen, además, los valores que determinan los episodios críticos. Código Sanitario
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. <ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de calefacción alternativa.</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	Si <ul style="list-style-type: none"> <li>Difusión y fiscalización de la medida.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Si bien hay un no uso del equipo emisor, es probable que el usuario lo reemplace por otro equipo también a leña, por tanto habrá una reducción de la emisión por Mejora Tecnológica.

### **MEDIDA 3A: Restricción voluntaria de Fuentes Residenciales a leña utilizadas para calefacción.**

Esta Medida restringe en forma voluntaria el uso de sistemas de calefacción residencial (sólo quedan funcionando las cocinas) y se aplica sólo en episodios de contaminación ( $[PM_{10}] \geq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Un aspecto relevante de esta Medida es que requiere un Modelo de Pronóstico a fin de establecer en forma previa (con al menos 24 horas de anticipación) la restricción de fuentes residenciales a leña utilizadas para calefacción.

Podría un sector de la población (nivel socioeconómico alto) utilizar estufas a gas licuado u otro combustible alternativo diferente a la leña, los cuales usarían sólo en situaciones de emergencia ambiental. Los sectores con menos recursos mantendrían las cocinas a leña.

No existen problemas de legalidad en tanto se trata de una medida de carácter voluntario

Un aspecto crítico para el éxito de esta Medida será el grado de compromiso y voluntad de la población para acatar la restricción que implica esta Medida. Lo anterior se facilitaría con campañas de educación y sensibilización ciudadana.



INFORMACION	MEDIDA 3A
Descripción de la medida	<b>Restricción voluntaria de Fuentes Residenciales a leña utilizadas para calefacción.</b>
A quién se aplica	Equipos de calefacción residencial a Leña en forma voluntaria
Fuente Nueva o Existente	Existente
Temporalidad	Episódica
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	Dado que es voluntario - no se fiscalizaría
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la constatación de los registros de mediciones de PM10 en las estaciones monitoras
Normativa e institucionalidad asociada	DS 59/1998 de MINSEGPRES que establece Norma de Calidad Primaria para MP10. En ella se establecen, además, los valores que determinan los episodios críticos. Código Sanitario
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si, para quienes deben buscar un medio de calefacción alternativo y el aumento del costo de operación. Para aquellos que se dejan de calefaccionar, existe un costo de no confort térmico y un posible aumento en enfermedades.
Implica un costo público (si/no)	Si, de diseño de la medida, difusión, y de implementación
Mecanismo de reducción de emisión	Restricción de uso, lo que implica cero emisión si no hay reemplazo Cambio de combustible si se reemplaza por otro artefacto menos contaminante

### **MEDIDA 3B: Restricción voluntaria de Cocinas la leña durante episodios de contaminación.**

Esta Medida restringe el uso de las cocinas a leña (quedan funcionando las cocinas a gas) y se aplicaría en forma voluntaria sólo en episodios de contaminación ( $[PM_{10}] \geq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Un aspecto relevante de esta Medida es que requiere un Modelo de Pronóstico a fin de establecer en forma previa (con al menos 24 horas de anticipación) la restricción de cocinas a leña.

Esta Medida se sustenta en el hecho de que existen viviendas que poseen ambas cocinas (a leña y a gas), y en la medida que exista mayor conciencia ciudadana, muchos de aquellos hogares podrían acoger el llamado de la autoridad ambiental, en relación a no usar sus cocinas a leña durante situaciones de emergencia ambiental. Los hogares con sólo cocina a leña no deberían acatar este llamado.

Un aspecto crítico para el éxito de esta Medida será el grado de compromiso y voluntad de la población para acatar la restricción impuesta en esta Medida. Lo anterior se facilitaría con campañas de educación y sensibilización ciudadana.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 3B</b>
Descripción de la medida	<b>Restricción voluntaria de cocinas a leña</b>
A quién se aplica	Cocinas a Leña de carácter voluntario
Fuente Nueva o Existente	Existente
Temporalidad	Episódica
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	Dado que es voluntario - no se fiscalizaría
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la constatación de los registros de mediciones de PM10 en las estaciones monitoras
Normativa e institucionalidad asociada	DS 59/1998 de MINSEGPRES que establece Norma de Calidad Primaria para MP10. En ella se establecen, además, los valores que determinan los episodios críticos. Código Sanitario
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si, para quienes deben buscar un medio de cocinar alternativo y el aumento del costo de operación (gas en vez de leña).
Implica un costo público (si/no)	Si, de diseño de la medida y de implementación
Mecanismo de reducción de emisión	Restricción de uso, lo que implica cero emisión si no hay reemplazo Cambio de combustible si se reemplaza por otro artefacto menos contaminante

#### **MEDIDA 4: Reemplazo de artefactos de calefacción residencial a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión.**

Esta medida contempla una mejora tecnológica en los equipos de calefacción residencial (estufas), de forma tal que los equipos cumplan con los estándares fijados en la Norma de Emisión de Material Particulado Respirable (MP10) para Artefactos de Combustión Residencial de Leña, que se encuentra en elaboración y que estará lista a fines del 2006.

Lo relevante para la implementación de esta medida, es el instrumento (económico y/o legal), que acelere, fomente, e incentive a este reemplazo.

Un aspecto crítico para estimar el potencial de reducción, es contar con el valor de la norma de emisión, la cual se estima estará lista a fines del 2006, sin embargo, se requiere antes para evaluar su impacto. Para esto se propone evaluar distintos valores de factores emisivos tales que logren una reducción que permita cumplir con la norma de PM10 en 24 horas.

Dependiendo de los valores y el contenido de esta nueva norma (alcance territorial, artefacto regulado (estufas y/o cocinas), etc.), se espera una influencia en la Medida 1.



INFORMACION	MEDIDA 4
Descripción de la medida	<b>Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión</b>
A quién se aplica	Viviendas que tienen calefactores que no cumplen norma de emisión.
Fuente Nueva o Existente	Existente
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	SEREMI de Salud IX Región.
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Fiscalización de la SEREMI de Salud. Se pueden establecer convenios de colaboración con los municipios, sin que ello signifique delegación de funciones.
Normativa e institucionalidad asociada	Código Sanitario Decreto Supremo Nº 2467/1994 del MINSAL, que aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias. SEREMI de Salud Laboratorios de medición y/o ensayo Organismos de Certificación
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. <ul style="list-style-type: none"> <li>Inversión (conversión y/o adquisición), operación y mantención de nuevos equipos que cumplan con la normativa.</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	Si. <ul style="list-style-type: none"> <li>Homologación de equipos.</li> <li>Implementación, difusión y fiscalización de la medida.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica. Reducción del factor de emisión

#### **MEDIDA 4A: Reemplazo de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado.**

Esta Medida contempla un recambio tecnológico que actualmente se da en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, pero básicamente en el sector socioeconómico Alto. Dado el gran potencial de reducción de emisiones de Material Particulado asociado a este recambio, se pretende acelerar el reemplazo a través de instrumentos económicos que favorezcan a las clases socioeconómicas Media y Baja.

Otro aspecto relevante es el cambio cultural requerido, dado que gran parte de la población utiliza las cocinas a leña también como medio de calefacción y este hábito está muy arraigado en la Región. Para lograr el cambio cultural será necesario sensibilizar a la población a través de campañas de difusión y educación que ayuden a tomar conciencia de la importancia de esta Medida para el bienestar de la población.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 4A</b>
Descripción de la medida	<b>Reemplazo de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado.</b>
A quién se aplica	Usuarios residenciales de Leña
Fuente Nueva o Existente	Existente
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	SEREMI de Salud IX Región.
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Fiscalización de la SEREMI de Salud. Se pueden establecer convenios de colaboración con los municipios, sin que ello signifique delegación de funciones.
Normativa e institucionalidad asociada	No aplica, y CONAMA coordina
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si, para aquellos que deben adquirir un nuevo artefacto de cocina, este costo implica un costo de adquisición y de operación del equipo nuevo.
Implica un costo público (si/no)	Si, de diseño de la medida, de difusión y fiscalización.
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica y cambio de combustible

#### **MEDIDA 5: Norma de aislación térmica para viviendas nuevas: muros, ventanas y pisos.**

Esta medida reduce directamente el uso de combustible para calefaccionar la vivienda. El MINVU ha establecido una Reglamentación Térmica para las viviendas, consistente en tres etapas. Para la primera de ellas, vigente desde el 01/03/2000, consiste en reglamentar la transmitancia máxima del complejo de techumbre. La segunda etapa, que entrará en vigencia a finales del año 2006, fija las cualidades de transmitancia máxima para el resto de la envolvente de un edificio, es decir, muros, ventanas, y pisos. Finalmente, la tercera etapa, destinada a formular un cálculo de comportamiento global, se espera para los años 2007-2008, permitirá compensar las deficiencias de algunos componentes por las eficiencias de otros.

Esta medida requiere del cálculo del ahorro de combustible asociado a las transmitancias máximas.

Esta medida es para viviendas nuevas y por tanto el énfasis estará dado en la fiscalización de esta norma por parte del Municipio y de la SEREMI de Vivienda.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 5</b>
Descripción de la medida	<b>Norma aislamiento térmica vivienda nueva: techumbre, muros, ventanas y pisos.</b>
A quién se aplica	A edificaciones /viviendas nuevas
Fuente Nueva o Existente	Nueva
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINVU
Quién la fiscaliza	Direcciones de Obras Municipales, SEREMI MINVU
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Mediante los mecanismos de aprobación de anteproyectos de construcción o permisos de edificación, ante las Direcciones de Obras Municipales.
Normativa e institucionalidad asociada	Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza. Decreto Supremo N°397/1976 del MINVU, Reglamento Orgánico de las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo. Decreto Supremo N° 192/2005, que modifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. Para la entidad que construye. <ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño que minimice las pérdidas de calor.</li><li>• Costo de materiales con mayor poder de aislamiento.</li><li>• Mano de obra calificada.</li><li>• Beneficio al disminuir el costo de calefacción.</li></ul>
Implica un costo público (si/no)	Si. <ul style="list-style-type: none"><li>• Implementación, difusión y fiscalización de la medida.</li></ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica, asociada a la construcción de viviendas Menor consumo de combustible para calefacción

### **MEDIDA 6: Mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU**

Esta medida esta orientada a disminuir el consumo de combustible para calefacción de las viviendas existentes, mediante la incorporación de sistemas de aislamiento que serán fomentados a través de subsidios. Para esto se considera la normativa técnica descrita en la Medida 5, pero para ser cumplida por viviendas existentes. Esto implica un esfuerzo mayor por parte del Estado a fin de entregar subsidios que incentiven, en el corto y mediano plazo, el mejoramiento térmico de las viviendas.

No obstante lo señalado, en lo que dice relación con la pertinencia legal de la compensación de emisiones, se debe tener presente el inciso 2º del artículo 57 del actual PPDA de la Región Metropolitana, que dispone que CONAMA "coordinará un estudio tendiente a establecer el procedimiento que haga operativo la compensación de emisiones para estos equipos. Este estudio servirá de base para la dictación del decreto mediante el cual se establecerá dicho mecanismo". El estudio al que se alude, se encuentra en etapa de licitación en la COREMA RM.

Respecto a la viabilidad legal de la compensación de emisiones, la Ley 19300 en el literal h) del artículo 45 ordena que como contenido mínimo de un plan, se puede proponer "cuando sea posible" mecanismos de compensación de emisiones. Este mecanismo puede ser parte del decreto supremo que establezca el plan de descontaminación, en donde el procedimiento y las metodologías deben estar definidas.



Finalmente, si existieran los estudios que permitan contar con un procedimiento operativo para la compensación de emisiones, se puede utilizar como instrumento legal para dar vida jurídica a la metodología apropiada, el Decreto Supremo N° 19/2001 del MINSEGPRES, que Faculta a los Ministros de Estado para firmar "Por Orden del Presidente del República", los decretos supremos relativos a las materias que allí se detalla; entre ellas se faculta al Ministro Secretario General de la Presidencia para dar su "Aprobación de procedimientos técnicos para evitar la contaminación".

INFORMACION	MEDIDA 6
Descripción de la medida	<b>Mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU</b>
A quién se aplica	A propiedades existentes
Fuente Nueva o Existente	Existente
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINVU, SERVIU
Quién la fiscaliza	SERVIU
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Mediante la incorporación de los criterios de mejoramiento térmico en los procesos de licitación.
Normativa e institucionalidad asociada	Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza. Decreto Supremo N°355/1976 del MINVU, Reglamento Orgánico de las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo. Decreto Supremo N° 192/2005, que modifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro previo que se exige al beneficiario, quien debe asumir parte de los costos de aislación, materiales, mano de obra y diseño.</li> <li>• Beneficio al disminuir el costo de calefacción.</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	Si, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de subsidios entregados</li> <li>• Diseño, implementación y difusión de la medida.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica asociada a la construcción de viviendas Menor consumo de combustible para calefacción.



**FUENTES FIJAS INDUSTRIALES Y COMERCIALES.**

**MEDIDA 7: Norma de emisión de MP para fuentes fijas**

Esta medida esta orientada a las calderas nuevas y existentes del sector Industrial, Comercial, y Edificios que utilizan cualquier tipo de combustible.

Estas fuentes deberán cumplir en forma permanente con la norma de emisión de MP, por tanto se supone que existirá una mejora tecnológica que podrá ser la implementación de un filtro, cambio de combustible, cambio en el proceso, o cambio del equipo.

Esta norma podría estar basada en la contenida en el PPDA de la RM, cuyo valor es de 50 mg/m<sup>3</sup>N.

<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 7</b>
Descripción de la medida	<b>Norma de emisión de MP para fuentes fijas</b>
A quién se aplica	Sector Industrial y Comercial que tengan caldera y que utilicen cualquier tipo de combustible
Fuente Nueva o Existente	Nuevas y Existentes
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI Salud IX Región
Quién la fiscaliza	SEREMI Salud IX Región
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la verificación de la realización de mediciones que se ajustan a los estándares establecidos en la norma de emisión.
Normativa e institucionalidad asociada	Código Sanitario Decreto Supremo N° 2467/1994 del MINSAL, que aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias. SEREMI de Salud Laboratorios de medición y/o ensayo
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	SI <ul style="list-style-type: none"> <li>• costo asociado a la disminución de producción</li> <li>• Costo de inversión, mantención y operación de conversión y/o equipos de abatimiento de material particulado (ciclón, precipitador electrostático, filtros, etc.)</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	SI <ul style="list-style-type: none"> <li>• costo asociado al diseño, implementación y fiscalización (control) de la norma.</li> <li>• Diseño, implementación y auditoria del plan de gestión.</li> <li>• Difusión de la norma y del plan de gestión.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica para cumplir con la norma de emisión (esta mejora puede ser por implementación de un filtro, un cambio de combustible, cambio en el proceso o cambio del equipo)

**MEDIDA 8: Cambio de combustible de leña a gas licuado en los edificios de propiedad del sector público.**

Esta medida tiene como objetivo reducir las emisiones de MP de los recintos públicos que utilizan leña como combustible. Adicionalmente esta Medida da una señal positiva hacia la comunidad y le permitirá a la autoridad reforzar otras medidas con su ejemplo.

<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 8</b>
Descripción de la medida	<b>Cambio de combustible de leña a gas licuado en los edificios de propiedad pública</b>
A quién se aplica	Todos los establecimientos de propiedad del sector público que utilizan leña como combustible
Fuente Nueva o Existente	Existentes
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MOP, MINVU, MINSAL
Quién la fiscaliza	MOP, MINVU, MINSAL
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	MOP, MINVU, MINSAL, según se trate de obras públicas, viviendas u hospitales, incorporan criterios ambientales descritos en la medida a sus procesos de licitación y emiten reportes periódicos a CONAMA sobre su estado de cumplimiento.
Normativa e institucionalidad asociada	Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza. Decretos Supremos N°355 y 397, ambos de 1976 del MINVU Ley 19937 sobre Autoridad Sanitaria
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	SI • Costo de inversión, mantención y operación del nuevo sistema de calefacción.
Implica un costo público (si/no)	SI • Costo de evaluación de la conversión. • Fiscalización
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica y cambio de combustible

\* Esta medida al ser aplicada a edificios de propiedad pública no queda tan claro si el costo de implementar esta medida es público o privado

**MEDIDA 9: Restringir el funcionamiento de calderas a leña, carbón y/o petróleo en tiempo crítico o de aumento de concentraciones**

Esta medida contempla una restricción al funcionamiento de aquellas calderas a leña, carbón, y/o petróleo que presenten las mayores emisiones. Se aplicaría a fuentes existentes y nuevas del sector industrial y calderas (servicios públicos y privados) en los periodos críticos de contaminación atmosférica, por tanto para hacer efectiva esta medida es necesario contar con un pronóstico de episodios críticos de concentraciones de PM10.

Dado que se restringirá a las mayores fuentes emisoras, deberá existir un registro de las emisiones de todas las fuentes con el fin de determinar cuales deberán acogerse a la paralización en los periodos críticos. El número de fuentes que deberá restringir su funcionamiento podrá obtenerse como:

- Un porcentaje de las mayores emisiones
- Aquellas sobre un valor límite de emisión
- Un número o porcentaje de fuentes emisoras por sector



Aspectos críticos de esta Medida son:

- i) Determinar el valor de emisión de corte según Nivel episódico. Para la RM son 32 mg/m<sup>3</sup> N en preemergencia y 28 mg/m<sup>3</sup> N en emergencia.
- ii) Contar con un modelo de pronóstico para PM10.

INFORMACION	MEDIDA 9
Descripción de la medida	<b>Restringir el funcionamiento de calderas a leña, carbón y/o petróleo en tiempo crítico o de aumento de concentraciones</b>
A quién se aplica	Sector Industrial y servicios públicos
Fuente Nueva o Existente	Existentes
Temporalidad	Episódicos
Quién la implementa	CONAMA, MINSAL, SEREMI de Salud IX Región
Quién la fiscaliza	SEREMI de Salud IX Región
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la verificación de la restricción de funcionamiento de la fuente in situ. Pueden incorporarse mecanismos de paralización de otras fuentes industriales o comerciales para las que la restricción de funcionamiento impliquen un menor costo.
Normativa e institucionalidad asociada	Código Sanitario Decreto Supremo N° 2467/1994 del MINSAL, que aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias. Decreto Supremo N° 138/2005, sobre Registro de Emisiones. SEREMI de Salud Laboratorios de medición y/o ensayo
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	SI <ul style="list-style-type: none"> <li>• costo del combustible alternativo para no dejar de producir.</li> <li>• Costo inversión (conversión o modificación) de hornos (hornos duales), mantención y operación de estos en períodos críticos.</li> <li>• Costo para la empresa que deja de producir</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	SI <ul style="list-style-type: none"> <li>• costo de diseño, difusión y fiscalización de la medida.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Prohibición de uso



## **FUENTES MÓVILES**

### **MEDIDA 10: Restricción de ingreso de los buses rurales e interurbanos al momento de la inscripción. Reducir la cantidad de años de antigüedad**

Esta medida restringe la circulación de buses rurales e interurbanos al momento de la inscripción. Para esto se requiere definir la antigüedad aceptable para dichos vehículos.

Ahora bien, para la aplicación de esta medida se debe tener claridad en los siguientes ítemes:

- a) El aporte o participación de las fuentes móviles en el MP10 en el área en que se aplicará el plan descontaminación corresponde al 1.4% y las fuentes residenciales aportan un 87%;
- b) En las medidas que se contienen en el PPDA de la RM, establecido mediante el D.S N° 58/2004 del MINSEGPRES, se asume en el cuadro del literal d) del artículo 2° que especifica los aportes de las fuentes reguladas, que las fuentes móviles participan con un 49% del material particulado y las fuentes residenciales con un 5%.
- c) La Ley 19300 en el literal f) del artículo 45 ordena que parte del contenido mínimo de un plan, es "la proporción en que deberán reducir sus emisiones las actividades responsables de la emisión de los contaminantes a que se refiere el plan, la que deberá ser igual para todas ellas".

Lo anterior implica, evaluar cuidadosamente la pertinencia de establecer restricciones a las fuentes móviles para evitar diferencias arbitrarias. Idea que se recoge en el artículo 5° de la Ley 19300 que impone "Las medidas de protección ambiental que, conforme a sus facultades, dispongan ejecutar las autoridades no podrán imponer diferencias arbitrarias en materia de plazos o exigencias".

Entre los instrumentos legales, están los preceptos de la Ley 18.696, que constituye un soporte relevante para la generación de adecuaciones a la materia arriba mencionada. Esta ley atribuye al MINTRATEL un rol esencial en la regulación del servicio público de transporte de pasajeros, dándole la flexibilidad instrumental necesaria en dicha gestión. Así, al permitir que en el ejercicio de la función pública se regulen las condiciones de operación del servicio, el establecimiento de la normativa técnica, etc., mediante la dictación de actos administrativos (decretos supremos y resoluciones ministeriales) se facilita la adaptación a nuevas condiciones y exigencias.

Al reducir el número de vehículos que circularán se espera reducir la emisión directa de contaminantes, y en especial de MP, no sólo por el número de fuentes sino también por su mejor tecnología. Adicionalmente se espera un tránsito más fluido disminuyendo congestiones que podrían agravar el problema.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 10</b>
Descripción de la medida	<b>Restricción de ingreso de los buses rurales e interurbanos al momento de la inscripción. Reducir la cantidad de años de antigüedad</b>
A quién se aplica	Transporte público
Fuente Nueva o Existente	Nueva
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Tal como se describe en la propia medida, la verificación de su cumplimiento se hace al momento de inscribirse los vehículos.
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo N° 212/1992 del MTT, Reglamento de los Servicios Nacionales de Transporte Público de Pasajeros.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	SI, Para los empresarios del transporte público. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de renovación de vehículos y/o máquinas.</li> <li>• Costo de seguros más altos.</li> <li>• Operación y mantención.</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	SI <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño, difusión y fiscalización de la medida.</li> <li>• Elaboración y mantención de un registro del parque automotriz, lo que facilitará el seguimiento de los vehículos.</li> </ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Restricción de uso asociado a la prohibición de circulación

### **MEDIDA 10A: Restricción de Fuentes Móviles en forma Preventiva**

Esta Medida se aplica sólo en episodios de contaminación. Un aspecto relevante de esta Medida es que requiere un Modelo de Pronóstico a fin de establecer en forma previa (con al menos 24 horas de anticipación) la necesidad de restringir la circulación de fuentes móviles. Al igual que en la RM, esta medida podría incluir la restricción de algunos dígitos (patentes), e ir incrementando el número de restricciones de acuerdo a la severidad del episodio.

<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 10A</b>
Descripción de la medida	<b>Restricción de Fuentes Móviles en forma Preventiva</b>
A quién se aplica	Transporte Público y Privado
Fuente Nueva o Existente	Existentes
Temporalidad	Episódicas
Quién la implementa	CONAMA; MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Mediante verificación en terreno en los días que aplique la medida.
Normativa e institucionalidad asociada	DS 82/93 y 211/91, ambos del MTT.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si, para aquellas fuentes móviles que deben dejar de circular y buscar un medio alternativo de transporte. Posible ahorro en combustible y desgaste del vehículo
Implica un costo público (si/no)	Si, de Diseño, implementación, fiscalización y difusión de la medida.
Mecanismo de reducción de emisión	Restricción de uso, lo que implica cero emisión.



**MEDIDA 11: Restringir la vida útil del Transporte público. A 18 años para buses urbanos y a 12 años para colectivos.**

Esta medida restringe la circulación del transporte público y colectivos existentes al momento de la inscripción de acuerdo a su antigüedad.

Por consiguiente, el análisis jurídico acerca de su implementación y fiscalización amerita las mismas consideraciones desarrolladas para el análisis de la medida 10 sobre buses rurales e interurbanos.

Los inventarios de emisiones desarrollados por SECTRA entregan las emisiones de MP desagregadas por tipo de vehículo (Buses, Camiones, Taxis, Vehículos particulares, Vehículos comerciales, y Motocicletas), sin embargo, para evaluar el potencial de reducción de esta Medida, se requerirá correr nuevamente el modelo de Emisiones (MODEM), sensibilizando por edad de los vehículos.

Lo anterior es un aspecto crítico para esta Medida, dado que el modelo MODEM es de propiedad de SECTRA y deberá esta unidad evaluar los distintos escenarios de emisiones por edad de la flota.

<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 11</b>
Descripción de la medida	<b>Restringir la vida útil del Transporte público. A 18 años para buses urbanos y a 12 años para colectivos.</b>
A quién se aplica	Transporte público
Fuente Nueva o Existente	Existentes
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	La verificación de su cumplimiento podría efectuarse al momento de inscribirse los vehículos.
Normativa e institucionalidad asociada	Artículo II. Decreto Supremo N° 212/1992 del MTT, Reglamento de los Servicios Nacionales de Transporte Publico de Pasajeros
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	SI, Para los empresarios del transporte público. <ul style="list-style-type: none"><li>• Costo de renovación de vehículos y/o máquinas.</li><li>• Costo de seguros más altos.</li><li>• Operación y mantención.</li></ul>
Implica un costo público (si/no)	SI, Diseño, difusión y fiscalización de la medida. Elaboración y mantención de un registro del parque automotriz, lo que facilitará el seguimiento de los vehículos.
Mecanismo de reducción de emisión	Restricción de uso asociado a la prohibición de circulación



### **MEDIDA 12: Congelar el parque de locomoción colectiva de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.**

Esta Medida consiste en limitar el número de taxis y colectivos que circulan por las comunas de Temuco y Padre Las Casas, similar al congelamiento de este parque en Santiago.

La medida se implementa generando un mecanismo de empadronamiento o registros especiales de taxis y colectivos que cumplen determinados requisitos, entre los que sería necesario incorporar variables ambientales. En consecuencia, sólo ellos tienen permitido circular por un determinado perímetro. Para ello se requeriría que el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones dictará una norma en tal sentido, correspondiéndole a dicha cartera su fiscalización y control.

Un aspecto a considerar es que de acuerdo a los dos últimos estudios de demanda de transporte realizados por el SECTRA, se observa una disminución del número de viajes realizados por los vehículos en las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 12</b>
Descripción de la medida	<b>Congelar el parque de locomoción colectiva de las comunas de Temuco y Padre Las Casas</b>
A quién se aplica	Transporte público locomoción mayor y menor (buses y colectivos)
Fuente Nueva o Existente	Existentes
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Se verificación su cumplimiento a través de la conformación de registros especiales (empadronamiento).
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo Nº 212/1992 del MTT, Reglamento de los Servicios Nacionales de Transporte Publico de Pasajeros
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	No, siempre cuando se regule la tarificación del transporte público, ya que si no se regula, puede existir un alza del precio para los usuarios finales.
Implica un costo público (si/no)	Si, <ul style="list-style-type: none"><li>• Creación y mantención de un registro del parque automotriz.</li><li>• Fiscalización de la medida</li></ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Prohibición de uso al congelar las fuentes emisoras

### **MEDIDA 13: Ampliar o abrir homologación de marcas y modelos de vehículos para la reconversión a gas.**

Esta Medida pretende ampliar la base de marcas y modelos de vehículos que pueden ser reconvertidos a gas.

Le corresponde a la Subsecretaría de Transportes la conformación, mantención y actualización de un listado o registro de marcas y modelos reconvertidos a gas.



La contaminación de la Región Metropolitana ha constituido el motor impulsor de los sistemas de homologación de vehículos con reconversión a gas y, desde el punto de vista jurídico, la reglamentación es suficiente para la implementación y fiscalización de la medida. En efecto, el Decreto Supremo N° 55 de 1998 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, establece los requisitos para el empleo de gas natural comprimido como combustible en los vehículos que expresamente indica y el Decreto Supremo N° 156 de 1990 del mismo Ministerio, reglamenta las revisiones técnicas y la autorización y funcionamiento de las Plantas de Revisión Técnica.

Cabe destacar que la Subsecretaría de Transportes mantiene un listado de marcas y modelos reconvertidos a gas. De esa base de datos se desprende que hay una gran variedad de marcas y modelos actualmente homologados para reconversión a gas, por tanto se debe estudiar la composición del parque vehicular en Temuco y Padre Las Casas a fin de determinar si existen marcas y/o modelos no incluidos en las bases actuales de la Subsecretaría de Transportes.

<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 13</b>
Descripción de la medida	<b>Ampliar o abrir homologación de marcas y modelos de vehículos para la reconversión a gas.</b>
A quién se aplica	Vehículos de transporte público y particulares
Fuente Nueva o Existente	Nuevos y Existentes
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la Subsecretaría de Transportes y su Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), que ya cuenta con procedimientos de homologación de vehículos.
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo N° 55/1998 del MTT, que establece Requisitos para el empleo de gas natural comprimido como combustible en vehículos que indica. Decreto Supremo N° 156/1990 del MTT, que Reglamenta Revisiones Técnicas y la Autorización y Funcionamiento de las Plantas Revisoras. Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV). Plantas de Revisión
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. Dueño del vehículo. <ul style="list-style-type: none"><li>• Compra del kit de conversión; mayores impuestos anuales que los vehículos a PD y gasolina. (este costo es relativo, ya que sobre los 30.000 [Km] el precio del gas compensa el impuesto).</li></ul> Implementación de plantas de revisión técnica equipadas. <ul style="list-style-type: none"><li>• Homologación de marcas y modelos</li></ul>
Implica un costo público (si/no)	Si, Disminución de recaudación de impuestos por Gas v/s PD y gasolinas, dependiendo del tipo de vehículo u uso. <ul style="list-style-type: none"><li>• Homologación de marcas y modelos.</li></ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora Tecnológica



### **MEDIDA 14: Mejor calidad de los combustibles líquidos**

Aún cuando existe una resolución de la SEC que establece mejoras en los combustibles, esta Medida está orientada a explorar mejoras adicionales y/o acelerar la aplicación de la norma, sin embargo, dado el reducido mercado de Temuco y Padre Las Casas, no se justifica una calidad especial de combustible para estas Comunas. Por tanto se considera extender la aplicación de los combustibles líquidos que se expendan en la RM a estas Comunas.

Un aspecto crítico es que el mayor precio de los combustibles líquidos hará que un sector de la población prefiera comprar combustible en comunas aledañas. Aún cuando existe un costo de transporte para adquirir combustible fuera de Temuco y Padre Las Casas, podría aún ser conveniente para la población.

La determinación de las especificaciones de combustibles líquidos y gaseosos le corresponde al Ministerio de Economía y su fiscalización es materia de competencia de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Al respecto, cabe señalar que el Decreto Supremo N° 133 de 2004 del Ministerio de Economía, establece los requisitos de calidad que deben cumplir los combustibles líquidos derivados del petróleo en todo el país, a excepción de la Región Metropolitana. Este decreto establece en su artículo 2° que en las regiones o zonas en las que se apruebe un plan de descontaminación, pueden exigirse especificaciones de calidad de combustibles distintas a las señaladas en esta norma.

Por su parte, el Decreto Supremo N° 58 de 1998 de MINSEGPRES, que lleva la firma del Ministro de Economía, y que contiene el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, determina las especificaciones de calidad que deben tener los combustibles que se expendan en dicha región, las que por supuesto son bastante más estrictas que las que rigen para el resto del país.

En consecuencia, desde una visión estrictamente jurídica, la futura aprobación del nuevo Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas, permitirá la aplicación de mejores especificaciones de calidad que los combustibles líquidos que hoy día tienen esas comunas, asimilándose a la calidad de combustibles utilizados en la Región Metropolitana. Bastaría con incorporar en el Plan de Descontaminación una norma similar a la que se encuentra contenida en el Capítulo III, artículos 10 y siguientes del PPDA de la RM.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 14</b>
Descripción de la medida	<b>Mejor calidad de los combustibles líquidos</b>
A quién se aplica	A empresas distribuidoras de Combustible Líquidos
Fuente Nueva o Existente	Nuevos y Existentes
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MINECON, SEC
Quién la fiscaliza	SEC
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Mediante el ejercicio de las facultades de control de la Superintendencia sobre la producción, almacenamiento, transporte y distribución de combustibles líquidos. Realización de muestreos a los combustibles.
Normativa e institucionalidad asociada	Ley N° 18410, Orgánica de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Decreto Supremo N° 133 de 2004 del Ministerio de Economía, que establece especificaciones de la calidad de los combustibles que indica. Decreto Supremo N° 132 de 1979 del Ministerio de Minería, que establece normas técnicas, de calidad y de procedimiento de control aplicables al petróleo crudo, a los combustibles derivados de éste y a cualquier otra clase de combustibles.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para Refinerías y empresas distribuidoras.</li> <li>• Costo en distribución del combustible. Posible costo de producción de combustible en ENAP Refinerías Bio-Bio.(Diesel Ciudad)</li> <li>• Adquisición de instrumentos (análisis) de instrumentos para la fiscalización y control por parte de las compañías distribuidoras de combustible.</li> </ul>
Implica un costo público (si/no)	No.
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora del combustible

### **MEDIDA 15: Norma de emisión MP para vehículos nuevos pesados, medianos y livianos que utilizan Petróleo Diesel.**

Al igual que la Medida 14, esta implica adoptar la norma de emisión de MP para vehículos nuevos pesados, medianos, y livianos, contenida en el PPDA de la RM.

La aplicación de esta medida tiene por objeto reducir la emisión directa de contaminantes, y en especial de MP10, cuestión que se logra por la introducción de tecnologías para motores menos contaminantes y por la utilización de combustibles de mejor calidad.

Desde el punto de vista de la regulación jurídica, es fundamental tener presente la experiencia en esta materia de la Región Metropolitana, que incorporó importantes modificaciones para la renovación y mejora tecnológica tanto del transporte público como privado, particularmente en materia de normas de emisión para vehículos.



En efecto, el Decreto Supremo Nº 58 de 2004 del Ministerio Secretaría Regional de la Presidencia, en lo que a medidas de transporte público y privado se refiere, puso el eje central en el establecimiento de normas de emisión para motores, que implican la utilización de determinados estándares tecnológicos, así como el uso de combustibles menos contaminantes y de mejor calidad.

Como ya fuera objeto de análisis, la herramienta para lograr la renovación del transporte público la constituyen las bases de licitación que efectúa el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, de conformidad con las exigencias que el nuevo plan de descontaminación de Temuco y Padre Las Casas establezca. Es en el propio plan donde deben indicarse las fechas y cronogramas previstos para el cumplimiento de las normas de emisión, lo que permite lograr que se dejen de utilizar buses de cierta antigüedad, en consideración a que no adecuan a las nuevas tecnologías que son el sustento de la norma de emisión, y en consecuencia, obtener las esperadas reducciones de emisiones.

La fiscalización y control de estas normas le corresponde al Ministerio de Transporte, a través de la Subsecretaría, su Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV) y las Plantas de Revisión Técnica.

Corresponde tener presente que, las normas de emisión se aplican, por su propia naturaleza, a un tipo de fuente emisora en particular, y constituyen uno de los distintos mecanismos o instrumentos que permiten alcanzar las metas establecidas para cada actividad.

Asimismo, en los N°s. 2 y 22 del artículo 19, la Constitución Política se asegura a todas las personas, la igualdad ante la ley y que ni la ley ni autoridad alguna podrán establecer diferencias arbitrarias, el primero, y la no discriminación arbitraria en el trato que deben dar el Estado y sus organismos en materia económica, el segundo, garantías que se ven complementadas en la materia de que se trata por el artículo 5° de la Ley Nº 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que determina que las medidas de protección ambiental que, conforme a sus facultades, dispongan ejecutar las autoridades no podrán imponer diferencias arbitrarias en materia de plazos o exigencias.

Finalmente, conforme a la legislación vigente las normas de emisión pueden señalar un ámbito territorial de aplicación, ello, de acuerdo con el artículo 40 de la aludida Ley Nº 19.300, exige considerar en su elaboración "las condiciones y características ambientales propias de la zona en que se aplicarán", requisito que se requiere concorra.

Un aspecto crítico será la implementación de un instrumento económico para acelerar el cambio tecnológico que esta medida persigue.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 15</b>
Descripción de la medida	<b>Norma de emisión MP para vehículos nuevos pesados, medianos y livianos que utilizan Petróleo Diesel.</b>
A quién se aplica	A Vehículos particulares pesados, medianos y livianos que utilizan PD
Fuente Nueva o Existente	Nuevos
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la Subsecretaría de Transportes y su Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV).
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo Nº 156/1990 del MTT, que Reglamenta Revisiones Técnicas y la Autorización y Funcionamiento de las Plantas Revisoras. Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV). Plantas Revisoras
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. Para dueños de vehículos (transporte público y particulares). <ul style="list-style-type: none"><li>• Inversión (implementación) y operación de centros de revisión técnica.</li><li>• Realización de mantenciones periódicas.</li></ul>
Implica un costo público (si/no)	Si. <ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboración, implementación y difusión de la norma.</li><li>• Fiscalización.</li></ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica para cumplir con la norma de emisión (esta mejora puede ser por implementación de un filtro, un cambio de combustible, cambio en el proceso o cambio del equipo)

**MEDIDA 16: Norma de emisión para buses de transporte público (ver DS 130/2002 de la RM)**

Dada la experiencia y disponibilidad tecnológica de los buses que circulan por la Región Metropolitana, se propone adoptar la norma de emisión para buses del transporte público de Santiago, vigente en el Decreto Supremo Nº 130 de 2002 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

El análisis de la normativa, la forma de implementación de la medida, así como su fiscalización y control fueron desarrolladas para la medida anterior.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 16</b>
Descripción de la medida	<b>Norma de emisión para buses de transporte público (ver DS 130/2002 de la RM)</b>
A quién se aplica	Buses de locomoción colectiva
Fuente Nueva o Existente	Nueva
Temporalidad	Permanente
Quién la implementa	CONAMA, MTT
Quién la fiscaliza	MTT
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	A través de la Subsecretaría de Transportes y su Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV).
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo N° 156/1990 del MTT, que Reglamenta Revisiones Técnicas y la Autorización y Funcionamiento de las Plantas Revisoras. Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV). Plantas Revisoras.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	SI. Para dueños de Buses de locomoción colectiva. <ul style="list-style-type: none"><li>• Realización de mantenciones periódicas.</li><li>• Aumento de inversión en vehículos que no cumplan con la normativa.</li></ul>
Implica un costo público (si/no)	Si, Elaboración, implementación y difusión de la norma. <ul style="list-style-type: none"><li>• Fiscalización</li></ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Mejora tecnológica para cumplir con la norma de emisión (esta mejora puede ser por implementación de un filtro, un cambio de combustible, cambio en el proceso o cambio del equipo)

## **QUEMAS**

### **MEDIDA 17: Prohibición de quemas desde el 15 de abril al 31 de agosto en el área de influencia.**

Dado que el periodo en que se registran las más altas concentraciones de PM10 corresponde al comprendido entre los meses de Abril a Septiembre, esta medida tiende a controlar una de las fuentes que aportan materia particulada a las zonas declaradas saturadas.

Dado que el problema de saturación por PM10 en Temuco y Padre Las Casas esta en la métrica diaria (norma 24 horas) tiene más sentido el prohibir las quemas en periodos episódicos más que en un lapso de tiempo definido.

Aun cuando la restricción de quemas agrícolas que contendrá el PDA podrá tener efecto solo en las comunas declaradas saturadas, se reconoce las quemas agrícolas realizadas en las comunas aledañas también impactan en la calidad del aire de la zona saturada.

Esta Medida podría tener un efecto menor, toda vez que los registros históricos de CONAF indican que alrededor del 85% de las quemas agrícolas se concentran en el mes de Marzo de cada año.



En relación a esta medida existen dos decretos supremos relevantes para el análisis jurídico en materia de quemas controladas, a saber, el decreto Supremo N° 276 de 1980, Reglamento sobre Roce a Fuego, y el Decreto Supremo N° 100 de 1990, que Prohíbe el empleo del fuego para destruir la vegetación en las provincias que indica, ambos son del Ministerio de Agricultura.

El primero de ellos, establece los requisitos y la época en que el roce a fuego puede ejecutarse, y su fundamento es evitar la ocurrencia de incendios por esta causa. Esta norma regula el uso del fuego para la destrucción de la vegetación que tenga por objeto la preparación de terrenos para cultivos agrícolas inmediatos, faenas silvopecuarias en terrenos forestales y otros trabajos similares, principalmente en el período estival a objeto de evitar que se produzcan incendios forestales y para ello crea un régimen de quemas controladas, incorporando condiciones y requisitos para tales quemas.

La fiscalización del cumplimiento de este decreto le corresponde a la Corporación Nacional Forestal, al Servicio Agrícola y Ganadero y a Carabineros de Chile, sin perjuicio de la acción pública que conceda la Ley de Bosques.

Por su parte, el Decreto Supremo N° 100, establece dos prohibiciones:

1) Prohíbe desde el 1° de Mayo al 31 de Agosto de cada año, en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de todas las provincias de la Región Metropolitana de Santiago y en la Provincia de Cachapoal de la VI Región, el uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales, y, en general, para cualquier quema de vegetación viva o muerta que se encuentre en dichos terrenos.

2) Prohíbe en todo el territorio nacional, la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes para la agricultura como práctica para prevenir o evitar los efectos de las heladas.

Esta norma a diferencia del Decreto Supremo N° 276 tiene entre sus considerandos (fundamentos), el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y se fundamenta en la condición de saturación de la Región Metropolitana, sin embargo, no señala a quien queda encomendada su fiscalización.

No obstante, en razón de que se trata de una misma materia y que tiene como fundamento legal la Ley de Bosques y normas de control para la agricultura, se estima que ello debiera corresponderle a las autoridades a que se refiere el artículo 11 del Decreto Supremo 276, es decir, CONAF, SAG y Carabineros de Chile.

En consecuencia, la implementación y aplicación de una medida como la enunciada, requeriría de una modificación de esta norma, en el mismo decreto que establece el plan de descontaminación, ampliado la restricción de quemas a las comunas de Temuco y Padre Las Casas, debiendo concurrir a la firma del decreto el Ministro de Agricultura.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 17</b>
Descripción de la medida	<b>Prohibición de quemas desde el 15 de abril al 31 de agosto en el área de influencia.</b>
A quién se aplica	Agricultores o forestales que utilizan el fuego para eliminación de desechos.
Fuente Nueva o Existente	Nueva
Temporalidad	Período dado por la Medida
Quién la implementa	CONAMA, SAG, CONAF
Quién la fiscaliza	SAG, CONAF, CARABINEROS DE CHILE
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Mediante verificación in situ
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo N° 276/1980 del MINAGRI, que reglamenta las Quemadas Controladas. Decreto Supremo N° 100/1990 del MINAGRI, que prohíbe el empleo del fuego para destruir la vegetación en las provincias que indica.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	Si. • Costo de buscar e implementar otras alternativas de manejo de residuos (compostaje, retiro, etc).
Implica un costo público (si/no)	Si. • Fiscalización y difusión.
Mecanismo de reducción de emisión	Prohibición de uso (quema), lo que implica cero emisión por este concepto.

### **MEDIDA 18: Prohibición de quemas en episodios de contaminación en el área de influencia.**

Esta medida podría reemplazar la anterior o bien aplicar para el periodo de tiempo que quede fuera de la medida 17. Su implementación está asociada a un Plan de quemas.

Esta Medida tiende a reducir en forma preventiva, el impacto de las quemas agrícolas sobre la calidad del aire en las comunas declaradas saturadas por PM10.

Para la implementación de esta medida es necesario contar con un pronóstico de episodios críticos en los cuales se decretará la prohibición de quemas en las áreas de influencia.

Un aspecto a considerar es la amplitud areal de esta Medida, la cual debería incluir a comunas aledañas a Temuco y Padre Las Casas.

Desde el punto de vista de su análisis jurídico, se tienen en cuenta las consideraciones y conclusiones indicadas para la medida anterior en lo que sea aplicable.



<b>INFORMACION</b>	<b>MEDIDA 18</b>
Descripción de la medida	<b>Prohibición de quemas en episodios de contaminación en el área de influencia.</b>
A quién se aplica	Agricultores o forestales que utilizan fuego para eliminar desechos.
Fuente Nueva o Existente	Nueva
Temporalidad	Episódica
Quién la implementa	CONAMA, SAG, CONAF
Quién la fiscaliza	SAG, CONAF, CARABINEROS DE CHILE
Cómo se fiscalizaría o verificaría su cumplimiento	Mediante verificación in situ
Normativa e institucionalidad asociada	Decreto Supremo N° 276/1980 del MINAGRI, que reglamenta las Quemadas Controladas. Decreto Supremo N° 100/1990 del MINAGRI, que prohíbe el empleo del fuego para destruir la vegetación en las provincias que indica.
Implica un costo privado (si/no) Para quién?	No. Ya que en este caso la quema sólo se pospone mientras dura el episodio.
Implica un costo público (si/no)	Si, Difusión de la medida: La población debe conocer la existencia de esta medida. <ul style="list-style-type: none"><li>• Información del episodio crítico: La población toma conocimiento del día en que no debe realizar quemas, esta medida puede llevarse a cabo a través de medios de comunicación regionales.</li><li>• Fiscalización.</li></ul>
Mecanismo de reducción de emisión	Prohibición de uso (quema), lo que implica cero emisión por este concepto.



#### 4.- ESTIMACION DEL POTENCIAL DE REDUCCION DE EMISIONES DE PM10

En este capítulo se realiza el cálculo del potencial de reducción de emisiones para cada una de las 24 Medidas definidas en el Capítulo 3. Este cálculo considera el 100% de penetración de las Medidas para los años 2004, 2008, 2012, y 2016. Este análisis permitió estimar la máxima reducción que se esperaría al implementar cada una de las Medidas en forma individual. Esto permitió seleccionar aquellas Medidas con algún impacto significativo en la reducción de emisiones.

La estimación del potencial de reducción de emisiones de PM10 se ha calculado para Medidas permanentes y episódicas. Para las Medidas permanentes se ha estimado su reducción anual y durante un día de invierno típico. Para las Medidas episódicas, el cálculo se realizó sólo para un día invernal típico.

A fin de que las medidas que se apliquen en períodos episódicos logren el objetivo de evitar exposiciones de MP que pongan en riesgo la salud de la población de Temuco y Padre Las Casas, es necesario evaluar la frecuencia de ocurrencia de dichos episodios.

Las Tablas IV.1 y IV.2 muestran la frecuencia de eventos anuales sobre 150, 195, 240, y 330  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (límites definidos en el DS 59/98 para el valor de la norma, de alerta, preemergencia, y emergencia respectivamente) durante los años 2001 al 2004 registrados en la estación Las Encinas de Temuco (LET) y desde el año 2003 al 2004 en la estación Padre Las Casas (PLC).

**Tabla IV.1 Número de eventos por año estación LET**

Evento	[PM10] $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2001	2002	2003	2004
Norma	$\geq 150$	13	5	8	15
Alerta	$\geq 195 \leq 239$	4	2	0	4
Pre-emergencia	$\geq 240 \leq 329$	1	1	1	1
Emergencia	$\geq 330$	0	0	0	0

**Tabla IV.2 Número de eventos por año estación PLC**

Evento	[PM10] $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2003	2004
Norma	$\geq 150$	0	6
Alerta	$\geq 195 \leq 239$	0	2
Pre-emergencia	$\geq 240 \leq 329$	0	0
Emergencia	$\geq 330$	0	0

Las Tablas anteriores muestran que nunca han ocurrido eventos de Emergencia por PM10, y que las Pre-emergencias ocurren con baja frecuencia. Por tanto para fines de este estudio, se considera la aplicación de medidas preventivas cuando un modelo de pronóstico indique concentraciones  $\geq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dado que la normativa existente considera los valores episódicos mostrados en la Tabla IV.1, y estos no son modificables (a menos que se cambie la norma, DS 59/98), estas Medidas tendrán sólo un carácter voluntario.



Aún cuando interesa el porcentaje de reducción de emisiones de cada Medida con respecto al total de emisiones en Temuco y Padre Las Casas, se entrega también el porcentaje de reducción respecto al total de emisiones del sector evaluado (Residencial y Planificación Territorial, Industrial y Comercial, Móviles, Quemadas). Los cálculos se han hecho considerando la emisión anual y para un día típico de invierno.

La estimación del potencial de reducción de emisiones de PM10 se realizó para los años, 2004, 2008, 2012, y 2016, sólo considerando el crecimiento de las emisiones debidas al sector Residencial [1]. Lo anterior se debe a que no se dispone de información para proyectar las emisiones de los otros sectores, sin embargo, y dado que el sector residencial es el que aporta el 87% de las emisiones de PM10, la omisión de los otros sectores es menor.

#### 4.1. MEDIDAS APLICADAS AL SECTOR RESIDENCIAL

La evaluación del potencial de reducción de emisiones de PM10 de cada una de las medidas propuestas para el Sector Residencial como posibles candidatos a incorporar en el Plan de descontaminación atmosférica de las comunas de Temuco (TCO) y Padre Las Casas (PLC), considera el año 2004 como base y cortes temporales en los años 2008, 2012, y 2016. La Tabla IV.3 muestra la evolución de las emisiones sin Medidas (BAU: business as usual). La evolución de emisiones del sector residencial se obtuvo utilizando el modelo Emisiones.xls [1]. Se ha considerado el análisis de las emisiones anuales y para un día típico de invierno. Esto debido a que el problema de PM10 en Temuco y Padre Las Casas es por la métrica de 24 horas, y en período de otoño-invierno. Esta subdivisión de las emisiones por período permite además comparar los potenciales de reducción de emisiones de PM10 para medidas que sean permanentes con episódicas.

**Tabla IV.3 Evolución de las emisiones de PM10 considerando el caso base**

Emisión de PM10 caso BAU	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total Emisiones en TCO y PLC (ton/año)	3737	3850	4024	4276
Total Emisiones un día de Invierno (ton/d)	27.5	28.4	29.8	31.9
Total Residencial (ton/año)	3238	3351	3525	3777
Residencial día Invierno (ton/d)	26.0	27.0	28.4	30.4

##### ° **MEDIDA 1 (M1)**

#### **Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido**

Se cumplirá NCh 2907: combustible sólido leña-requisitos.

Esta Medida está orientada a la venta y consumo de leña seca en sus distintas etapas, desde el productor hasta el distribuidor final así como al usuario de la leña. El potencial de reducción de emisiones asociado a esta medida, se estimó utilizando el modelo Emisiones.xls con un consumo de leña seca del 100% para calefacción y cocinas por parte del sector residencial. Las Tablas IV.4 y IV.5 muestran las emisiones de PM10 y el porcentaje de reducción alcanzado al aplicar la Medida, respectivamente.

**Tabla IV.4 Total emisiones de PM10 considerando M1 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M1	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3039	3065	3139	3268
Total Residencial (ton/año)	2540	2566	2640	2769
Diaria (ton/día)	21.9	22.1	22.7	23.8

**Tabla IV.5 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M1**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	18.7	20.4	22.0	23.6
Total Residenciales	21.6	23.4	25.1	26.7
Total de emisiones de un día de invierno	20.4	22.2	23.8	25.4

o **MEDIDA 2 (M2)**

**Implementar de manera obligatoria catalizadores en las estufas a leña.**

Para esta Medida se estimó el potencial de reducción de emisiones asumiendo el uso de un catalizador en los sistemas de calefacción (estufas). Considerando que la emisión de PM10 para estufas catalíticas es de 5.1 g/kg [3] y reemplazando dicho factor en el modelo Emisiones.xls, se obtuvo la emisión total y el potencial de reducción de PM10 de esta medida que se muestra en las Tablas IV.6 y IV.7, respectivamente.

**Tabla IV.6 Total emisiones de PM10 considerando M2 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M2	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3056	3024	3041	3106
Total Residencial (ton/año)	2557	2525	2542	2607
Diaria (ton/día)	22.0	21.8	21.9	22.4

**Tabla IV.7 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M2**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	18.2	21.5	24.4	27.4
Total Residenciales	21.0	24.6	27.9	31.0
Total de emisiones de un día de invierno	20.0	23.2	26.5	29.8



### ◦ **MEDIDA 3 (M3)**

#### **Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña.**

Esta Medida se aplica en forma permanente e impide el funcionamiento de chimeneas. Para la evaluación del potencial de reducción de esta Medida, se supone que habrá un reemplazo por parte de los usuarios de chimeneas por otro sistema de calefacción, en este caso se asume la preferencia de Salamandras por ser la alternativa permitida más barata del mercado.

Utilizando el modelo Emisiones.xls con modificación de los factores emisivos de las chimeneas que fueron reemplazados por los factores de emisión de las salamandras, 8.5 y 15.9 g/kg para leña seca y húmeda respectivamente, se estimó la emisión de PM10 que se obtendría al aplicar esta medida. Los resultados se muestran en las Tablas IV.8 y IV.9.

**Tabla IV.8 Total emisiones de PM10 considerando M3 por año y período**

<b>Emisión de PM10 Medida M3</b>	<b>Años</b>			
	<b>2004</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>	<b>2016</b>
Total (ton/año)	3712	3817	3985	4228
Total Residencial (ton/año)	3213	3318	3486	3729
Diaría (ton/día)	27.3	28.2	29.5	31.5

**Tabla IV.9 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M3**

<b>% de Reducción de Emisión respecto al:</b>	<b>Años</b>			
	<b>2004</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>	<b>2016</b>
Total de emisiones	0.7	0.9	1.0	1.1
Total Residenciales	0.8	1.0	1.1	1.3
Total de emisiones de un día de invierno	0.7	0.7	1.0	1.3

### ◦ **MEDIDA 3A (M3A)**

#### **Restricción voluntaria de Fuentes Residenciales a leña utilizadas para calefacción en episodios de contaminación.**

Esta medida pretende reducir en forma voluntaria las emisiones de MP provenientes de los sistemas de calefacción residencial (chimeneas, salamandras, estufas) en episodios de contaminación ( $[PM_{10}] > 150 \mu g/m^3$ ), por tanto el potencial de reducción de emisiones asociado a esta medida estará restringido al número de días en que ocurran dichos episodios.

Dado que los episodios críticos de contaminación por PM10 se concentran en los meses más fríos del año (Otoño-Invierno), se determina la emisión promedio de un día de invierno en el que eventualmente se podrá presentar un episodio y por tanto hacer efectiva esta medida.

Considerando que en invierno el consumo de leña es un 74% del total anual [4], se calculó la emisión promedio de PM10 para un día típico de invierno (ver Tabla IV.3).

Utilizando el modelo Emisiones.xls con transformación de las ton/año de PM10 en toneladas para un día de invierno y anulando las emisiones provenientes del sistema de calefacción, se obtuvo las emisiones totales de PM10 asociadas a esta medida.



La Tabla IV.10 muestra las emisiones que se obtienen al aplicar la paralización a los sistemas de calefacción residencial en un episodio crítico de contaminación y el potencial de reducción (%) asociado a esta medida, se muestra en la Tabla IV.11.

**Tabla IV.10 Total emisiones de PM10 considerando M3A por año y período**

Emisión de PM10 Medida M3A	Años			
	2004	2008	2012	2016
Diaria (ton/día)	15.5	13.4	12.4	11.5

**Tabla IV.11 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M3A**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones de un día de invierno	43.6	52.8	58.4	63.9

◦ **MEDIDA 3B (M3B)**

**Restricción voluntaria de Cocinas a leña en episodios de contaminación**

Esta medida pretende reducir las emisiones de MP provenientes de las cocinas a leña en episodios de contaminación ( $[PM_{10}] > 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), por tanto el potencial de reducción de emisiones asociado a esta medida estará restringido al número de días en que ocurran dichos episodios.

Dado que los episodios críticos de contaminación por PM10 se concentran en los meses más fríos del año (Otoño-Invierno), se determina la emisión promedio de un día de invierno en el que eventualmente se podrá presentar un episodio y por tanto hacer efectiva esta medida.

Considerando que en invierno el consumo de leña es un 74% del total anual [4], se calculó la emisión promedio de PM10 para un día típico de invierno (ver Tabla IV.3).

Utilizando el modelo Emisiones.xls con transformación de las ton/año de PM10 en toneladas para un día de invierno y anulando las emisiones provenientes de las cocinas a leña, se obtuvo las emisiones totales de PM10 asociadas a esta medida.

La Tabla IV.12 muestra las emisiones que se obtienen al aplicar la paralización de las cocinas a leña en un episodio crítico de contaminación y el potencial de reducción (%) asociado a esta medida, se muestra en la Tabla IV.13.

**Tabla IV.12 Total emisiones de PM10 considerando M3B por año y período**

Emisión de PM10 Medida M3B	Años			
	2004	2008	2012	2016
Diaria (ton/día)	13.5	16.4	18.4	22.5



**Tabla IV.13 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M3B**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones de un día de invierno	50.9	42.3	38.3	29.5

o **MEDIDA 4 (M4)**

**Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión.**

Como la Norma de Emisión de Material Particulado Respirable (PM10) para Artefactos de Combustión Residencial de Leña se encuentra en elaboración y estará lista a fines del 2006, para efecto de evaluar el potencial de reducción de esta medida se asume el valor de la norma de emisión para estufas de la USEPA cuyo valor es de 7.5 g PM/Kg leña (M4). Adicionalmente se evalúa esta medida considerando la norma propuesta por el Dr. Thomas Nussbaumer (TN) [15], la cual considera un valor de 60 mg/m<sup>3</sup> de PM, el cual corresponde a 0.72 g PM/Kg leña al considerar una tasas de quemado de 1 kg leña/hr (M4\*).

Utilizando el Modelo Emisiones.xls [8] se calcularon las emisiones residenciales para ambas normas. Los resultados al considerar la norma de la USEPA se muestran en las Tablas V.14 y V.15, y los resultados utilizando la norma más estricta, propuesta por Thomas Nussbaumer se muestran en las tablas IV.16 y IV.17.

**Tabla IV.14 Total emisiones de PM10 - M4 por año y período: Norma USEPA**

Emisión de PM10 Medida M4	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3053	3025	3044	3113
Total Residencial (ton/año)	2554	2526	2545	2614
Diaria (ton/día)	22.0	21.8	21.9	22.5

**Tabla IV.15 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M4: Norma USEPA**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	18.3	21.4	24.4	27.2
Total Residenciales	21.1	24.6	27.8	30.8
Total de emisiones de un día de invierno	20.0	23.2	26.5	29.5

**Tabla IV.16 Total emisiones de PM10 - M4\* por año y período: Norma TN**

Emisión de PM10 Medida M4	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	2315	2135	1986	1855
Total Residencial (ton/año)	1816	1636	1487	1356
Diaria (ton/día)	16.1	14.6	13.4	12.4

**Tabla IV.17 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M4\*: Norma TN**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	38.1	44.5	50.6	56.6
Total Residenciales	43.9	51.2	57.8	64.1
Total de emisiones de un día de invierno	41.5	48.6	55.0	61.1

**o MEDIDA 4A (M4A)****Reemplazo de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado.**

La Medida considera el reemplazo de todas las cocinas a leña por cocinas a gas. Dado que las cocinas son utilizadas además para calefaccionar la vivienda, se debe considerar un consumo adicional de leña en algún sistema de calefacción alternativo para suplir esa deficiencia. Para el cálculo del potencial de reducción de esta medida se estimó la emisión de Material Particulado proveniente de las cocinas a gas, utilizando el modelo Emisiones.xls (hoja M4) modificado, que considera un consumo promedio de gas por hogar de 396 kg/año y un factor emisor de PM10 de 0.034 kg/m<sup>3</sup>. [5].

Para estimar la emisión debida al sistema alternativo que se debe utilizar para calefaccionar el hogar (en ausencia de cocinas), se han considerado dos supuestos. Uno de ellos es que el sistema de calefacción alternativo será la salamandra, y el otro dice relación con el consumo de leña requerido para compensar el calor de las cocinas a leña que serán reemplazadas por cocinas a gas. Para esto se asume que un 48.4% del consumo de leña de las cocinas, será utilizado por salamandras [11]

Las Tablas V.18 y V.19 resumen la información.

**Tabla IV.18 Total emisiones de PM10 considerando M4A por año y período**

Emisión de PM10 Medida M4A	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	2954	3208	3511	3886
Total Residencial (ton/año)	2455	2709	3012	3387
Diaria (ton/día)	21.2	23.3	25.7	28.7

**La Tabla IV.19 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M4A**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	21.0	16.7	12.7	9.1
Total Residenciales	24.2	19.2	14.6	10.3
Total de emisiones de un día de invierno	22.9	18.0	13.8	10.0

**o MEDIDA 5 (M5)****Norma aislamiento térmica vivienda nueva: muros, ventanas y pisos.**

Esta medida reduce el consumo de combustible (leña) para calefaccionar la vivienda debido a una mejora en la aislación térmica del la techumbre (Etapa 1) y de la envolvente (Etapa 2) del hogar. El cálculo del potencial de reducción de emisiones debido a esta Medida, se realizó para cada Etapa por separado. Se simuló además una aislamiento térmica mejorada denominada Etapa 3.

Para determinar el consumo de leña, se asumió una vivienda social tipo en Temuco, cuyas características se encuentran en Anexo C. Con esta vivienda tipo, se realizaron las simulaciones para estimar el ahorro de energía al considerar las especificaciones técnicas contenidas en el DS N° 192/2005 el cual modifica el DS N°47/1992 del MINVU. La simulación consideró los requerimientos energéticos para lograr un confort térmico de 21°C, para la situación base y para cada Etapa de la norma de aislamiento térmico. Los resultados se muestran en la Tabla IV.20.

**Tabla IV.20 Consumo de leña para lograr un confort térmico de 21 °C**

<b>Simulaciones</b>	<b>Consumo de leña m<sup>3</sup>/vivienda-año</b>
Caso Base	5.5
Etapa 1	4.1
Etapa 2	2.9
Etapa 3	1.5

Con estos consumos, y utilizando la proyección del numero de viviendas [1] se determinaron las emisiones esperadas al año 2008, 2012, y 2016, considerando la norma de aislación térmica (para cada Etapa), para las viviendas nuevas.

La Tabla IV.21 muestra la emisión total, residencial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados al aislamiento térmico debido sólo a la techumbre de las viviendas nuevas (Etapa 1). El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.22.

**Tabla IV.21 Total emisiones de PM10 considerando M5\_E1 por año y período**

<b>Emisión de PM10 Medida M5_E1</b>	<b>Años</b>		
	<b>2008</b>	<b>2012</b>	<b>2016</b>
Total (ton/año)	3833	3961	4142
Total Residencial (ton/año)	3334	3462	3643
Diaria (ton/día)	28.3	29.3	30.8

**Tabla IV.22 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M5\_E1**

<b>% de Reducción de Emisión respecto al:</b>	<b>Años</b>		
	<b>2008</b>	<b>2012</b>	<b>2016</b>
Total de emisiones	0.4	1.6	3.1
Total Residenciales	0.5	1.8	3.5
Total de emisiones de un día de invierno	0.4	1.7	3.4



La Tabla IV.23 muestra la emisión total, residencial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados al aislamiento térmico de la envolvente (Etapa 2) de las viviendas nuevas. El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.24.

**Tabla IV.23 Total emisiones de PM10 considerando M5\_E2 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M5_E2	Años		
	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3819	3910	4037
Total Residencial (ton/año)	3320	3411	3538
Diaria (ton/día)	28.2	28.9	29.9

**Tabla IV.24 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M5\_E2**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años		
	2008	2012	2016
Total de emisiones	0.8	2.8	5.6
Total Residenciales	0.9	3.2	6.3
Total de emisiones de un día de invierno	0.7	3.0	6.3

La Tabla IV.25 muestra la emisión total, residencial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados al aislamiento térmico mejorado de la envolvente de las viviendas nuevas (Etapa 3). El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.26.

**Tabla IV.25 Total emisiones de PM10 considerando M5\_E3 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M5_E3	Años		
	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3802	3849	3915
Total Residencial (ton/año)	3303	3350	3416
Diaria (ton/día)	28.0	28.4	29.0

**Tabla IV.26 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M5\_E3**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años		
	2008	2012	2016
Total de emisiones	1.2	4.3	8.4
Total Residenciales	1.4	5.0	9.6
Total de emisiones de un día de invierno	1.4	4.7	9.1

**o MEDIDA 6 (M6)****Mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU**

Esta medida esta orientada a disminuir el consumo de combustible para calefacción de las viviendas existentes, mediante la incorporación de sistemas de aislación térmica que serán fomentados a través de subsidios.

Al igual que la Medida M5, la estimación del ahorro de combustible (leña) se evaluó para las dos Etapas de la norma de aislación térmica, y para la Etapa 2 mejorada (Etapa 3), para las viviendas existentes.

La Tabla IV.27 muestra la emisión total, residencial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados al aislamiento de la envolvente de las viviendas existentes (Etapa 1). El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.28.

**Tabla IV.27 Total emisiones de PM10 considerando M6\_E1 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M6_E1	Años		
	2008	2012	2016
Total (ton/año)	2970	3146	3356
Total Residencial (ton/año)	2471	2647	2857
Diaria (ton/día)	21.4	22.8	24.5

**Tabla IV.28 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M6\_E1**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años		
	2008	2012	2016
Total de emisiones	22.9	21.8	21.5
Total Residenciales	26.3	24.9	24.4
Total de emisiones de un día de invierno	24.6	23.5	23.2

La Tabla IV.29 muestra la emisión total, residencial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados al aislamiento de la envolvente de las viviendas nuevas (Etapa 2). El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.30.

**Tabla IV.29 Total emisiones de PM10 considerando M6\_E2 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M6_E2	Años		
	2008	2012	2016
Total (ton/año)	2266	2443	2666
Total Residencial (ton/año)	1767	1944	2167
Diaria (ton/día)	15.7	17.1	18.9



**Tabla IV.30 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M6\_E2**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años		
	2008	2012	2016
Total de emisiones	41.1	39.3	37.7
Total Residenciales	47.3	44.9	42.6
Total de emisiones de un día de invierno	44.7	42.6	40.8

La Tabla IV.31 muestra la emisión total, residencial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados al aislamiento de la envolvente mejorada de las viviendas nuevas (Etapa 3). El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.32.

**Tabla IV.31 Total emisiones de PM10 considerando M6\_E3 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M6_E3	Años		
	2008	2012	2016
Total (ton/año)	1445	1623	1861
Total Residencial (ton/año)	946	1124	1362
Diaria (ton/día)	9.1	10.5	12.4

**Tabla IV.32 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M6\_E3**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años		
	2008	2012	2016
Total de emisiones	62.5	59.7	56.5
Total Residenciales	71.8	68.1	63.9
Total de emisiones de un día de invierno	68.0	64.8	61.1

#### 4.2 MEDIDAS APLICADAS AL SECTOR INDUSTRIAL, COMERCIAL, Y EDIFICIOS PÚBLICOS

Aun cuando no se dispone de información para proyectar la evolución de las emisiones de PM10 (años 2008, 2012, y 2016) provenientes del sector industrial, comercial y edificios, se evaluó el potencial de reducción de emisiones de cada una de las medidas aplicadas a este sector considerando solo el crecimiento de las emisiones residenciales.

La Tabla IV.33 muestra la evolución de las emisiones totales y puntuales para el caso BAU anual y diario.

**Tabla IV.33 Evolución de las emisiones de PM10 caso BAU por año y periodo**

Emisión de PM10 caso BAU	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total Emisiones en TCO y PLC (ton/año)	3737	3850	4024	4276
Total Emisiones un día de Invierno (ton/d)	27.5	28.4	29.8	31.9
Total Fuentes Puntuales (ton/año)	258.9	258.9	258.9	258.9
Fuentes Puntuales día de Invierno (ton/d)	0.82	0.82	0.82	0.82



## ◦ **MEDIDA 7 (M7)**

### **Norma de emisión de MP para fuentes fijas**

Las calderas industriales, comerciales y de edificios que utilicen cualquier tipo de combustible deberán cumplir en forma permanente con la norma de emisión de MP. Dado que no existe una norma aún, para efectos de evaluar el potencial de reducción de PM10 asociado a esta medida, se consideró la norma contenida en el PPDA de la RM, cuyo valor es de 50 mg/m<sup>3</sup>N. Es así como las emisiones de las calderas industriales y de edificios contenidas en la base de datos utilizada para realizar el Inventario de Emisiones 2004 en Temuco y Padre Las Casas [3], fueron procesadas y ajustadas a una emisión de 50 mg/m<sup>3</sup>N. La Tabla IV.34 muestra las emisiones de PM10 esperadas al implementar esta Medida.

Los porcentajes de reducción de emisiones de PM10 al considerar la aplicación de esta Medida, respecto al caso BAU, se muestra en la Tabla IV.35.

**Tabla IV.34 Total emisiones de PM10 considerando M7 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M7	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3699	3812	3986	4238
Total Fuentes Puntuales (ton/año)	221.2	221.2	221.2	221.2
Diaria (ton/día)	27.4	28.3	29.7	31.7

**La Tabla IV.35 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M7**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	1.0	1.0	0.9	0.9
Total Fuentes Puntuales	14.5	14.5	14.5	14.5
Total de emisiones de un día de invierno	0.4	0.4	0.3	0.6

## ◦ **MEDIDA 8 (M8)**

### **Cambio de combustible de leña a gas licuado en los edificios de propiedad pública.**

Esta medida tiene como objetivo reducir las emisiones de MP de los recintos de propiedad pública mediante el cambio de combustible de leña a gas licuado, a fin de obtener una calefacción más limpia.

El potencial de reducción de emisiones asociado a esta medida se calculó utilizando la base de datos de edificios con que se realizó el Inventario de Emisiones 2004 en Temuco y Padre Las Casas [3].

La Tabla IV.36 muestra la emisión total, sectorial, y diaria de PM10 esperada en los distintos años, asociados a la Medida M8. El porcentaje de reducción de emisiones se muestra en la Tabla IV.37.



**Tabla IV. 36 Total emisiones de PM10 considerando M8 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M8	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total (ton/año)	3735	3848	4022	4274
Total Sector Industria, Comercio, Edificios (ton/año)	257.29	257.29	257.29	257.29
Diaria (ton/día)	27.487	28.387	29.787	31.887

**La Tabla IV.37 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M8**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	0.05	0.05	0.05	0.05
Total Sector Industria, Comercio, Edificios	0.6	0.6	0.6	0.6
Total de emisiones de un día de invierno	0.05	0.05	0.04	0.04

° **MEDIDA 9 (M9)**

**Restringir el funcionamiento de calderas a leña, carbón y/o petróleo en tiempo crítico o de aumento de concentraciones**

Esta medida contempla una restricción al funcionamiento de calderas (Industriales y de Edificios) a leña, carbón, y/o petróleo durante periodos críticos de contaminación atmosférica.

Para evaluar el potencial de reducción de emisiones de PM10, se eliminaron las emisiones de aquellas fuentes de esta categoría cuya emisión fuese mayor o igual a 32 mg/m<sup>3</sup>N. Dicho valor límite corresponde al utilizado en el PPDA de la RM en episodios de Pre-emergencia. Al igual que para la Medida M3A, se considera un episodio cuando las [PM10] ≥ 150 µg/m<sup>3</sup>. Esta Medida será efectiva en forma preventiva si un modelo de pronóstico así lo indicara (con una antelación de al menos 24 horas), ó si se verificase en algún monitor EMRP (Las Encinas o Padre Las Casas) una [PM10] ≥ 150µg/m<sup>3</sup>.

Los resultados se muestran en la Tabla IV.38. El porcentaje de reducción de esta Medida, respecto al caso BAU (día invierno) se muestra en la Tabla IV.39.

**Tabla IV.38 Total emisiones de PM10 considerando M9 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M9	Episodio	Años			
		2004	2008	2012	2016
Diaria (ton/día)	[PM10] ≥ 150 µg/m <sup>3</sup>	27.28	28.18	29.58	31.61

**Tabla IV.39 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M9**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Episodio	Años			
		2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	[PM10] ≥ 150 µg/m <sup>3</sup>	0.80	0.77	0.74	0.91



### 4.3 MEDIDAS APLICADAS AL SECTOR DE TRANSPORTE VEHICULAR

Aun cuando no se dispone de información para proyectar la evolución de las emisiones de PM10 (años 2008, 2012, y 2016) provenientes del sector de fuentes Móviles, se analiza el potencial de reducción de emisiones de cada una de las medidas aplicadas a este sector considerando solo el crecimiento de las emisiones residenciales.

La Tabla IV.40 muestra la evolución de las emisiones totales y móviles para el caso BAU anual y diario.

**Tabla IV.40 Evolución de las emisiones de PM10 caso BAU por año y periodo**

Emisión de PM10 caso BAU	Años			
	2004	2008	2012	2016
Total Emisiones en TCO y PLC (ton/año)	3737	3850	4024	4276
Total Emisiones un día de Invierno (ton/d)	27.5	28.4	29.8	31.9
Total Fuentes Móviles (ton/año)	54.12	54.12	54.12	54.12
Fuentes Móviles día de Invierno (ton/d)	0.15	0.15	0.15	0.15

#### o **MEDIDA 10 (M10)**

##### **Restricción de ingreso de los buses rurales e interurbanos al momento de la inscripción. Reducir la cantidad de años de antigüedad**

Esta medida restringe la circulación de buses rurales e interurbanos, nuevos y existentes al momento de la inscripción. Dado que los dos inventarios de emisiones vehiculares desarrollados por SECTRA han considerado sólo transporte urbano de Temuco y Padre Las Casas, no se dispone de información sobre la flota de buses rurales e interurbanos, por tanto no se puede estimar el potencial de reducción de emisiones para esta Medida.

Además esta Medida requiere la definición de los años de antigüedad a restringir, pero como no se tiene conocimiento de la flota, se dificulta su evaluación.

De todas formas y considerando los estudios de SECTRA y los inventarios de emisiones, se desprende que esta Medida no tendría un impacto significativo sobre la reducción de emisiones, toda vez que el sistema de transporte completo solo aporta el 1.4% al total de las emisiones de PM10 en Temuco y Padre Las Casas, y esta Medida afecta a solo una pequeña parte de las emisiones.



◦ **MEDIDA 10A (M10A)**

**Restricción de Fuentes Móviles en forma Preventiva.**

Esta Medida se aplicaría sólo en episodios de contaminación por lo cual requiere un Modelo de Pronóstico a fin de establecer en forma previa (con al menos 24 horas de anticipación) la restricción de circulación a las fuentes móviles.

El potencial de reducción de emisiones de PM10 se calculó considerando una restricción al 20, 40, y 80% de las fuentes móviles. Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas V.41 y V.42.

**Tabla IV.41 Total emisiones de PM10 (t/d) considerando M10A por año**

Emisión de PM10 Medida M10A	Restricción vehicular	Años			
		2004	2008	2012	2016
Diaria (ton/día)	20%	27.49	28.40	29.80	31.83
	40%	27.46	28.37	29.77	31.80
	80%	27.40	28.31	29.71	31.74

**Tabla IV.42 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M10A**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Restricción vehicular	Años			
		2004	2008	2012	2016
Total de emisiones (día invierno)	20%	0.04	0.00	0.00	0.22
	40%	0.15	0.11	0.10	0.31
	80%	0.36	0.32	0.30	0.50

◦ **MEDIDA 11 (M11)**

**Restringir la vida útil del Transporte público. A 18 años para buses urbanos y a 12 años para colectivos.**

Esta medida restringe la circulación del transporte público y colectivos existentes al momento de la inscripción de acuerdo a su antigüedad.

Los inventarios de emisiones desarrollados por SECTRA entregan las emisiones de MP desagregadas por tipo de vehículo (Buses, Camiones, Taxis, Vehículos particulares, Vehículos comerciales, y Motocicletas), sin embargo, para evaluar el potencial de reducción de esta Medida, se requerirá correr nuevamente el modelo de Emisiones (MODEM), sensibilizando por edad de los vehículos.

Lo anterior es un aspecto crítico para esta Medida, dado que el modelo MODEM es de propiedad de SECTRA y deberá esta unidad evaluar los distintos escenarios de emisiones por edad de la flota.

De todas formas y considerando los estudios de SECTRA y los inventarios de emisiones, se desprende que esta Medida no tendría un impacto significativo sobre la reducción de emisiones, toda vez que el sistema de transporte completo solo aporta el 1.4% al total de las emisiones de PM10 en Temuco y Padre Las Casas, y esta Medida afecta a solo una pequeña parte de las emisiones.



◦ **MEDIDA 12 (M12)**

**Congelar el parque de locomoción colectiva de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.**

Esta Medida consiste en limitar el número de Taxis y Colectivos que circulan por las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. Esta Medida tiene un muy bajo potencial de reducción de emisiones, debido a que los Taxis y Colectivos aportan el 2% de las emisiones vehiculares, y el 0.02% de las emisiones de MP10 en Temuco y Padre Las Casas.

Por esta razón no se estima en detalle el potencial de reducción de emisiones de PM10 de esta Medida.

◦ **MEDIDA 13 (M13)**

**Ampliar o abrir homologación de marcas y modelos de vehículos para la reconversión a gas.**

Esta Medida pretende ampliar la base de marcas y modelos de vehículos que pueden ser reconvertidos a gas.

El inventario de emisiones de PM10 en Temuco y Padre Las Casas muestra que el parque vehicular aporta muy poco (1.4%) al total de emisiones de este contaminante. Además, actualmente el Ministerio de Transportes ha aprobado un gran número de marcas y modelos vehiculares para reconversión a gas, por tanto, no se espera que esta medida posea un potencial de reducción de emisiones de PM10 que amerite un análisis más detallado en esta etapa.

◦ **MEDIDA 14 (M14)**

**Mejor calidad de los combustibles líquidos**

Dado el reducido mercado de Temuco y Padre Las Casas, no se justifica una calidad especial de combustible para estas Comunas. Por tanto se considera extender la aplicación de los combustibles líquidos que se expendan en la RM a estas Comunas.

El potencial de reducción de emisiones de esta medida es muy bajo, debido a que el peso de transporte es de sólo un 1.4%, además el cálculo de reducción de esta Medida implica utilizar el modelo MODEM y por tanto solicitarlo a SECTRA.

◦ **MEDIDA 15 (M15)**

**Norma de emisión MP para vehículos nuevos pesados, medianos y livianos que utilizan Petróleo Diesel.**

El potencial de reducción de emisiones de esta medida es muy bajo, debido a que el peso de transporte es de sólo un 1.4%, además el cálculo de reducción de esta Medida implica utilizar el modelo MODEM y por tanto solicitarlo a SECTRA.



◦ **MEDIDA 16 (M16)**

**Norma de emisión para buses de transporte público (ver DS 130/2002 de la RM)**

El potencial de reducción de emisiones de esta medida es muy bajo, debido a que el peso de transporte es de sólo un 1.4%, además el cálculo de reducción de esta Medida implica utilizar el modelo MODEM y por tanto solicitarlo a SECTRA.

**4.4 MEDIDAS APLICADAS A LAS QUEMAS AGRÍCOLAS**

◦ **MEDIDA 17 (M17)**

**Prohibición de quemas desde el 15 de abril al 31 de agosto en el área de influencia.**

Esta Medida podría tener un efecto menor, toda vez que los registros históricos de CONAF indican que alrededor del 85% de las quemas agrícolas y un 93% de la superficie quemada se concentran en el mes de Marzo de cada año.

Por otro lado, dado que el problema de saturación por PM10 en Temuco y Padre Las Casas está en la métrica diaria (norma 24 horas) tiene más sentido el prohibir las quemas en periodos episódicos más que en un lapso de tiempo definido. Por lo anterior no se estima un potencial de reducción para esta Medida.

◦ **MEDIDA 18 (M18)**

**Prohibición de quemas en episodios de contaminación en el área de influencia.**

Las Tabla IV.41 muestra la cantidad de hectáreas quemadas por mes para el año 2004. De ella se observa que el mes de Marzo concentra la mayor cantidad de superficie quemada, y por tanto las mayores emisiones.

Dado que esta Medida se aplicaría en episodios de contaminación (concentración de PM10  $\geq$  150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estimada 24 horas antes o si un monitor así lo indicara), para efectos de calcular el potencial de reducción de emisiones, se requiere estimar una emisión diaria de PM10 debido a las quemas agrícolas, la cual se reduciría a cero al aplicar la Medida.

Aún cuando la Tabla IV.43 indica una distribución de superficie quemada por mes, para efectos de evaluar su impacto se debe considerar además la localización de las quemas en relación a las ciudades de Temuco y Padre Las Casas. Como ambos elementos son variables, se ha optado por definir un día típico de emisión considerando una distribución uniforme.

De acuerdo al inventario de emisiones [3] se desprende que las quemas agrícolas aportan 98.49 ton/año de PM10, por tanto su aporte diario es de 0.27 ton/día.



**Tabla IV.43 Superficie quemada (ha) por mes para el año 2004**

Mes	Superficie quemada (ha)	%
Enero	1.75	0.1
Febrero	--	--
Marzo	2567.25	93.4
Abril	54.05	2.0
Mayo	112.00	4.1
Junio	0.15	0.0
Julio	--	--
Agosto	--	--
Septiembre	0.10	0.0
Octubre	2.00	0.1
Noviembre	6.10	0.2
Diciembre	5.310	0.1
<b>Total</b>	<b>2748.71</b>	<b>100.0</b>

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas IV.44 y IV.45.

**Tabla IV.44 Total emisiones de PM10 considerando M18 por año y período**

Emisión de PM10 Medida M18	Episodio	Años			
		2004	2008	2012	2016
Diaria (ton/día)	[PM10] $\geq$ 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27.23	28.13	29.53	31.63

**Tabla IV.45 Reducción de emisiones (%) de PM10 debido a M18**

% de Reducción de Emisión respecto al:	Episodio	Años			
		2004	2008	2012	2016
Total de emisiones	[PM10] $\geq$ 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.98	0.95	0.91	0.85



#### 4.5 RESUMEN DEL POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE PM10 POR MEDIDA Y SECTOR

Del conjunto de 26 medidas en evaluación, sólo fue posible determinar el potencial de reducción de emisiones de PM10 a 19 de ellas. De estas, 14 son medidas aplicadas al sector Residencial, tres al sector Industrial, Comercial y Edificios públicos, una al sector de Transporte, y una a Quemas agrícolas (Ver Tabla IV.46).

**Tabla IV.46 Medidas con potencial de reducción estimado por sector**

Sector	Medida	
Residencial	Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido.	M1
	Implementar de manera obligatoria catalizadores en las estufas a leña.	M2
	Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña.	M3
	Restricción voluntaria de Fuentes Residenciales a leña utilizadas para calefacción en episodios de contaminación.	M3A
	Restricción voluntaria de cocinas a leña en episodios de contaminación.	M3B
	Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión	M4
	Reemplazo de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado.	M4A
	Norma aislamiento térmica vivienda Nueva: Techumbre: Etapa 1	M5_E1
	Norma aislamiento térmica vivienda Nueva: Envolverte: Etapa 2	M5_E2
	Norma aislamiento térmica vivienda Nueva: Envolverte mejorada Etapa3	M5_E3
	Norma aislamiento térmica vivienda Existente: Techumbre: Etapa 1	M6_E1
	Norma aislamiento térmica vivienda Existente: Envolverte: Etapa 2	M6_E2
	Norma aislamiento térmica vivienda Existente: Envolverte mejorada Etapa3	M6_E3
Industrial, Comercial y Edificios Públicos	Norma de emisión de MP para fuentes fijas	M7
	Cambio de combustible de leña a gas licuado en los edificios de propiedad pública	M8
	Restringir el funcionamiento de calderas a leña, carbón y/o petróleo en tiempo crítico o de aumento de concentraciones	M9
Móviles	Restricción de Fuentes Móviles en forma Preventiva	M10A
Quemas	Prohibición de quemas en episodios de contaminación en el área de influencia.	M18

La Tabla IV.47 muestra las toneladas al día de PM10 estimadas según cada una de las 19 medidas y corte temporal en evaluación.

El potencial de reducción de emisiones de PM10 calculado con respecto a la emisión (ton/d) de un día típico de invierno se muestra en la Tabla IV.48



**Tabla IV.47 Emisión de PM10 estimada (ton/d) según Medida y año de evaluación**

Fuente	MEDIDAS	2004	2008	2012	2016
	BAU	27.50	28.40	29.80	31.90
Residencial	M1	21.90	22.10	22.70	23.80
	M2	22.00	21.80	21.90	22.40
	M3	27.30	28.20	29.50	31.50
	M3A	15.50	13.40	12.40	11.50
	M3B	13.50	16.40	18.40	22.50
	M4	22.00	21.80	21.90	22.50
	M4*	16.10	14.60	13.40	12.40
	M4A	21.20	23.30	25.70	28.70
	M5_E1 <sup>1</sup>	--	28.30	29.30	30.80
	M5_E2	--	28.20	28.90	29.90
	M5_E3	--	28.00	28.40	29.00
	M6_E1	--	21.40	22.80	24.50
	M6_E2	--	15.70	17.10	18.90
M6_E3	--	9.10	10.50	12.40	
Industrial, Comercial y Edificios Públicos	M7	27.40	28.30	29.70	31.70
	M8	27.49	28.39	29.79	31.89
	M9	27.28	28.18	29.58	31.61
Móviles	M10A <sup>2</sup>	27.40	28.31	29.71	31.74
Quemas	M18	27.23	28.13	29.53	31.63

<sup>1</sup> Esta Medida se inicia el 2008

<sup>2</sup> Emisión de PM10 estimada al aplicar una restricción al 80% de las fuentes móviles

**Tabla IV.48 Porcentaje de reducción de emisiones de PM10 según Medida y año de evaluación**

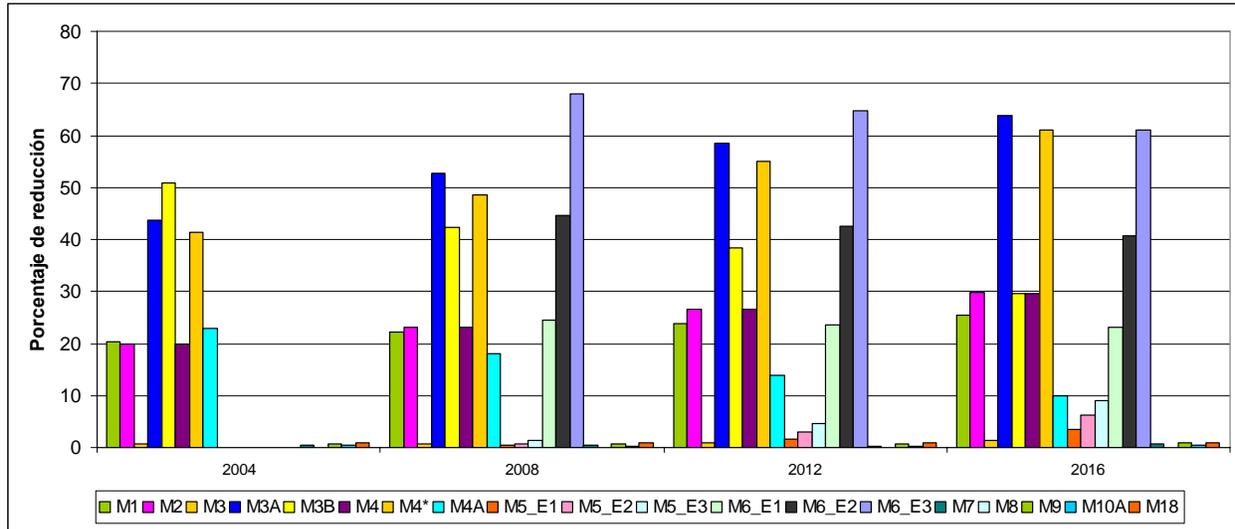
Fuente	Medidas	Temporalidad	2004	2008	2012	2016
Residencial	M1	Permanente	20.4	22.2	23.8	25.4
	M2	Permanente	20.0	23.2	26.5	29.8
	M3	Permanente	0.7	0.7	1.0	1.3
	M3A	Episódica	43.6	52.8	58.4	63.9
	M3B	Episódica	50.9	42.3	38.3	29.5
	M4	Permanente	20.0	23.2	26.5	29.5
	M4*	Permanente	41.5	48.6	55.0	61.1
	M4A	Permanente	22.9	18.0	13.8	10.0
	M5_E1 <sup>1</sup>	Permanente	--	0.4	1.7	3.4
	M5_E2	Permanente	--	0.7	3.0	6.3
	M5_E3	Permanente	--	1.4	4.7	9.1
	M6_E1	Permanente	--	24.6	23.5	23.2
	M6_E2	Permanente	--	44.7	42.6	40.8
M6_E3	Permanente	--	68.0	64.8	61.1	
Industrial, Comercial y Edificios Públicos	M7	Permanente	0.4	0.4	0.3	0.6
	M8	Permanente	0.05	0.05	0.04	0.04
	M9	Episódica	0.8	0.8	0.7	0.9
Móviles	M10A <sup>2</sup>	Episódica	0.4	0.3	0.3	0.5
Quemas	M18	Episódica	1.0	1.0	0.9	0.85

<sup>1</sup> Esta Medida se inicia el 2008

<sup>2</sup> Potencial de reducción alcanzado al aplicar una restricción del 80% de las fuentes móviles



La Figura 4.1 muestra la gráfica del potencial de reducción de emisiones de PM10 asociada a cada una de las 16 Medidas con potencial significativo ( $\geq 1.0\%$ ) en cada corte temporal evaluado. En ella se observa claramente que las medidas que alcanzan reducciones significativas de emisiones son las que se aplican al sector Residencial. De este grupo, la medida más eficaz en el control de emisiones es aquella que restringe en forma preventiva los sistemas de calefacción a leña (M3A) y que logra reducciones del 44, 53, 58 y 64 %, para los años 2004, 2008, 2012 y 2016 respectivamente.



**Figura 4.1 Porcentaje de reducción según Medida y año de aplicación**

La Tabla IV.49 muestra el resumen de las medidas priorizadas en cada uno de los cortes temporales en evaluación.

**Tabla IV.49 Priorización de las medidas según potencial de reducción de emisiones**

Ranking	2004	2008	2012	2016
1	M3B	M6_E3	M6_E3	M3A
2	M3A	M3A	M3A	M4*
3	M4*	M4*	M4*	M6_E3
4	M4A	M6_E2	M6_E2	M6_E2
5	M1	M3B	M3B	M2
6	M2	M6_E1	M2	M3B
7	M4	M2	M4	M4
8	M18	M4	M1	M1
9	M9	M1	M6_E1	M6_E1
10	M3	M4A	M4A	M4A
11	M7	M5_E3	M5_E3	M5_E3
12	M10A	M18	M5_E2	M5_E2
13	M8	M9	M5_E1	M5_E1
14	M5_E1	M3	M3	M3
15	M5_E2	M5_E2	M18	M9
16	M5_E3	M5_E1	M9	M18
17	M6_E1	M7	M7	M7
18	M6_E2	M10A	M10A	M10A
19	M6_E3	M8	M8	M8



Las Tablas IV.50 a IV.53 muestran en detalle la priorización de las medidas y el porcentaje de reducción de emisiones correspondiente.

**Tabla IV.50 Priorización de las medidas según potencial de reducción de emisiones de PM10 al año 2004**

Ranking	Sector	Medida	% Red
1	Residencial	M3B	50.9
2	Residencial	M3A	43.6
3	Residencial	M4*	41.5
4	Residencial	M4A	22.9
5	Residencial	M1	20.4
6	Residencial	M2	20.0
7	Residencial	M4	20
8	Quemas	M18	1.0
9	Industrial	M9	0.8
10	Residencial	M3	0.7
11	Industrial	M7	0.4
12	Transporte	M10A	0.4
13	Industrial	M8	0.05
14	Residencial	M5_E1	--
15	Residencial	M5_E2	--
16	Residencial	M5_E3	--
17	Residencial	M6_E1	--
18	Residencial	M6_E2	--
19	Residencial	M6_E3	--

**Tabla IV.51 Priorización de las medidas según potencial de reducción de emisiones de PM10 al año 2008**

Ranking	Sector	Medida	% Red
1	Residencial	M6_E3	68
2	Residencial	M3A	52.8
3	Residencial	M4*	48.6
4	Residencial	M6_E2	44.7
5	Residencial	M3B	42.3
6	Residencial	M6_E1	24.6
7	Residencial	M2	23.2
8	Residencial	M4	23.2
9	Residencial	M1	22.2
10	Residencial	M4A	18.0
11	Residencial	M5_E3	1.4
12	Quemas	M18	1.0
13	Industrial	M9	0.8
14	Residencial	M3	0.7
15	Residencial	M5_E2	0.7
16	Residencial	M5_E1	0.4
17	Industrial	M7	0.4
18	Transporte	M10A	0.3
19	Industrial	M8	0.05

**Tabla IV.52 Priorización de las medidas según potencial de reducción de emisiones de PM10 al año 2012**

<b>Ranking</b>	<b>Sector</b>	<b>Medida</b>	<b>% Red</b>
1	Residencial	M6_E3	64.8
2	Residencial	M3A	58.4
3	Residencial	M4*	55
4	Residencial	M6_E2	42.6
5	Residencial	M3B	38.3
6	Residencial	M2	26.5
7	Residencial	M4	26.5
8	Residencial	M1	23.8
9	Residencial	M6_E1	23.5
10	Residencial	M4A	13.8
11	Residencial	M5_E3	4.7
12	Residencial	M5_E2	3
13	Residencial	M5_E1	1.7
14	Residencial	M3	1.0
15	Quemas	M18	0.9
16	Industrial	M9	0.7
17	Industrial	M7	0.3
18	Transporte	M10A	0.3
19	Industrial	M8	0.04

**Tabla IV.53 Priorización de las medidas según potencial de reducción de emisiones de PM10 al año 2016**

<b>Ranking</b>	<b>Sector</b>	<b>Medida</b>	<b>% Red</b>
1	Residencial	M3A	63.9
2	Residencial	M4*	61.1
3	Residencial	M6_E3	61.1
4	Residencial	M6_E2	40.8
5	Residencial	M2	29.8
6	Residencial	M3B	29.5
7	Residencial	M4	29.5
8	Residencial	M1	25.4
9	Residencial	M6_E1	23.2
10	Residencial	M4A	10.0
11	Residencial	M5_E3	9.1
12	Residencial	M5_E2	6.3
13	Residencial	M5_E1	3.4
14	Residencial	M3	1.3
15	Industrial	M9	0.9
16	Quemas	M18	0.9
17	Industrial	M7	0.6
18	Transporte	M10A	0.5
19	Industrial	M8	0.04



## 5.- PROGRAMA DE IMPLEMENTACION DE LAS MEDIDAS

Para cada una de las 19 Medidas evaluadas, se analizó la factibilidad de su implementación en el tiempo. Dado que la decisión del momento de implementación de una medida requiere del conocimiento de la factibilidad técnica, legal, y económica, lo cual no siempre es conocido a priori, se ha optado por proponer dos escenarios de implementación de medidas: Uno de ellos, denominado Optimista y el otro Pesimista.

El Escenario Optimista, 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.

El Escenario Pesimista asume que existirán dificultades para la puesta en marcha de una medida, lo cual se manifiesta en que la fecha de inicio es más tardía de lo esperado, y que la fecha de término se prolonga más allá de lo esperado.

Aún cuando en general las Medidas indican prohibición de uso o cumplimiento de normas, se debe considerar un gradualismo en su implementación, producto de ajustes en el mercado, difusión de las medidas, inercias, costos, entre otros.

- **Tasa Temporal Medida M1**

Tal como se explicó en el Capítulo 3 y 4, la medida M1 requiere, entre otros, de la formalización del mercado de la leña, para que grupos de empresarios opten por acuerdos de producción limpia (APL) y puedan acceder a los instrumentos de fomento de CORFO (Ver Anexo C). Además se requiere disponer de al menos 2 años para obtener leña seca, aún cuando algunos de los empresarios estarían dispuestos a aplicar métodos que les permitiesen obtener leña seca en un año. De acuerdo a la encuesta VITAE 2002 [24], del total de leña consumida en Temuco y Padre Las Casas, un 20% sería leña seca. Debido a lo anterior, el escenario Optimista asume que el tiempo más temprano de inicio de la Medida M1 sería al cabo de un año de iniciado el Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA), en que habría una oferta del 30% de leña seca la que se incrementaría al 50% el segundo año, en un 75% el tercer año, y finalmente el cuarto año estaría la medida M1 implementada completamente. El Escenario Pesimista asume que habrán dificultades asociadas a la formalización del mercado de la leña así como una inercia por parte de los usuarios a adquirir leña seca por tanto la Medida 1 se iniciaría con un 25% de ella en el año 3 de iniciado el PDA, y se incrementaría al 35% el año 4, 45% el año 5, 60% el año 6, y de ahí en 20% cada año hasta llegar el año 8 en que se obtendría un 100% de implementación de esta Medida.

- **Tasa temporal medida M2**

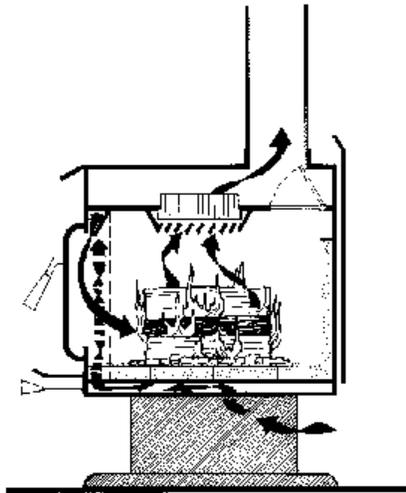
La Medida M2 requiere que esté disponible en el mercado un catalizador (monolito). Al respecto existen varios países que los fabrican y comercializan desde 1989. En Chile existen intentos por desarrollar estos monolitos con metales de transición (Cu, Fe, Mn, Cr), los cuales serían más resistentes a la desactivación, y por tanto tendrían una mayor eficiencia que los tradicionales de metales nobles (Pt, Pd). Durante el año 2006 se espera realizar los primeros ensayos en estufas. La función del catalizador es terminar de combustionar aquellos hidrocarburos y partículas no quemados por la llama directa y que al enfriarse pueden formar partículas (hollín). Al incendiarse y quemarse los vapores de hidrocarburos en el catalizador, se obtiene como resultados CO<sub>2</sub> y vapor de agua. El catalizador se degrada



(desactiva) y hay que reemplazarlo. La duración típica es de 2 años aún cuando bien operado puede durar hasta 6 años.

Un catalizador reduce la temperatura a la cual el humo se quema. El catalizador se asemeja a un pedazo de un panal de abeja, el cual se ubica en el paso del humo. Normalmente se requiere una temperatura de 1100 °C para incendiar el humo, sin embargo, un catalizador reduce esta temperatura a 500 °C, permitiendo al humo terminar de quemarse estando aún dentro de la estufa.

A medida que el catalizador produce las reacciones comienza a liberar energía (calor) por lo cual no se requiere una gran llama para mantener caliente el catalizador. Se puede aún reducir el aire en la cámara de combustión y bajar la llama pues el humo producido sirve como combustible para el catalizador. Esto reduce significativamente la cantidad de leña requerida para producir el calor deseado, además, se reduce la cantidad de hollín e incrementa el tiempo de quemado para esa carga de leña. Ver Figuras 5.1 y 5.2.



**Figura 5.1. Corte de una estufa con catalizador que muestra los flujos de aire y gases de combustión así como el catalizador y el damper de bypass.**



**Figura 5.2. Imagen tomada hacia arriba desde la puerta mostrando el catalizador con un color rojo incandescente en la parte superior de la cámara de combustión.**



En un escenario Optimista, los catalizadores podrían empezar a instalarse en las estufas existentes al cabo de un año de implementado el PDA. Para esto se debería importar los monolitos, y al cabo del tercer año estarían disponibles catalizadores nacionales. Con esto se espera que al cabo de un año del PDA un 25% de los hogares tengan implementado un catalizador en sus estufas. Este porcentaje se incrementaría a 50% el segundo año, en un 75% el tercer año, y el cuarto año todas las estufas estarían con catalizador.

El escenario Pesimista para esta Medida 2 considera ciertas dificultades en la disponibilidad y ensamble de estos monolitos y por tanto se empezarían a instalar al tercer año de implementado el PDA. Su tasa de penetración sería también baja comenzando con un 20% ese año y con incrementos de 20% anual hasta llegar el año séptimo del PDA con el 100% de la medida implementada.

- **Tasa Temporal Medida M3**

La prohibición de chimeneas de hogar abierto implicará un recambio de equipo para calefaccionar el hogar. El equipo de reemplazo puede ser una salamandra, una estufa de cámara simple, ó una estufa de doble cámara. Para esto se analizaron los resultados de la encuesta Vitae en que se encontró que las chimeneas eran utilizadas principalmente por la clase Alta y en menor medida por la clase Media, y no en la clase Baja. Por tal motivo, se propuso una distribución de recambio que consiste en que el sector de clase Alta optaría en un 20% por reemplazar su chimenea por una estufa simple y un 80% por una de doble cámara. Un 25% de la población de clase Media que tiene una chimenea optaría por cambiarse a una salamandra, un 50% de esta clase socioeconómica optaría por una estufa simple, y un 25% por una estufa doble cámara.

El escenario Optimista asume que un 50% de la población que tiene chimenea haría efectivo su cambio durante el segundo año de iniciado el PDA, y se completaría al tercer año. Esto en virtud a que los equipos no representan un costo significativo para la clase Alta y Media.

En un escenario Pesimista, el reemplazo de las chimeneas de hogar abierto se iniciaría más tardíamente producto de la costumbre y lo arraigado que está en la población (especialmente de mayores ingresos), el tener una chimenea a leña en sus hogares. Por lo anterior, el reemplazo se iniciaría el tercer año de implementado el PDA y durante ese año sólo se alcanzaría un 25% de los usuarios de chimeneas. Este porcentaje se incrementaría en 25% cada año, hasta llegar al año sexto donde se completaría la Medida M3.

- **Tasa Temporal Medida M3A**

La restricción de equipos a leña utilizados para calefacción residencial en forma preventiva o durante episodios críticos es una medida con baja aceptación ciudadana. Aún cuando el número de eventos en que se debería acatar esta medida es mínimo (máximo 5 al año), tiene un potencial de reducción alto lo que ayudaría en forma significativa a salir de la categoría de saturación de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. Por tal razón esta Medida tiene carácter voluntario y su éxito depende fuertemente en la difusión, educación, toma de conciencia y cambio de actitud de la población. Existe experiencia extranjera en la aplicación de programas restrictivos voluntarios, los denominados "no-action days", en que la población informada asume voluntariamente y responsablemente la restricción al uso de equipos de calefacción o restringe el uso de vehículos, en pos de una mejor calidad del aire y por tanto de su salud y la de sus hijos.



De lo anterior se desprende que los elementos claves para esta Medida son el compromiso adquirido por la población y una buena campaña de difusión para alertar a la población.

El escenario Optimista asume que la población de Temuco y Padre Las Casas está lo suficientemente sensibilizada con el tema de la contaminación del aire y por tanto un 10% acataría la sugerencia de restringir sus sistemas de calefacción en días episódicos durante el primer año de iniciado el PDA. Esto además porque parte de la población tiene otras alternativas de calefacción además de leña. El segundo año de implementado el PDA, un 20% respondería positivamente a esta Medida debido a la mayor conciencia y sensibilización de la población, y hasta llegar al tercer año en que se alcanzaría un 25% el cual se mantendría por el resto de los años.

El escenario Pesimista asume que sólo un 2% de la población acataría el llamado de las autoridades a paralizar en forma voluntaria sus equipos de calefacción durante un episodio crítico en el primer año del PDA. Esto porque aunque son pocos los eventos de restricción, estos ocurren justamente en los períodos mas fríos por tanto la población no está dispuesta a pasar incomodidades a pesar de tener conciencia de los daños a su salud. En este escenario el incremento anual de voluntarios sería de un 2% pero llegaría a su máximo en un 10% al quinto año. A partir de ese año no se lograría incrementar el número de voluntarios.

- **Tasa Temporal Medida M3B**

Al igual que para la Medida M3A, los elementos claves para esta Medida son el compromiso adquirido por la población y una buena campaña de difusión para alertar a la población. En todo caso al parecer esta Medida podría tener una mayor aceptación que la de restringir los sistemas de calefacción toda vez que muchos habitantes tienen dos cocinas: una a leña y otra a gas, por tanto al llamado de la autoridad de acatar en forma voluntaria la restricción de la cocina a leña durante episodios críticos no tendría gran impacto social en aquella población sensibilizada y que además tiene la alternativa de cocinar con gas. Del estudio de la leña se desprende que un 25% de los habitantes de Temuco y Padre Las Casas tendrían dos cocinas (una a leña y otra a gas), por tanto ese sería el porcentaje máximo que se alcanzaría si todos acataran la sugerencia de paralizar sus cocinas a leña durante episodios críticos de contaminación del aire por PM10.

Por lo anterior, el escenario Optimista asume que durante el primer año del PDA, un 10% acata la sugerencia de paralizar su cocina a leña en episodios críticos el cual se incrementaría a un 20% el segundo año y a 25% el tercer año y se mantendría en 25% en los años venideros.

El escenario Pesimista asume que sólo un 2% de la población acoge en forma voluntaria durante el primer año la sugerencia de la autoridad en relación a restringir el uso de su cocina a leña durante episodios críticos. Este porcentaje se incrementaría a un 4% al segundo año, 6% al tercer año, 8% al cuarto año, y a 10% el quinto año. A partir del año cinco se mantendría el 10% como tope para la población que asumiría en forma voluntaria esta Medida.



- **Tasa Temporal Medida M4 Y M4\***

Dado que esta Medida afecta a todos los artefactos de combustión a leña para calefacción (chimeneas, salamandras, estufas simples, y estufas doble cámara), se entiende que se reemplaza por un artefacto que cumpla norma de emisión. El equipo de reemplazo debe cumplir norma de emisión, sin embargo, aún no está el valor de la norma para Chile, por tanto se asume el estándar de la USEPA de 7.5 g PM/hr (7.5 g PM/Kg leña al considerar una tasa de quemado de 1 Kg de leña por hora) (M4), y el estándar propuesto para Chile por el Dr. Thomas Nussbaumer de 0.72 g PM/Kg de leña (M4\*). Dado que las tecnologías para cumplir estos estándares existen en el mercado extranjero, y que empresas chilenas están interesadas en el desarrollo de estufas con estos límites de emisión (Bosca, Amesti, MBM), se puede asumir que en un principio las estufas que cumplan norma serían importadas y en el mediano plazo serían fabricadas en Chile.

El escenario Optimista asume que al año de iniciado el PDA, existiría una importación de equipos que cumplan norma y permitiría un reemplazo del 10% de los equipos de calefacción residencial a leña (distribución uniforme entre artefactos, o que primero se reemplazarían las chimeneas, luego las salamandras, luego las estufas simples, y finalmente las doble cámara). Al segundo año un 30% de las estufas serían reemplazadas, luego un 50% el tercer año, un 70% el cuarto año, y finalmente el 100% al cabo del quinto año.

El escenario Pesimista asume que existirán dificultades en la formalización de los incentivos económicos para el reemplazo tecnológico, y por tanto la Medida comenzaría a implementarse al cabo de tres años de iniciado el PDA, durante el cual se reemplazaría un 15% de los equipos de calefacción residencial a leña. Este porcentaje se incrementaría anualmente en un 15%, completando la Medida al año noveno de iniciado el PDA (este último año con un 10% de reemplazo).

- **Tasa Temporal Medida M4A**

El reemplazo de cocinas a leña por cocinas a gas licuado se aplicaría en principio en aquellos hogares en que sólo tengan cocinas a leña. Sin embargo, se reconoce que existen viviendas que poseen ambos tipos de cocinas (a leña y a gas). Para este último grupo no se requiere adquirir una nueva cocina pero sí se debe considerar el cambio en su estructura de costos al dejar de usar su cocina a leña y verse obligados a utilizar la cocina a gas para cocinar.

El escenario Optimista asume que durante el primer año de iniciado el PDA, un 20% de las viviendas con cocinas a leña reemplazarían sus artefactos por cocinas a gas. Esto asume un fuerte compromiso de la autoridad para facilitar este recambio vía subsidios o créditos blandos, y una rápida negociación con distribuidores del combustible para ampliar las redes o disponer de otra forma del combustible. El porcentaje anual sería de un 20%, con lo cual la medida estaría totalmente implementada al cabo de 5 años.

Para el escenario Pesimista, se asume que por razones presupuestarias, sólo un 10% de las cocinas a leña se reemplazarían por cocinas a gas anualmente. Si además la Medida se atrasa en su inicio, debido a ajustes y negociaciones con los distribuidores de equipos y gas licuado, se esperaría comenzar al segundo año de iniciado el PDA y finalizando el año 11.



- **Tasa Temporal Medida M5\_E1**

Dado que la normativa de aislamiento de la techumbre está vigente desde Enero del 2006, se asume que esta Medida debería aplicarse en un 100% a partir del año de iniciado el PDA a toda vivienda nueva que se construya en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas. Por tanto ambos escenarios (Optimista y Pesimista) tienen igual tasa temporal.

- **Tasa Temporal Medida M5\_E2**

La normativa de aislamiento de la envolvente comenzará a regir desde Enero del 2007, por tanto se asume que esta Medida debería aplicarse en un 100% a partir del año de iniciado el PDA a toda vivienda nueva que se construya en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas para el escenario Optimista. Para el escenario Pesimista se asume un año de retraso por inercia en su implementación, por tanto debería cumplirse en un 100% iniciando el segundo año del PDA.

- **Tasa Temporal Medida M5\_E3**

Esta Medida implica un mejoramiento a la Etapa 2 de la normativa de la del MINVU, y su tasa de penetración se asume idéntica a la Medida M5\_E2.

- **Tasa Temporal Medida M6\_E1**

El aislar térmicamente la techumbre de una vivienda existente (se entiende por existente a las viviendas antes del PDA) podría darse bajo dos mecanismos. El primero de ellos es a través de un subsidio y el segundo es a través de un mecanismo de compensación para aquellas viviendas nuevas que se construyan en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, exigiéndoles a estas últimas, vía el PDA, aislar la techumbre de una vivienda existente. La primera opción es más rápida pero se estima un costo mayor que la segunda.

Si se considera sólo aislar casas existentes vía compensación de emisiones, se requerirían 42 años para completar esta tarea, a las tasas actuales de crecimiento de la ciudad. Por tanto, ambos escenarios deben considerar los dos mecanismos, pero en distintos grados de aplicación.

El escenario Optimista asume que ambos mecanismos se implementarían simultáneamente, es decir, un subsidio anual al 8% de las viviendas existentes al año 2007 y que las viviendas nuevas compensen el 150% del número de casas construidas, es decir un 2% anual (dado que la tasa anual de construcción de viviendas nuevas en Temuco y Padre Las Casas es de 1.2%). Con esto quedaría la Medida implementándose en un 10% anual comenzando desde el año de iniciado el PDA, concluyendo el año décimo.

Para el escenario Pesimista se asume que existiría un subsidio para aislar el 5% de las viviendas existentes cada año (año Base 2007), y se utilizaría además la vía de compensación del 150% de las construidas anualmente, con lo cual queda una tasa de 7% anual, lo que permitiría completar la Medida al año 15. Además esta Medida se iniciaría al cabo del segundo año de iniciado el PDA, debido a difusión y ajustes en los mecanismos de compensación.



- **Tasa Temporal Medida M6\_E2**

Esta Medida asume igual tasa temporal que la Medida M6E1, para ambos escenarios. La diferencia está en que el subsidio y compensación actuarían sobre la envolvente de las casas, y no sólo a la techumbre.

- **Tasa Temporal Medida M6\_E3**

Esta Medida implica un mejoramiento a la Etapa 2 de la normativa de la del MINVU, y su tasa de penetración se asume idéntica a la Medida M6\_E2.

- **Tasa Temporal Medida M7**

Esta Medida requiere de la dictación de una norma de emisión de Materia Particulada (MP) para fuentes fijas. En principio, y dada la experiencia de la RM, podría adoptarse el valor de 50 mg/m<sup>3</sup>N, para el cual existe tecnología de abatimiento para lograr este valor. Los elementos claves para su implementación son la dictación de la norma, el cual puede ser vía PDA, el contar con un registro de emisiones, y el mecanismos de gradualismo en su implementación.

El escenario Optimista asume que la Medida comienza el primer año del PDA en que se exigiría un cumplimiento al 50% de las fuentes y el otro 50% se dejaría para el segundo año. El corte del 50% de las fuentes fijas podría ser a través de un ranking de sus emisiones.

Bajo un escenario Pesimista, esta Medida se iniciaría al segundo año del PDA, dejando tiempo para que las fuentes fijas completen sus muestreos isocinéticos. Además, se aplicaría un gradualismo que consistiría en el cumplimiento de la norma al 25% de las fuentes fijas el segundo año, el cual se incrementaría en igual porcentaje al tercer, cuarto, y quinto año, con lo cual se obtendría un 50% el tercer año, un 75% el cuarto año, y finalmente el 100% de las fuentes fijas al cabo del quinto año de implementado el PDA.

- **Tasa Temporal Medida M8**

Para esta Medida, se requiere evaluar la factibilidad técnica de cambio de combustible (de leña a gas licuado) para cada edificio público.

Para el escenario Optimista, se asume que el 50% de los edificios públicos podrían cambiar el combustible el segundo año de implementado el PDA, y el 50% restante lo haría al tercer año. Esto daría una buena señal a la ciudadanía de Temuco y Padre Las Casas al ver el compromiso de la autoridad en la solución del problema de contaminación del aire en dichas comunas.

Bajo un escenario Pesimista, se esperaría implementar esta Medida al tercer año de iniciado el PDA. Esto debido a los procedimientos administrativos del ámbito público en que se requieren tiempos más largos para proceder producto de controles y probidades que así lo ameritan. Con todo, se lograría que un tercio (33%) de los edificios públicos utilizaran un nuevo combustible (gas licuado) al cabo del tercer año de iniciado el PDA, otro tercio el cuarto año, y finalmente el quinto año el tercio restante con lo cual se cumpliría el 100% de la Medida.



• **Tasa Temporal Medidas M9, M10A, y M18**

Estas Medidas se aplicarían sólo ante episodios de contaminación por partículas PM10, lo cual, de acuerdo a las estadísticas de los monitores en Temuco y Padre Las Casas, ocurrirían con una baja frecuencia (a lo más 5 eventos al año). Dada la naturaleza episódica de estas Medidas, se espera el 100% de implementación desde el año de inicio del PDA. Se podrían evaluar escenarios de cumplimiento / incumplimiento de estas Medidas, sin embargo, su bajo potencial no amerita más análisis, al menos en esta primera etapa del PDA.

Con todo lo anterior, la temporalidad de las Medidas se resume en las Tablas V.1, V.2 y V.3.

**Tabla V.1 Resumen del año de inicio y término de la implementación de cada Medida según escenario**

Medida	Implementación Optimista			Implementación Pesimista		
	Año Inicio	Año Fin	Duración	Año Inicio	Año Fin	Duración
M1	2	5	4	3	8	6
M2	2	5	4	3	7	5
M3	2	3	2	3	6	4
M3A	1	5	5	1	4	4
M3B	1	3	3	1	5	5
M4	1	5	5	3	9	7
M4*	1	5	5	3	9	7
M4A	1	5	5	2	11	10
M5_E1	1	1	1	1	1	1
M5_E2	1	1	1	2	2	1
M5_E3	1	1	1	2	2	1
M6_E1	1	10	10	2	16	15
M6_E2	1	10	10	2	16	15
M6_E3	1	10	10	2	16	15
M7	1	2	2	2	5	4
M8	2	3	2	3	5	3
M9	1	-	E	1	-	E
M10A	1	-	E	1	-	E
M18	1	-	E	1	-	E

\*E= Medida Episódica



**Tabla V.2 Porcentaje Optimista de penetración de las Medidas**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M 1	20	30	50	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 2	-	25	50	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 3	-	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 3A	10	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
M3B	10	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
M 4	10	30	50	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 4*	10	30	50	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 4 A	20	40	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 5_E1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 5_E2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 5_E3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 6_E1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100
M 6_E2	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100
M 6_E3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100	100
M 7	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 8	-	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 10 A	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tabla V.3 Porcentaje Pesimista de penetración de las Medidas**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M 1	20	20	25	35	45	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100
M 2	-	-	20	40	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 3	-	-	25	50	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 3A	2	4	6	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
M3B	2	4	6	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
M4	-	-	15	30	45	60	75	90	100	100	100	100	100	100	100
M4*	-	-	15	30	45	60	75	90	100	100	100	100	100	100	100
M 4 A	-	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100	100	100	100
M 5_E1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 5_E2	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 5_E3	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 6_E1	-	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	100
M 6_E2	-	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	100
M 6_E3	-	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	100
M 7	-	25	50	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 8	-	-	33	66	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 10 A	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
M 18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



## 6.- EVALUACIÓN INDIVIDUAL DE LAS MEDIDAS

Utilizando la tasa de penetración de cada Medida por si sola (Capítulo 5), y considerando los escenarios Optimista y Pesimista, se evaluó el potencial de reducción de emisiones de PM10 en el tiempo desde el 2007 al año 2021 (15 años). Para este diseño de implementación de Medidas se evaluaron además los costos privados y públicos, y los aspectos legales de la implementación y fiscalización de cada una de ellas.

Para determinar la tasa de descuento aplicada al Valor Actual Neto (VAN) se consideró las sugerencias de MIDEPLAN de usar la tasa social de descuento en un 8% a partir de 2007(calculado en el estudio "Actualización de la Tasa Social de Descuento en Chile", realizado para MIDEPLAN por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile) y lo señalado por Gonzalo Edwards (2002) en su trabajo "La Tasa de Descuento en Proyectos de Largo Plazo". Por otro lado, la tasa de descuento aplicada en AGIES anteriores ha sido del 12%, por lo que para este estudio se aplicará una tasa de descuento del 10%, considerando que el horizonte de aplicación es 15 años. Esta tasa de descuento se aplicará a todos los escenarios (optimista y pesimista), de cálculo del valor presente de costos, y beneficios.

La Tabla VI.1 muestra la emisión esperada de PM10 anual y diaria (día típico de invierno) para cada año del 2007 al 2015, considerando la situación sin Medidas (BAU), y el porcentaje de reducción esperado para cumplir norma de calidad del aire por PM10.

**Tabla VI.1 Emisión de PM10 sin Medidas (BAU)**

AÑO	EMISION BAU (ton)		Meta Reducción de Emisiones (%)
	ANUAL	DIARIA	
2007	3810	28.1	32,3
2008	3850	28.4	33,0
2009	3879	28.7	33,5
2010	3922	29.0	34,3
2011	3978	29.5	35,2
2012	4024	29.8	35,9
2013	4074	30.2	36,7
2014	4148	30.8	37,8
2015	4206	31.3	38,7
2016	4276	31.9	39,7
2017	4363	32.6	40,9
2018	4434	33.1	41,9
2019	4510	33.7	42,8
2020	4590	34.4	43,8
2021	4674	35.1	44,8

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de las Medidas individualmente, por sector al que se aplica.



## 6.1 FUENTES RESIDENCIALES Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

**MEDIDA 1: Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido.  
Se cumplirá NCh oficial 2907: combustible sólido leña-requisitos.**

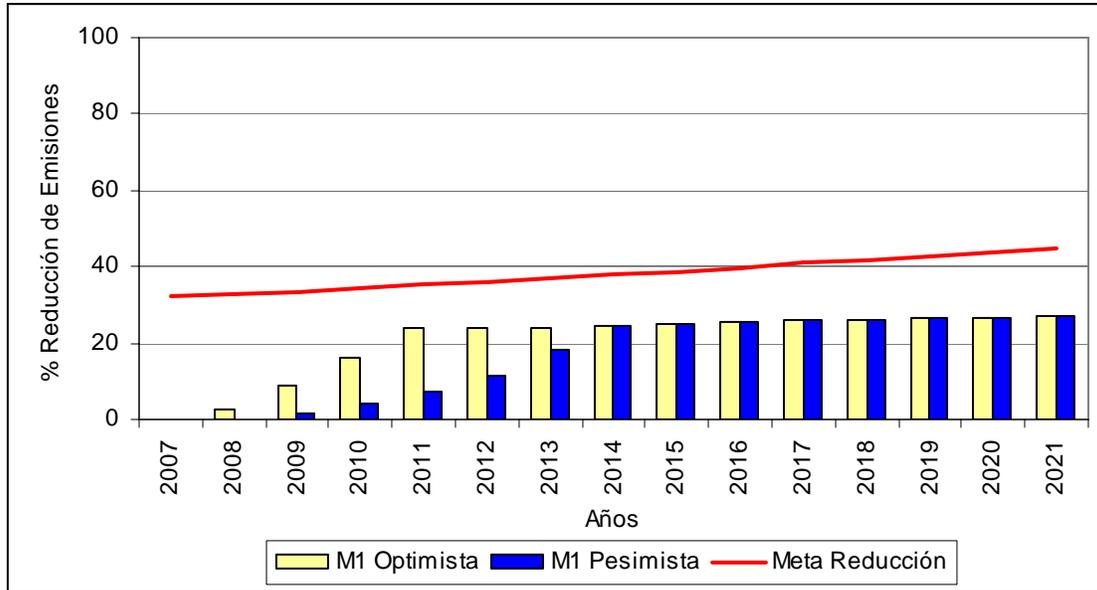
### o Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10

**Tabla VI.2 Reducción de emisiones de PM10 debido a M1, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M1 (ton)		% REDUCCION M1	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3751	27.6	2.6	2.8
2009	3577	26.2	7.8	8.7
2010	3352	24.4	14.5	15.9
2011	3117	22.5	21.6	23.7
2012	3139	22.7	22	23.8
2013	3164	22.9	22.3	24.2
2014	3200	23.2	22.9	24.7
2015	3231	23.5	23.2	24.9
2016	3268	23.8	23.6	25.4
2017	3316	24.1	24	26.1
2018	3356	24.5	24.3	26.0
2019	3399	24.8	24.6	26.4
2020	3445	25.2	24.9	26.7
2021	3494	25.6	25.2	27.1

**Tabla VI.3 Reducción de emisiones de PM10 debido a M1, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M1 (ton)		% REDUCCION M1	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3850	28.4	0	0.0
2009	3828	28.3	1.3	1.4
2010	3766	27.8	4	4.1
2011	3709	27.3	6.8	7.5
2012	3582	26.3	11	11.7
2013	3391	24.7	16.8	18.2
2014	3200	23.2	22.9	24.7
2015	3231	23.5	23.2	24.9
2016	3268	23.8	23.6	25.4
2017	3316	24.1	24	26.1
2018	3356	24.5	24.3	26.0
2019	3399	24.8	24.6	26.4
2020	3445	25.2	24.9	26.7
2021	3494	25.6	25.2	27.1



**Figura 6.1 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M1**

o **Costo de la Medida**

Esta medida consiste en modificar el comportamiento de compra de los consumidores tal que se venda solo leña seca en vez de leña húmeda.

**Costo Privado.**

Tanto para el escenario pesimista como para el optimista, el porcentaje inicial de penetración es de un 20%, porcentaje que no lleva costos asociados, ya que corresponde al porcentaje actual de leña seca vendida en las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

Para determinar los costos se consideró que la distribución de compra de leña húmeda y seca es similar en ambas comunas.

Los precios normalizados de la leña en ambas comunas se presentan en la Tabla VI.4

**Tabla VI.4 Precio del metro estéreo de leña (\$)**

	Seca	Húmeda	Delta Precio
<b>Temuco</b>	14.000	9.318	4.682
<b>Padre Las Casas</b>	14.000	7.780	6.220

Fuente: Referencia 11 Capítulo 5

Si bien existen estudios [23], de los que se pueden desprender distintos precios de la leña, se han utilizado estos (Tabla VI.4) por ser más conservadores y más ajustados a los observados en terreno.

Se determinó, basados en un año cualquiera, la distribución de consumo de leña entre las comunas de Temuco y Padre Las Casas, correspondiendo a la comuna de Temuco un 85% de la leña total consumida, y un 15% a la comuna de Padre Las Casas.



En primer lugar se calculó la cantidad de Leña seca a comercializar, la que se obtuvo multiplicando la totalidad de leña vendida anualmente, por el porcentaje de distribución comunal (85% Temuco, 15% Padre Las Casas), obteniéndose así la cantidad de leña vendida por comuna. Esta cantidad se distribuye por el respectivo porcentaje de penetración, obteniéndose de esta manera, la cantidad de leña seca que debe ser vendida.

De acuerdo al estudio de Vitae [24], se encontró que un 80% de la leña utilizada en Temuco y Padre Las Casas, tenía una humedad superior a la estipulada en la norma, es decir mayor al 25% en base seca, esto implica que el 20% de leña vendida es seca, por este motivo este es un costo ya asumido por la población y no se incluye en el cálculo de costos.

El costo del reemplazo de la medida por año se calculó por comuna, debido a la diferencia de precio encontrada, restando la Leña seca a comercializar menos la Leña seca comercializada, valor que se multiplicó por el delta precio (diferencia de precio entre la leña seca y húmeda), de esta forma se obtiene el costo anual de la medida por comuna. El costo total se obtiene sumando los costos de cada comuna. Se realizó una proyección a 15 años, en dos escenarios, según el porcentaje de penetración, de la cual se obtuvo el VAN de la medida (Ver Talas VI.5 y VI.6).

**Tabla VI.5 Costo Privado Medida M1, Caso Optimista**

Año	Leña seca a comercializar		Leña seca comercializada		Costo del reemplazo (\$)		Costo total (\$)
	Temuco	PLC	Temuco	PLC	Temuco	PLC	
<b>2007</b>	83.065	14.687	83.065	14.687	0	0	0
<b>2008</b>	126.593	22.383	84.395	14.922	197.569.681	46.407.354	243.977.035
<b>2009</b>	213.521	37.753	85.408	15.101	599.822.693	140.892.994	740.715.687
<b>2010</b>	325.472	57.547	86.793	15.346	1.117.497.852	262.490.267	1.379.988.119
<b>2011</b>	443.297	78.379	88.659	15.676	1.660.411.746	390.015.893	2.050.427.639
<b>2012</b>	450.345	79.626	90.069	15.925	1.686.813.412	396.217.408	2.083.030.820
<b>2013</b>	457.834	80.950	91.567	16.190	1.714.863.790	402.806.191	2.117.669.981
<b>2014</b>	473.154	83.658	94.631	16.732	1.772.244.047	416.284.301	2.188.528.348
<b>2015</b>	478.273	84.564	95.655	16.913	1.791.420.664	420.788.717	2.212.209.381
<b>2016</b>	488.969	86.455	97.794	17.291	1.831.483.083	430.199.022	2.261.682.105
<b>2017</b>	501.841	88.731	100.368	17.746	1.879.696.758	441.523.984	2.321.220.742
<b>2018</b>	512.348	90.588	102.470	18.118	1.919.049.404	450.767.569	2.369.816.972
<b>2019</b>	523.393	92.541	104.679	18.508	1.960.419.971	460.485.145	2.420.905.116
<b>2020</b>	534.987	94.591	106.997	18.918	2.003.846.653	470.685.685	2.474.532.338
<b>2021</b>	547.150	96.742	109.430	19.348	2.049.405.839	481.387.131	2.530.792.970
<b>VAN Escenario Optimista</b>							<b>11.594.892.946</b>



**Tabla VI.6 Costo Privado Medida M1, Caso Pesimista**

Año	Leña seca a comercializar		Leña seca comercializada		Costo del reemplazo (\$)		Costo total (\$)
	Temuco	PLC	Temuco	PLC	Temuco	PLC	
<b>2007</b>	83.065	14.687	83.065	14.687	0	0	0
<b>2008</b>	84.395	14.922	84.395	14.922	0	0	0
<b>2009</b>	106.760	18.876	85.408	15.101	99.970.449	23.482.166	123.452.615
<b>2010</b>	151.887	26.855	86.793	15.346	304.772.141	71.588.255	376.360.396
<b>2011</b>	199.483	35.271	88.659	15.676	518.878.671	121.879.966	640.758.637
<b>2012</b>	270.207	47.775	90.069	15.925	843.406.706	198.108.704	1.041.515.410
<b>2013</b>	366.267	64.760	91.567	16.190	1.286.147.842	302.104.643	1.588.252.486
<b>2014</b>	473.154	83.658	94.631	16.732	1.772.244.047	416.284.301	2.188.528.348
<b>2015</b>	478.273	84.564	95.655	16.913	1.791.420.664	420.788.717	2.212.209.381
<b>2016</b>	488.969	86.455	97.794	17.291	1.831.483.083	430.199.022	2.261.682.105
<b>2017</b>	501.841	88.731	100.368	17.746	1.879.696.758	441.523.984	2.321.220.742
<b>2018</b>	512.348	90.588	102.470	18.118	1.919.049.404	450.767.569	2.369.816.972
<b>2019</b>	523.393	92.541	104.679	18.508	1.960.419.971	460.485.145	2.420.905.116
<b>2020</b>	534.987	94.591	106.997	18.918	2.003.846.653	470.685.685	2.474.532.338
<b>2021</b>	547.150	96.742	109.430	19.348	2.049.405.839	481.387.131	2.530.792.970
<b>VAN Escenario Pesimista</b>							<b>8.509.132.188</b>

El mayor VAN del escenario optimista se debe a la mayor cantidad de años con medida, ya que en el escenario optimista la medida se comienza a aplicar antes.

### Instrumento Económico

Los instrumentos que se consideran son: un impuesto a la leña húmeda que no cumpla con las exigencias establecidas en la medida o un subsidio a la leña seca.

Si bien la forma más adecuada para forzar a que se internalicen las externalidades negativas producidas por la emisión de material particulado producto de la quema de leña es mediante un impuesto, en este caso serían difíciles de administrar ya que una parte importante del mercado de leña en el sur del país es actualmente o potencialmente informal. El impuesto fomentaría la sustitución de los proveedores formales por proveedores informales, sin obtener grandes cambios en el consumo de leña [4]. La leña presenta bastante heterogeneidad en cuanto a su calidad y la contaminación que genera su combustión, por lo tanto, en principio, un impuesto debería ser diferenciado según los tipos de leña comercializados, lo cual dificultaría aún más la fiscalización de un impuesto a este combustible. Por último, políticamente podría ser difícil introducir restricciones al uso de leña en una zona donde tradicionalmente se ha usado este combustible y donde la infraestructura establecida para la provisión de combustibles alternativos (como gas natural) es pequeña o inexistente.

Como respuesta de 'segundo mejor', un subsidio para fomentar el uso de leña seca podría mejorar la asignación de recursos, con menores costos administrativos y oposición política.



Asimismo, un mecanismo de crédito blando a los productores no es aplicable en este caso ya que, al subsidiar la oferta, es posible que no se traspase a los consumidores el beneficio del subsidio, quedando como utilidades de las empresas de la cadena de distribución. Los créditos son aplicables generalmente en el caso de inversiones tales como equipamiento que reduzca las emisiones de MP en el usuario final.

En este caso, el objeto del subsidio debiera estar focalizado en el consumo y no en la inversión, ya que no se hace necesario hacer grandes inversiones par cambiar el consumo de leña húmeda a leña seca.

El subsidio debe estar orientado a formalizar y consolidar el mercado de leña seca, cuyo objetivo final sería bajar las emisiones de MP, por lo que no debiera discriminar según estrato socioeconómico. Este subsidio debiera ser decreciente y estar asociado a la prohibición de consumo de leña húmeda.

El subsidio debe estar orientado a cubrir el total del costo privado que asumirá la sociedad por la implementación de la medida. De esta manera, para el consumidor será indistinto la compra de leña húmeda o seca, ya que estas tendrían un precio similar.

El subsidio debiera cubrir el total del diferencial entre precios de la leña húmeda y seca. Podría generarse un problema de arbitraje si se subsidia el diferencial de precio específico de Temuco y Padre Las Casas, por lo que se sugiere que el subsidio debiera ser igual en ambas comunas.

El subsidio debiera ser de un monto de aproximadamente \$5.450 por metro estéreo. Este valor se desprende del valor medio de los diferenciales de precios entre leña húmeda y seca de ambas comunas.

Con un nivel de subsidio de este nivel, el cual sería decreciente en el tiempo, terminado el subsidio en el año 5 (implementación del 100% de la medida en el caso optimista) el valor presente del subsidio sería de:

<b>VAN Subsidio Escenario Optimista</b>	<b>\$ 2.561.823.865</b>
-----------------------------------------	-------------------------

<b>VAN Subsidio Escenario Pesimista</b>	<b>\$ 1.402.791.726</b>
-----------------------------------------	-------------------------

Dado que para este caso se refiere a un subsidio decreciente en el tiempo, no se presentan obstáculo, ya que hoy día existe rechazo a los impuestos más que a los subsidios por parte de la comunidad. Respecto a los obstáculos sociales y éticos solamente se visualiza que podría existir un rechazo de alguna agrupación de defensa del bosque, ya que el subsidio permitirá que se siga usando la leña como combustible.



## **Instrumentos de Fomento para la implementación de la medida**

Casi todos los instrumentos de CORFO se podrían aplicar para apoyar la implementación de esta medida, tal como los instrumentos de calidad y productividad como PROFOS, esquemas asociativos para que un grupo de empresas de leña aborden en conjunto la producción de leña seca al amparo de un Acuerdo de producción Limpia.

Asimismo las empresas pueden innovar en procesos de secado más eficientes y/o nuevos productos, a través de un nuevo dimensionado de leña que haga más eficiente su quemado, por ejemplo a través de INNOVA.

Instrumentos de financiamiento podrían permitir que las empresas financien equipamiento productivo para el secado de leña, la infraestructura para el almacenamiento y el capital de trabajo necesario para mantener el stock de leña durante el proceso de secado.

Por su lado, los instrumentos de SENCE permitirían capacitar a los trabajadores y microempresarios en procesos de secado, manejo y acopio de leña.

Por otro lado, los instrumentos de CONICYT y del PBCT aplicables a esta medida serían el instrumento FONDEF e INNOVA y Consorcios Tecnológicos Empresariales, con el objetivo de desarrollar tecnología de punta en secado de leña, por ejemplo.

## **Costo Público**

Se entiende como costo público, aquel gasto en que debe incurrir el Gobierno para llevar a cabo de buena forma la implementación de esta medida.

El costo público implica:

- Diseño de la medida, el que se estima en \$5.000.000 [12].
- Implementación, costo que incluye capacitación y Asistencia técnica. En la capacitación se estima un gasto de \$6.000.000 anuales hasta el año 10, y está orientada a educar a productores, distribuidores y consumidores en la utilización de planes de manejo. El costo de la asistencia técnica, se estima en \$4.000.000 anuales hasta el año 10, valor que decrece paulatinamente hasta el año 15.
- Fiscalización: Se consideran 10 fiscalizadores, un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales [10].
- Para la difusión de la medida se estima \$10.000.000 los primeros 5 años, luego un gasto decreciente hasta el año 15.

Las referencias utilizadas en el cálculo de los costos públicos son las mismas en la continuación del informe, a no ser que se explicita una fuente distinta.

El Valor presente del costo público de la Medida M1 se muestra en la Tabla VI.7.

**Tabla VI.7 Costo Público Medida M1**

Año	Diseño	Asistencia Técnica	Capacitación	Fiscalización	Difusión	Total anual
2007	5.000.000	4.000.000	6.000.000	7.000.000	10.000.000	32.000.000
2008	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	10.000.000	27.000.000
2009	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	10.000.000	27.000.000
2010	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	10.000.000	27.000.000
2011	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	10.000.000	27.000.000
2012	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	9.000.000	26.000.000
2013	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	9.000.000	26.000.000
2014	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	8.000.000	25.000.000
2015	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	7.000.000	24.000.000
2016	0	4.000.000	6.000.000	7.000.000	6.000.000	23.000.000
2017	0	3.000.000	0	7.000.000	5.000.000	15.000.000
2018	0	3.000.000	0	7.000.000	4.000.000	14.000.000
2019	0	2.000.000	0	7.000.000	3.000.000	12.000.000
2020	0	1.000.000	0	7.000.000	2.000.000	10.000.000
2021	0	1.000.000	0	7.000.000	1.000.000	9.000.000
<b>VAN</b>						<b>183.605.707</b>

#### ° Aspectos legales

En tanto el expendio constituye venta, la medida se aplica a todos aquellos que integran la cadena de comercialización de la leña, es decir, al productor, al distribuidor y al comercializador final. Si bien la forma de implementar la medida en las diversas fases de la cadena de comercialización puede ser distinta, en todos ellos el objetivo final será el mismo: adecuarse a los requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial N° 2907. Esta norma de calidad establece la clasificación y requisitos que debe cumplir la leña para ser empleada como combustible en el sector residencial, entre otros, y se complementa con la Norma Chilena Oficial N° 2965, que establece los procedimientos de inspección y muestreo que permiten verificar que un lote o partida de leña cumple con los requisitos señalados por la NCh 2907.

Estas normas fueron oficializadas por Resolución Exenta N° 569/2005 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, publicada en el Diario Oficial de 23/09/05. Con la declaración de norma oficial, se podrán citar en los vistos del decreto supremo que establecerá el Plan de Temuco y Padre Las Casas (artículo 44 de la Ley 19.300). Así la comercialización de leña que cumpla con la clasificación y requisitos de calidad establecidos en la NCh 2907, podrá ser controlada.

En la estrategia para el control de cumplimiento de las normas chilenas oficiales identificadas, se debe tener presente la Ley N° 19.496, que contiene las disposiciones que regulan las atribuciones del Servicio Nacional del Consumidor, entre otras, las de los artículos 3° y 58. El primero de ellos, regla los derechos y deberes básicos del consumidor, en sus literales b) y d) establece "El derecho a una información veraz y oportuna sobre los bienes y servicios ofrecidos, su precio, condiciones de contratación y otras características relevantes de los mismos, y el deber de informarse responsablemente de ellos;" y "La seguridad en el consumo de bienes o servicios, la protección de la salud y el medio ambiente". El segundo artículo citado, en sus literales b) y c) faculta al SERNAC a realizar, a través de laboratorios o entidades especializadas, de reconocida solvencia, análisis selectivos



de los productos que se ofrezcan en el mercado en relación a su composición, contenido neto y otras características y, recopilar, elaborar, procesar, divulgar y publicar información para facilitar al consumidor un mejor conocimiento de las características de la comercialización de los bienes y servicios que se ofrecen en el mercado. Con ello, se pueden cumplir dos objetivos, determinar los requisitos de calidad de la leña y divulgación a los consumidores de tales requisitos.

Como la determinación de las autoridades competentes en materia de control no se encuentra definida en una norma legal vigente, la propuesta razona a base de entender que debe existir la debida coordinación de diversas autoridades. Es así, que la fiscalización de materias relacionadas con la protección de la salud -en tanto el plan de descontaminación tiene su origen en la superación de una norma primaria de calidad ambiental- corresponde a la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de la Araucanía en coordinación con la Comisión Nacional del Medio Ambiente. La Contraloría General de la República ha resuelto, que frente a una materia como la de la referencia, es necesario tener presente lo previsto en el artículo 5º, inciso segundo, de Ley Nº 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, en cuya virtud los órganos de la Administración deberán cumplir sus cometidos coordinadamente y propender a la unidad de acción, evitando la duplicación e interferencia de funciones.

Las facultades de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud se contienen en el D.F.L. número 01 de 2005 que Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Decreto Ley número 2763/79, la Ley número 18.933, el artículo 4 de la ley Nº 18.469, el Decreto Supremo Nº 136 de 2004 del Ministerio de Salud, Reglamento Orgánico de ese Ministerio y de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud y los artículos 3, 5, 9 y el procedimiento de sanción establecido en el Libro X del Código Sanitario.

Sin embargo, la fiscalización de esta Secretaría Regional demanda la verificación directa del grado de cumplimiento o incumplimiento, por parte de funcionarios del organismo fiscalizador, puesto que si bien para el Estado puede resultar más eficiente y de menor costo fiscal el instaurar un mecanismo de certificación o verificación de conformidad, la autoridad sanitaria sólo cuenta con facultades legales para autorizar laboratorios de medición de emisiones, de conformidad con lo dispuesto en el artículos 42 del Código Sanitario, pero no para certificar.

Los sistemas de certificación importan la verificación, por parte de un tercero independiente, que un producto cumple con las especificaciones o requisitos establecidos en una norma. Normalmente esta verificación de conformidad se hace mediante pruebas o ensayos. Por consiguiente, la implementación de un sistema de certificación supone necesariamente el establecimiento de un marco legal y reglamentario para facultar al órgano público para otorgar la autorización correspondiente a los organismos de certificación, para que éstos, a su vez, certifiquen que un producto, en este caso, la leña, cumple con las especificaciones y requisitos establecidos en la norma técnica. La inexistencia de órgano competente para implementar un sistema de certificación como el propuesto, se torna en un elemento central para la implementación efectiva de la medida M1 y las otras asociadas a esta como es la certificación de calefactores.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, referido a la falta de autoridades expresamente habilitadas para la completa regulación de la leña, las normas del SERNAC y de la Autoridad Sanitaria Regional deben ser complementadas con las normas de los municipios, CONAF, SEREMI de Transportes, Servicio de Impuestos Internos.



En efecto, la Ley 18695, modificada por ley 19602, en sus artículos 3 y 4 dispone que las municipalidades, en el ámbito de su territorio, en este caso en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, podrán desarrollar, directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con la salud pública, la protección del medio ambiente y transporte y tránsito públicos. El artículo 5, inciso 3º del mismo texto, dispone, que sin desmedro de las funciones y atribuciones de otros organismos públicos, los municipios podrán colaborar en la fiscalización y en el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias (en este caso del plan) correspondientes a los ámbitos señalados, dentro de los límites comunales.

Asimismo, la Corporación Nacional Forestal debe exigir guías de libre tránsito verificándose si se trata de un bosque intervenido previa su autorización; los funcionarios de la SEREMI de Transportes y los inspectores municipales deben controlar si los vehículos cumplen las regulaciones establecidas por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; y por último el Servicio de Impuestos Internos puede exigir los antecedentes tributarios, factura o guía de despacho.

Los párrafos anteriores tienen su sustento en la jurisprudencia de la Contraloría General de la República, dictamen 010020N97, que a propósito del control de legalidad realizado al Decreto Supremo 298/94 de Transportes y Telecomunicaciones estimó pertinente considerar el bien jurídico protegido para ampliar el universo posible de fiscalizadores. Así, entiende que "el acto analizado forma parte del sistema de transportes y tránsito público, por lo que en su control deben considerarse a todas las entidades que de alguna manera se involucran en su aplicación, como es carabineros, inspectores municipales, inspectores fiscales del ministerio indicado, de la Dirección de Vialidad en lo que les atañe y a todos los otros servicios que puedan supervigilar la peligrosidad de una carga transportada, como son los servicios de salud.

Finalmente debe considerarse el artículo 5º de ley 18575, conforme al cual las autoridades y funcionarios de la Administración Pública deben velar por la eficiencia de ella, procurando la simplificación y rapidez de los trámites y el mejor aprovechamiento de los medios disponibles y que los órganos públicos deben cumplir sus cometidos en forma coordinada y propendiendo a la unidad de acción, evitando duplicación e interferencia de funciones.

También el decreto estudiado protege el medio ambiente, como se expresa en su el artículo 1, tema que, como el de la salud, por su naturaleza y complejidad corresponden a campos que por ley, o son comunes o están entregados a distintas entidades de la administración estatal. No obstante, los preceptos del decreto son sin desmedro de las normas especiales aplicables a cada producto peligroso en particular y el transporte de productos explosivos o peligrosos y materiales radioactivos debe efectuarse según preceptos específicos dictados por otros ministerios y por las del Decreto nº 298 de 1994 precitado, siempre que no sean incompatibles. Las exigencias del cuerpo normativo examinado no solo se asocian a la circulación vehicular, que puede ser controlada en las vías públicas por carabineros o por el ministerio, sino que comprende aspectos como el acondicionamiento de la carga, su estiba y descarga, manipulación y estacionamientos, operaciones que se efectúan, por regla general, fuera de calles y caminos, oportunidad en que cobra especial importancia la participación de otros organismos como los de Salud, Servicio Agrícola y Ganadero, etc. En todo caso, los inspectores fiscales deben realizar los controles dentro del ámbito de competencia que por la ley les corresponda, pudiendo solicitar del Ministerio de Transportes, acorde con la ley 18059, que coordine la acción de los distintos fiscalizadores que debieran intervenir".

También se debe tener presente que, el incumplimiento de las normas contenidas en el plan se sanciona según lo dispuesto en el artículo 56 de la Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.



Esta norma que se inserta en el Título de la responsabilidad por daño ambiental, establece que: "Corresponderá a las Municipalidades, en conformidad con su ley orgánica constitucional, y a los demás organismos competentes del Estado, requerir del juez a que se refiere el artículo 60, la aplicación de sanciones a los responsables de fuentes emisoras que no cumplan con los planes de prevención o descontaminación". A su vez, el artículo 60 de la misma Ley, señala que será competente el juez de letras en lo civil del lugar en que se origine el hecho que causa el daño, o el del domicilio del afectado a elección de este último.

Con lo anterior, hemos expresado que la manera de implementar esta medida puede ser distinta dependiendo de dónde nos situemos en la cadena de comercialización de la leña.

En relación a los productores y a los distribuidores mayoristas, sería recomendable utilizar como instrumento de carácter voluntario el Acuerdo de Producción Limpia, esto es, un convenio con la autoridad por el cual se comprometen a modificar sus procesos productivos con el objeto de generar productos más limpios y menos contaminantes. En consideración a que la naturaleza de estos acuerdos es voluntaria, no sería necesario, aunque sí conveniente, conferir carácter obligatorio a las Normas Chilenas Oficiales N° 2907 y N° 2965.

Sin embargo, este tipo de acuerdo voluntario, que constituye un mecanismo de implementación de la medida 1, resulta interesante sólo si los productores y distribuidores cuentan con una asociación de carácter gremial que los agrupe y otorgue la representatividad que exige, para constituir un acuerdo o convenio de esta naturaleza con la autoridad, el organismo a cargo de su implementación, el Consejo de Producción Limpia.

Los productores de leña se benefician porque logran diferenciar favorablemente sus productos en el mercado, en una zona geográfica que cada vez se sensibiliza y adquiere mayor conciencia ciudadana respecto de la necesidad de descontaminar las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

La otra ventaja que plantea la suscripción de un Acuerdo de Producción Limpia es que permite el acceso a líneas de financiamiento de CORFO, que podrían facilitar las inversiones necesarias para acelerar el proceso de secado natural de la leña.

Las normas que regulan estos acuerdos son Normas Chilenas Oficiales que establecen las directrices para el desarrollo, implementación y certificación del cumplimiento de Acuerdos de Producción Limpia:

- o NCh 2797.Of2003 "Acuerdos de Producción Limpia (APL)- Especificaciones".
- o NCh 2807.Of2003 "Acuerdos de Producción Limpia (APL)- Diagnóstico, Seguimiento y Control, Evaluación final y Certificación de cumplimiento".
- o NCh 2825, sobre "Requisitos para los auditores de evaluación final". NCh 2796, sobre "Vocabulario" aplicado a este Sistema de Certificación.

Desde el punto de vista de la fiscalización, los Acuerdos de Producción Limpia son instrumentos que cuentan con sus propios mecanismos de control y seguimiento del adecuado cumplimiento de los compromisos adquiridos en los plazos establecidos.

Esta forma de implementación de la medida, mediante la celebración o suscripción de un Acuerdo de Producción Limpia, debiera establecerse en el propio Plan de Descontaminación Atmosférica. Así lo hizo el plan de descontaminación de la Región Metropolitana, D.S. 58 de 2004 de MINSEGPRES, en su artículo 76.



Ahora bien, respecto del comercializador final, la implementación de esta medida requiere que se establezca su obligatoriedad, dada la atomización e informalidad del mercado en esta etapa de la cadena de comercialización de la leña, incorporándola de la manera señalada más arriba. En estos aspectos, el artículo 46 de la Ley 19300, permite complementar ciertas materias poco reguladas, al ordenar que "En aquellas áreas en que se esté aplicando un plan de prevención o descontaminación, sólo podrán desarrollarse actividades que cumplan los requisitos establecidos en el respectivo plan".

Con todo, es interesante destacar que del estudio de determinadas Ordenanzas Municipales, se derivan elementos normativos que permitirían proponer una estrategia jurídica para ciertos aspectos de la comercialización de leña en sus diversas etapas que permitirían la implementación de la medida en estudio para el funcionamiento del plan, a lo menos en su primera etapa. La jurisprudencia de la Contraloría General de la República (CGR), entiende que las municipalidades están facultadas para dictar ordenanzas municipales estableciendo normas de carácter ambiental, pero la función de protección del medio ambiente que pueden realizar, debe enmarcarse dentro de la normativa legal vigente, por lo que tales ordenanzas no pueden establecer mayores requisitos o restricciones para el ejercicio de las actividades económicas, que aquellas que han sido impuestos por la ley o por las normas dictadas por los órganos competentes en materia ambiental.

Es decir, las municipalidades, conforme al artículo 10 de ley 18.695 (L.O.C. de Municipalidades), están facultadas para dictar ordenanzas estableciendo normas generales y obligatorias aplicables a la comunidad, pudiendo ejercer una de las atribuciones que les confiere el artículo 4 de esa ley, cual es la salud pública y la protección del medio ambiente. Sin embargo, tales ordenanzas no pueden establecer mayores requisitos o restricciones para el ejercicio de las actividades económicas, que aquellas que han sido impuestos por la ley o por las normas dictadas por los órganos competentes en materia ambiental, no existiendo ley ni órgano en relación a la materia en estudio que sirva de sustento para la señaladas ordenanzas.

Sin perjuicio de lo anterior, cabe señalar que las ordenanzas municipales, no deben someterse al control de legalidad y constitucionalidad a través del trámite de toma de razón que realiza la Contraloría General de la República, no obstante lo cual la Contraloría ejerce la fiscalización de las Municipalidades. Dado lo anterior, en la actualidad es posible identificar ordenanzas municipales vigentes a pesar que adolecen de vicios de legalidad y constitucionalidad.

#### ◦ **Uso de leña seca**

Esta parte de la Medida M1 se aplica al usuario, obligándolo a adquirir leña seca y está orientada a desincentivar la compra de leña húmeda, a un menor costo, en comunas aledañas a las declaradas zonas saturadas, por la vía de establecer una prohibición de uso de leña con un alto contenido de humedad y fuera de especificaciones.

El éxito de esta medida depende de que pueda implementarse la medida anterior, toda vez que no es posible exigir el uso de un producto con determinadas características si no es posible garantizar que existirá un mercado disponible en la calidad que se exige.

**MEDIDA 2: Implementar de manera obligatoria catalizadores en las estufas a leña.**

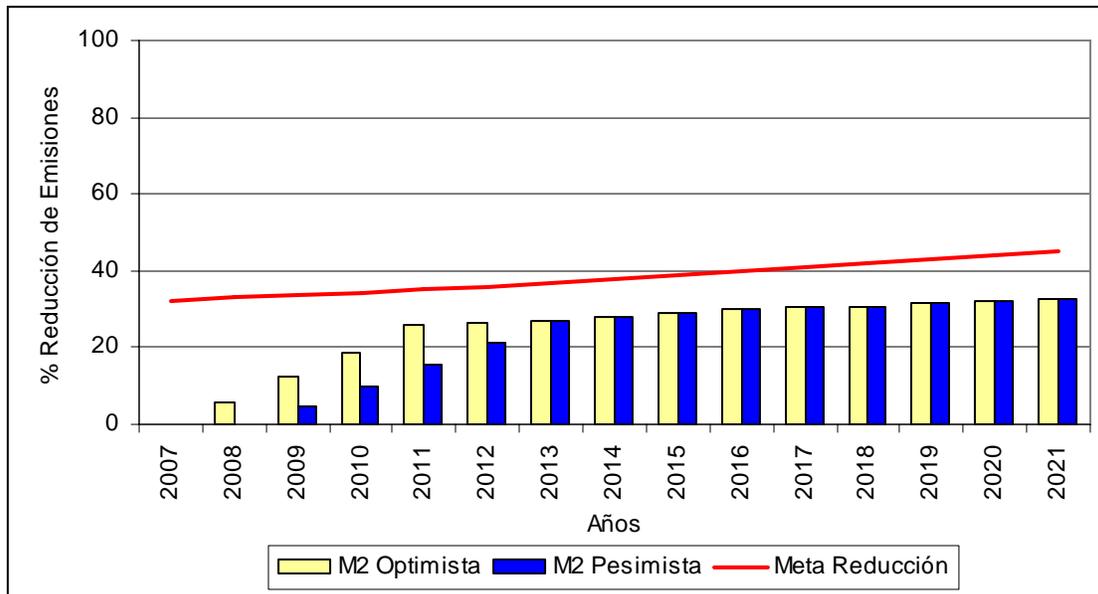
Para estimar el potencial de reducción de emisiones, se determinó anualmente el número de equipos totales, los que corresponden a la suma de equipos cámara simple y doble cámara proyectados para cada año. Luego se determinaron los equipos totales con catalizador, lo que corresponde a los equipos totales por el porcentaje de penetración respectivo. Posteriormente se determinaron los equipos con catalizador ese año, que corresponde sólo a los equipos cambiados ese año.

o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10****Tabla VI.8 Reducción de emisiones de PM10 debido a M2, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M2 (ton)		% REDUCCION M2	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3643	26.8	5.4	5.6
2009	3450	25.2	11.1	12.2
2010	3251	23.6	17.1	18.6
2011	3029	21.8	23.9	26.1
2012	3041	21.9	24.4	26.5
2013	3055	22	25.0	27.2
2014	3068	22.1	26.0	28.2
2015	3087	22.3	26.6	28.8
2016	3106	22.4	27.4	29.8
2017	3134	22.7	28.2	30.4
2018	3161	22.9	28.7	30.8
2019	3191	23.1	29.2	31.5
2020	3224	23.4	29.8	32.0
2021	3258	23.7	30.3	32.5

**Tabla VI.9 Reducción de emisiones de PM10 debido a M2, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M2 (ton)		% REDUCCION M2	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.0	0.0
2008	3850	28.4	0.0	0.0
2009	3707	27.3	4.4	4.9
2010	3564	26.1	9.1	10.0
2011	3409	24.9	14.3	15.6
2012	3238	23.5	19.5	21.1
2013	3055	22	25.0	27.2
2014	3068	22.1	26.0	28.2
2015	3087	22.3	26.6	28.8
2016	3106	22.4	27.4	29.8
2017	3134	22.7	28.2	30.4
2018	3161	22.9	28.7	30.8
2019	3191	23.1	29.2	31.5
2020	3224	23.4	29.8	32.0
2021	3258	23.7	30.3	32.5



**Figura 6.2 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M2**

#### o **Costo de la Medida**

Esta medida consiste en instalar un catalizador en los equipos de combustión a leña, específicamente en estufas de doble cámara y de cámara simple de forma obligatoria. Para ello hay que determinar que catalizador es apropiado y realizar las modificaciones estructurales en cada equipo ya instalado.

#### **Costo privado**

El catalizador a utilizar es de fabricación nacional, su valor se detalla en la Tabla VI.10, no obstante, su precio se determinará con mayor exactitud en el AGIES.

Adicionalmente existen costos asociados a la instalación, mantenimiento, operación y recambio de los catalizadores. Se estima que las modificaciones para estufas de cámara simple (CS) son mayores que para estufas de doble cámara (DC), ya que para las primeras se requiere la construcción de una segunda cámara para instalar el catalizador, por tanto su costo de adaptación es mayor. En cambio el costo de la modificación de la estufas de doble cámara es menor, ya que solo implica la construcción de una parrilla en la segunda cámara donde colocar el catalizador. La vida útil del catalizador se estima en dos años y el costo de recambio de este es similar en ambos casos. Es por esto que se calcularon los equipos por recambio ese año que corresponde al número de catalizadores que han vencido su vida útil.

El costo anual de la medida se calculó por equipo debido a la diferencia de precio en la inversión inicial (modificación), multiplicando el número de equipos proyectados por el porcentaje de penetración de la medida por el costo inicial respectivo (mencionado en la Tabla VI.10) (CS (cámara simple) más costo DC (doble cámara), a este costo se restó la sumatoria de los costos de los años anteriores (se considera los equipos de ese año). Adicionalmente existe un costo de recambio, debido a la vida útil del catalizador, el costo recambio se obtiene multiplicando los equipos por recambio por dicho costo. El costo total anual se obtiene sumando los tres costos mencionados anteriormente.



**Tabla VI.10 Datos Catalizador nacional (\$)**

Costo catalizador	15.000
Modificación CS	40.000
Modificación DC	25.000
Recambio (mano de obra)	15.000
<b>COSTO INICIAL CS</b>	<b>55.000</b>
<b>COSTO INICIAL DC</b>	<b>40.000</b>
<b>COSTO RECAMBIO</b>	<b>30.000</b>

Las Tablas VI.11 y VI.12 muestra el VAN para los escenarios Optimista y Pesimista, respectivamente.

**Tabla VI.11 Costo Privado Medida M2, Caso Optimista**

Año	Equipos totales	Equipos totales con catalizador	Equipos con catalizador	Equipos por recambio	Total equipos con medida	Costo estufa Cámara simple	Costo estufa Doble Cámara	Costo Recambio	Costo total anual (\$)
2007	22.751	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	23.888	5.972	5.972	0	5.972	279.056.250	35.930.000	0	314.986.250
2009	24.824	12.412	6.440	0	6.440	300.368.750	39.150.000	0	339.518.750
2010	25.901	19.426	7.014	5.972	12.986	326.672.500	42.970.000	179.160.000	548.802.500
2011	27.461	27.461	8.035	6.440	14.475	371.442.500	51.270.000	193.200.000	615.912.500
2012	28.448	34.230	6.769	7.014	13.783	45.925.000	6.080.000	210.412.500	262.417.500
2013	29.472	35.461	1.231	8.035	9.266	47.630.000	6.320.000	241.057.500	295.007.500
2014	31.230	36.737	1.276	6.769	8.045	78.155.000	13.480.000	203.070.000	294.705.000
2015	32.353	38.602	1.865	1.231	3.096	52.140.000	7.000.000	36.930.000	96.070.000
2016	33.844	39.991	1.389	1.276	2.665	66.550.000	11.240.000	38.280.000	116.070.000
2017	35.498	41.670	1.679	1.865	3.544	75.460.000	11.280.000	55.950.000	142.690.000
2018	36.775	43.524	1.854	1.389	3.243	59.125.000	8.080.000	41.670.000	108.875.000
2019	38.098	45.090	1.566	1.679	3.245	61.215.000	8.400.000	50.370.000	119.985.000
2020	39.468	46.712	1.622	1.854	3.476	63.415.000	8.680.000	55.620.000	127.715.000
2021	40.887	48.391	1.679	1.566	3.245	65.725.000	8.960.000	46.980.000	121.665.000
<b>VAN Escenario Optimista</b>									<b>1.977.381.100</b>



**Tabla VI.12 Costo Privado Medida M2, Caso Pesimista**

Año	Equipos totales	Equipos totales con catalizador	Equipos con catalizador	Equipos por recambio	Total equipos con medida	Costo estufa Cámara simple	Costo estufa Doble Cámara	Costo Recambio	Costo total anual (\$)
2007	22.751	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	23.888	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	24.824	4965	4.965	0	4.965	231.770.000	30.032.000	0	261.802.000
2010	25.901	10360	5.396	0	5.396	251.482.000	32.928.000	0	284.410.000
2011	27.461	16477	6.116	4.965	11.081	283.272.000	38.632.000	148.944.000	470.848.000
2012	28.448	22.758	6.282	5.396	11.677	292.248.000	38.728.000	161.868.000	492.844.000
2013	29.472	29.472	6.714	6.116	12.830	312.323.000	41.400.000	183.486.000	537.209.000
2014	31.230	31.230	1.758	6.282	8.040	78.155.000	13.480.000	188.454.000	280.089.000
2015	32.353	32.353	1.123	6.714	7.837	52.140.000	7.000.000	201.408.000	260.548.000
2016	33.844	33.844	1.491	1.758	3.249	66.550.000	11.240.000	52.740.000	130.530.000
2017	35.498	35.498	1.654	1.123	2.777	75.460.000	11.280.000	33.690.000	120.430.000
2018	36.775	36.775	1.277	1.491	2.768	59.125.000	8.080.000	44.730.000	111.935.000
2019	38.098	38.098	1.323	1.654	2.977	61.215.000	8.400.000	49.620.000	119.235.000
2020	39.468	39.468	1.370	1.277	2.647	63.415.000	8.680.000	38.310.000	110.405.000
2021	40.887	40.887	1.419	1.323	2.742	65.725.000	8.960.000	39.690.000	114.375.000
<b>VAN Escenario Pesimista</b>									<b>1.697.535.830</b>

La tasa de descuento utilizada en el cálculo del VAN en ambos casos es de 10%, ya que esta es la tasa recomendada para proyectos ambientales. El VAN del escenario pesimista es menor que el escenario optimista ya que la aplicación de la medida se retrasa, aumentando, en el caso del escenario optimista no solo el número de equipos por concepto de aplicación de la medida, si no también por concepto de recambio.

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño de la medida, el que se estima en \$5.000.000 (una sola vez)
- Implementación: \$30.000.000, por una sola vez, esto implica realizar pruebas de homologación de catalizadores.
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$10.000.000 los primeros 6 años.

**Tabla VI.13 Costo Público Medida M2**

Año	Diseño	Implementación	Fiscalización	Difusión	Total anual
2007	5.000.000	30.000.000	7.000.000	10.000.000	52.000.000
2008	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2009	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2010	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2011	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2012	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2013	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2014	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2015	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2016	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2017	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2018	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2019	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2020	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2021	0	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>VAN (\$)</b>					<b>128.613.345</b>

#### ◦ Aspectos legales

Esta medida es aplicable a aquellos usuarios residenciales que utilicen en sus viviendas artefactos a leña para calefaccionarse. A ellos, se les induciría u obligaría según el mecanismo de implementación, al uso de un catalizador u otro sistema o mecanismo para el control de emisiones de Material Particulado en sus equipos de combustión residencial.

Sin embargo, para establecer tal exigencia se requiere que la autoridad determine cuál es el nivel de control o abatimiento de emisiones al que se quiere llegar. En otras palabras, esta medida puede ser implementada mediante dos mecanismos:

- a) Por medio del establecimiento de una norma de emisión para equipos de combustión residencial a leña, que implique un determinado estándar tecnológico sustentado en los pertinentes estudios según habilita el artículo 34 del D.S. N° 93/95 del MINSEGPRES, o bien
- b) Por medio de la certificación de los catalizadores.

En el primer caso, la fiscalización implicaría la verificación directa del cumplimiento de la norma, mientras que en el segundo, se requerirá crear el sistema de homologación o certificación de estos equipos.

En este contexto y como antecedente, debe considerarse el actual plan de descontaminación para la Región Metropolitana, el que en el Capítulo sobre Control de emisiones de Mp10 asociadas a la calefacción Residencial en la Región Metropolitana (artículos 52 y siguientes) fija normas de emisión para equipos nuevos de calefacción residencial que operen con leña o biomasa, fijando un plazo para cumplir y certificar el cumplimiento de estas normas. Para implementar esta norma se fija un plazo para elaborar un estudio tendiente a determinar el procedimiento de certificación de estos equipos nuevos y establecer un procedimiento que haga operativa la compensación de emisiones para estos equipos. Sin embargo, mientras no se encuentren vigentes las medidas establecidas en el presente capítulo, deberá darse cumplimiento al D.S. N°811 de 1993 del Ministerio de Salud, que prohíbe el uso de chimeneas de hogar abierto y amplía la restricción a otros equipos para los episodios críticos



de contaminación. La fiscalización en este caso corresponde al Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, hoy SEREMI de Salud de la Región Metropolitana. El problema mayor de esta norma es, una vez más, que no existe un órgano competente para la implementación del sistema de certificación a que alude el plan.

Otro antecedente que incide directamente en esta medida, es la actual elaboración por CONAMA de una Norma de Emisión de Material Particulado Respirable (MP10) nacional para artefactos de combustión residencial a leña, proceso que se espera esté concluido a fines del año 2006. Sin embargo, esta norma de emisión, será aplicable para equipos nuevos, y no para los que estén en uso a la fecha de entrada en vigencia de la norma. Esta norma se sustenta sobre la base de la certificación y homologación de equipos, para lo cual se requerirá de un órgano público competente que cuente con esta atribución.

Por consiguiente, se debe considerar esta circunstancia y establecer una norma de emisión para fuentes existentes si se quiere implementar la obligatoriedad en la instalación de catalizadores u otro estándar tecnológico para equipos de combustión residencial o utilizar el mecanismo de la certificación, que como hemos visto, requiere para su implementación de un órgano facultado expresamente para ello.

Por otra parte, la norma de emisión propuesta puede ser elaborada en el mismo proceso del plan de descontaminación, lo que se encuentra confirmado por dictamen de Contraloría al haber sido consultada sobre el particular durante el proceso de elaboración del primer plan de Descontaminación para la Región Metropolitana. La norma de emisión deberá cumplir con los mismo contenidos definidos en el Decreto supremo nº 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, entre los cuales se encuentran los siguientes: valor de la norma medida en el efluente, objetivos de protección ambiental; ámbito territorial de su aplicación, tipos de fuentes reguladas, Metodologías de medición y control, fiscalizadores y plazo de entrada en vigencia (artículo 35).

También cabe tener presente, lo dispuesto en los artículo 6º y 7º de la Constitución Política de la República, en conjunto con el artículo 2º de la Ley Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, que tienen como propósito y efecto el de consagrar en nuestro ordenamiento jurídico, y como elemento esencial del Estado de Derecho, el denominado "Principio de Juridicidad".

Con lo anterior, de la misma normativa citada, y del Artículo 62, inciso 4º, Nos 2 y 4, de la misma Carta Fundamental- se desprende que la vinculación de la Administración al derecho y por tanto, al "Principio de Juridicidad"- es por regla general de carácter positiva y no negativa, en el sentido de que la Administración sólo puede realizar aquellas actuaciones que le estén expresamente permitidas o autorizadas por el orden jurídico, sin perjuicio de que, por excepción, esa vinculación pueda ser negativa, como ocurre en los casos de competencia discrecional y de asignación de atribuciones o funciones genéricas, en que el ejercicio de esa discrecionalidad y de esas atribuciones o funciones no pormenorizadas le otorgan a la Administración espacios particulares de libertad de opciones que sólo reconocen los límites que el mismo orden jurídico establece.

Por ello, es importante considerar que la determinación de las autoridades competentes para homologar equipos no se encuentra definida al no existir una atribución especificada en una norma legal vigente. Sin embargo, la propuesta razona a base de entender que la autoridad sanitaria en coordinación con CONAMA cumplirán dicho rol, ello en tanto no existe una sola autoridad que tenga atribuciones en relación con la materia.



La Contraloría General de la República ha resuelto, que frente a una materia como la de la referencia, es necesario tener presente lo previsto en el artículo 5º, inciso segundo, de Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, en cuya virtud los órganos de la Administración deberán cumplir sus cometidos coordinadamente y propender a la unidad de acción, evitando la duplicación e interferencia de funciones.

Subsanadas las anteriores consideraciones, desde el punto de vista estrictamente jurídico, la implementación y aplicación de esta medida no representa mayores problemas, bastaría con establecer la exigencia en el Plan de Descontaminación Atmosférica y en tanto requiere la existencia de una norma de emisión, la fiscalización de esta medida debiera corresponderle a la misma autoridad a quien se encargue el control de la norma de emisión, la Secretaría Regional Ministerial de Salud.

No obstante, podría incentivarse el cumplimiento de esta medida, a través del otorgamiento de un sello para que el usuario lo exponga, de manera voluntaria, en un lugar visible de su vivienda.

La normativa asociada a esta medida, entonces, la constituye el Código Sanitario y, si se estima necesario medir con cierta periodicidad las emisiones, será importante tener en consideración lo previsto en el Decreto Supremo N° 2467 de 1994 del MINSAL, Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias.

En este sentido, y según se señaló en informe de avance, es a la Autoridad Sanitaria, de acuerdo a las normas obligatorias del D.F.L. N° 01/2005 que Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Decreto Ley N° 2763/79 y de las Leyes Nos. 18.933 Y N° 18.469, artículo 4º y del Código Sanitario en su artículo 5º, entre otras a quien corresponde la fiscalización de las medidas propuestas. Ahora bien, las medidas propuestas en el Plan de Descontaminación precisan preceptos específicos similares a los contenidos, entre otros, en los Decretos Supremos Números 144 de 1961 y 811 de 1993 del Ministerio de Salud. Esta última, prohíbe el funcionamiento de chimeneas para calefacción de viviendas y establecimientos en la Región Metropolitana.

A su vez la Comisión Nacional del Medio Ambiente, como órgano coordinador en materias medioambientales, debe realizar las gestiones necesarias tendientes a que la autoridad sanitaria competente aplique las medidas orientadas al control de las fuentes emisoras de material particulado.

Con todo, la Ley 18695, modificada por ley 19602, en su art/4 letra b) dispone que las municipalidades, en el ámbito de su territorio, podrán desarrollar, directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con la salud pública y la protección del medio ambiente. El art/5 inc/3 del mismo texto, dispone, que sin desmedro de las funciones y atribuciones de otros organismos públicos, los municipios 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.



**MEDIDA 3: Prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña.**

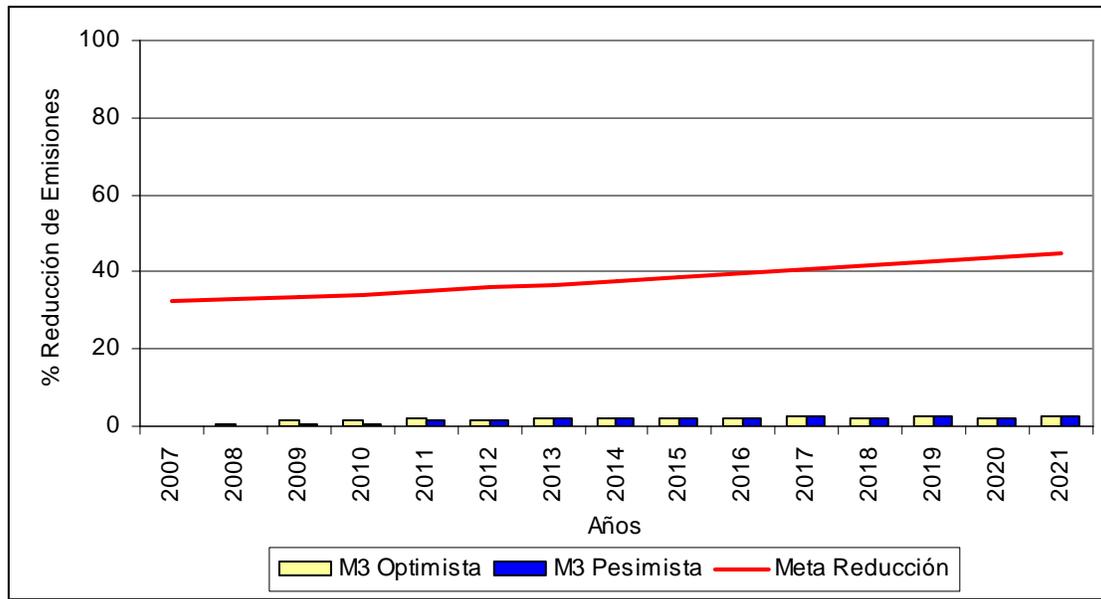
o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

**Tabla VI.14 Reducción de emisiones de PM10 debido a M3, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M3 (ton)		% REDUCCION M3	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.0	0.0
2008	3821	28.2	0.8	0.7
2009	3818	28.2	1.6	1.7
2010	3858	28.5	1.6	1.7
2011	3910	28.9	1.7	2.0
2012	3953	29.3	1.8	1.7
2013	4000	29.6	1.8	2.0
2014	4068	30.2	1.9	1.9
2015	4124	30.6	1.9	2.2
2016	4188	31.2	2.1	2.2
2017	4270	31.8	2.1	2.5
2018	4338	32.4	2.2	2.1
2019	4411	32.9	2.2	2.4
2020	4487	33.6	2.2	2.3
2021	4567	34.2	2.3	2.6

**Tabla VI.15 Reducción de emisiones de PM10 debido a M3, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M3 (ton)		% REDUCCION M3	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.0	0.0
2008	3850	28.4	0.0	0.0
2009	3864	28.5	0.4	0.7
2010	3890	28.8	0.8	0.7
2011	3927	29.1	1.3	1.4
2012	3953	29.3	1.8	1.7
2013	4000	29.6	1.8	2.0
2014	4068	30.2	1.9	1.9
2015	4124	30.6	1.9	2.2
2016	4188	31.2	2.1	2.2
2017	4270	31.8	2.1	2.5
2018	4338	32.4	2.2	2.1
2019	4411	32.9	2.2	2.4
2020	4487	33.6	2.2	2.3
2021	4567	34.2	2.3	2.6



**Figura 6.3 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M3**

° **Costo de la Medida**

Esta medida consiste en impedir el funcionamiento de chimeneas en los hogares de las comunas afectadas, ésta es aplicada sólo a los estratos socioeconómicos alto y medio, ya que no se contabilizan chimeneas en el estrato socioeconómico bajo.

**Costo Privado**

Esta medida contempla la adquisición de equipos alternativos de calefacción, para sustituir la función de la chimenea, como salamandras, estufas de cámara simple y estufas de doble cámara. Para calcular el costo de adquisición de estos artefactos se supuso un comportamiento de compra por estrato socioeconómico. A continuación se detalla la distribución por equipo y sus valores.

**Tabla VI.16 Comportamiento de compra y costo de equipos de calefacción**

Equipos	Nivel socioeconómico		Costo (\$)
	Alto	Medio	
<b>Salamandras</b>	0%	25%	50.000
<b>Estufa Cámara Simple</b>	20%	50%	80.000
<b>Estufa Doble Cámara</b>	80%	25%	150.000

En primer lugar se determinó el número de chimeneas convertidas al finalizar cada año, multiplicando el número de chimeneas existentes por el porcentaje de penetración (Con medida). Posteriormente se determinó las chimeneas a convertir anualmente (con medida), el que se obtuvo restando las chimeneas con medida de ese año con la del año anterior.



Para calcular el costo de la medida, se determinó en base al año 2004 el porcentaje de chimeneas pertenecientes al estrato alto y medio, obteniéndose como resultado un 39,2% de chimeneas del estrato socioeconómico alto y un 60,8% al estrato socioeconómico medio. Se supone que esta distribución se mantiene a través del tiempo.

El costo anual de la medida se obtuvo multiplicando el número de chimeneas por año, el porcentaje de distribución de chimeneas y el comportamiento de compra, obteniéndose de esta forma el número de cada equipo a adquirir por año (Chimeneas a salamandras, Chimeneas a CS (cámara simple) y Chimeneas a DC (doble cámara)), el que se multiplicó por el precio del equipo correspondiente. Se supone que el precio de los equipos se mantiene en el tiempo. El costo total anual se obtiene sumando el costo total de adquisición de cada equipo. En la estimación de costos de esta medida no se calcularon diferencias por costos de operación, ni costos de mantención y/o recambio de cada equipo.

A continuación se muestran los índices económicos para estas medidas, en sus dos posibles escenarios.

**Tabla VI.17 Costo Privado Medida M3, Caso Optimista**

Año	Chimeneas	Con medida	Chimeneas a salamandra	Chimeneas a Cámara Simple	Chimeneas Doble Cámara	Costo Salamandras (\$)	Costo Cámara simple (\$)	Costo Doble Cámara (\$)	Costo total anual (\$)
2007	1.846	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	1.946	973	148	372	453	7.394.928	29.766.261	67.953.477	105.114.666
2009	2.048	1.075	163	411	501	8.170.141	32.886.671	75.077.068	116.133.880
2010	2.155	107	16	41	50	813.214	3.273.371	7.472.787	11.559.372
2011	2.339	184	28	70	86	1.398.424	5.628.974	12.850.401	19.877.799
2012	2.423	84	13	32	39	638.411	2.569.749	5.866.487	9.074.647
2013	2.511	88	13	34	41	668.812	2.692.118	6.145.844	9.506.773
2014	2.719	208	32	80	97	1.580.827	6.363.188	14.526.540	22.470.555
2015	2.817	98	15	37	46	744.813	2.998.041	6.844.235	10.587.089
2016	3.001	184	28	70	86	1.398.424	5.628.974	12.850.401	19.877.799
2017	3.155	154	23	59	72	1.170.420	4.711.207	10.755.227	16.636.854
2018	3.269	114	17	44	53	866.415	3.487.517	7.961.661	12.315.593
2019	3.386	117	18	45	54	889.215	3.579.293	8.171.179	12.639.687
2020	3.508	122	19	47	57	927.216	3.732.255	8.520.374	13.179.845
2021	3.634	126	19	48	59	957.617	3.854.624	8.799.731	13.611.971
<b>VAN Escenario Optimista</b>									<b>247.145.528</b>



**Tabla VI.18 Costo Privado Medida M3, Caso Pesimista**

Año	Chimeneas	Con medida	Chimeneas a salamandra	Chimeneas a Cámara Simple	Chimeneas Doble Cámara	Costo Salamandras (\$)	Costo Cámara simple (\$)	Costo Doble Cámara (\$)	Costo total anual (\$)
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	512	512	78	196	238	3.891.267	15.663.233	35.757.636	55.312.137
2010	1078	566	86	216	263	4.297.874	17.299.919	39.494.030	61.091.823
2011	1754	677	103	259	315	5.143.389	20.703.307	47.263.633	73.110.329
2012	2423	669	102	256	311	5.082.588	20.458.569	46.704.920	72.246.077
2013	2511	88	13	34	41	668.812	2.692.118	6.145.844	9.506.773
2014	2719	208	32	80	97	1.580.827	6.363.188	14.526.540	22.470.555
2015	2817	98	15	37	46	744.813	2.998.041	6.844.235	10.587.089
2016	3001	184	28	70	86	1.398.424	5.628.974	12.850.401	19.877.799
2017	3155	154	23	59	72	1.170.420	4.711.207	10.755.227	16.636.854
2018	3269	114	17	44	53	866.415	3.487.517	7.961.661	12.315.593
2019	3386	117	18	45	54	889.215	3.579.293	8.171.179	12.639.687
2020	3508	122	19	47	57	927.216	3.732.255	8.520.374	13.179.845
2021	3634	126	19	48	59	957.617	3.854.624	8.799.731	13.611.971
<b>VAN Escenario Pesimista</b>									<b>217.120.795</b>

La tasa de descuento utilizada en el cálculo del VAN en ambos casos es de 10%, ya que esta es la tasa recomendada para proyectos ambientales. La diferencia en los VAN de las medidas está dado por el retraso en la aplicación de la medida en el caso del escenario pesimista.

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño de la medida, el que se estima en \$5.000.000 (una sola vez)
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$5.000.000 los primeros 6 años (100% de penetración de la medida)

El costo público de diseño, fiscalización y difusión de la Medida M3 se presenta en la Tabla VI.19.

**Tabla VI.19 Costo Público Medida M3**

<b>Año</b>	<b>Diseño medida</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
2007	5.000.000	7.000.000	5.000.000	17.000.000
2008	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2009	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2010	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2011	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2012	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2013	0	7.000.000	0	7.000.000
2014	0	7.000.000	0	7.000.000
2015	0	7.000.000	0	7.000.000
2016	0	7.000.000	0	7.000.000
2017	0	7.000.000	0	7.000.000
2018	0	7.000.000	0	7.000.000
2019	0	7.000.000	0	7.000.000
2020	0	7.000.000	0	7.000.000
2021	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>VAN (\$)</b>				<b>79.564.315</b>

#### ° Aspectos legales

La primera distinción que debe hacerse respecto de esta medida es que puede establecerse de manera permanente o sólo para episodios críticos de contaminación atmosférica.

El Decreto Supremo N° 811 de 1993 del Ministerio de Salud, estableció una prohibición de uso de carácter permanente de las chimeneas de hogar abierto, que afectó al área urbana de la Región Metropolitana y dejó fuera de manera expresa a las comunas rurales del Gran Santiago. Su fiscalización fue encomendada al entonces Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, cuyas funciones fueron traspasadas a la nueva autoridad sanitaria constituida por la Secretaría Regional Ministerial de Salud de dicha región.

Esta norma fue posteriormente modificada por el Decreto Supremo N° 16 de 1998, que estableció el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, extendiendo la prohibición a otro tipo de chimeneas en episodios críticos de contaminación.

Por consiguiente, encontrándose plenamente vigente el Decreto Supremo N° 811 precitado, se requiere incorporar expresamente en el decreto que establezca el nuevo Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas, una modificación del Decreto Supremo N° 811 que amplíe la prohibición de uso de chimeneas y artefactos de combustión de hogar abierto que funcionan a leña, a las comunas afectas al nuevo plan, concurriendo a su firma el Ministro de Salud.

Cumpléndose los supuestos anteriores, correspondería la fiscalización a la SEREMI de Salud de la Región de la Araucanía de conformidad con lo dispuesto en el D.F.L. número 01 de 2005 que Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Decreto Ley número 2763/79, la Ley número 18.933, el artículo 4 de la ley N° 18.469, el Decreto Supremo N° 136 de 2004 del Ministerio de Salud, Reglamento Orgánico de ese Ministerio y de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud y los artículos 3, 5, 9 y el procedimiento de sanción establecido en el Libro X del Código Sanitario.



Sin embargo y como ya se ha señalado, la fiscalización de esta Secretaría Regional por sus inspectores demanda la verificación directa del grado de cumplimiento o incumplimiento de la prohibición. Esto ha generado en la Región Metropolitana problemas derivados de la dificultad para ingresar a los hogares. El artículo 156 del Código Sanitario de 1969 permite a los fiscalizadores la inspección de estos lugares. Sin embargo cuando estos se encuentran cerrados, requerirán de un decreto de allanamiento del Director de Salud, con auxilio de la fuerza pública si fuere necesario. En la práctica, este requisito hace casi impracticable la fiscalización de este tipo de normas, más aun considerando que para Temuco y Padre Las Casas, la cantidad de fuentes a fiscalizar es muy alta, siendo la principal causa de contaminación. El obstáculo es aun mayor considerando la consagración del derecho de propiedad en la Constitución de 1980.

Finalmente y como ya se ha señalado, CONAMA y las Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas, podrán coordinar (la primera) y colaborar (las segunda) con la función de fiscalización radicada en la autoridad sanitaria.

**MEDIDA 3A: Restricción voluntaria de Fuentes Residenciales a leña utilizadas para calefacción en episodios de contaminación.**

o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

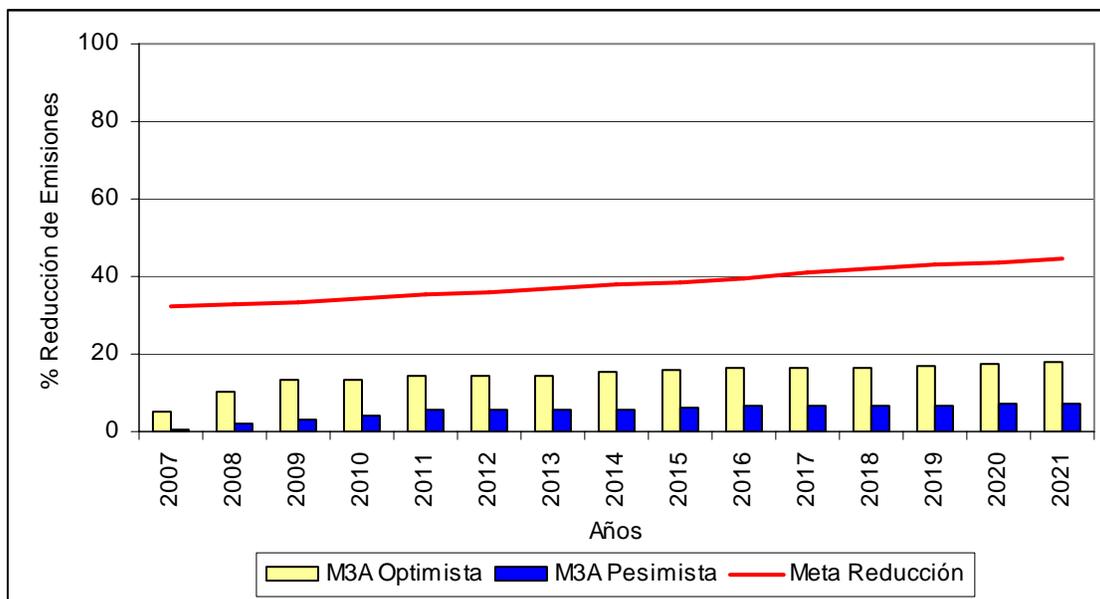
**Tabla VI.20 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M3A, Caso Optimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M3A (ton)</b>	<b>% REDUCCION M3A</b>
<b>2007</b>	26.7	5.0
<b>2008</b>	25.5	10.2
<b>2009</b>	24.9	13.2
<b>2010</b>	25.1	13.4
<b>2011</b>	25.3	14.2
<b>2012</b>	25.5	14.4
<b>2013</b>	25.8	14.6
<b>2014</b>	26.1	15.3
<b>2015</b>	26.4	15.7
<b>2016</b>	26.7	16.3
<b>2017</b>	27.2	16.6
<b>2018</b>	27.6	16.6
<b>2019</b>	28.0	16.9
<b>2020</b>	28.4	17.4
<b>2021</b>	28.9	17.7



**Tabla VI.21 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M3A, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M3A (ton)	% REDUCCION M3A
2007	27.9	0.7
2008	27.9	1.8
2009	27.8	3.1
2010	27.8	4.1
2011	27.8	5.8
2012	28.1	5.7
2013	28.5	5.6
2014	29.0	5.8
2015	29.4	6.1
2016	29.8	6.6
2017	30.4	6.7
2018	30.9	6.6
2019	31.5	6.5
2020	32.0	7.0
2021	32.6	7.1



**Figura 6.4 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M3A**

o **Costo de la Medida**

Esta medida es voluntaria y se aplica sólo en casos de emergencia, el potencial número de hogares adheridos a esta medida está dado por aquellos que cuentan con una fuente de calefacción alternativa (electricidad, gas natural, LPG u otro).



### **Costo Privado**

Al ser esta medida voluntaria y se remite a eventos puntuales, no tiene costo de adquisición de nuevos equipos, asimismo, dado que el número de episodios de emergencia es bajo (4) se estima que el costo de operación es bajo.

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño de la medida, el que se estima en \$5.000.000 (una sola vez)
- Diseño de un modelo de pronóstico: \$55.000.000.
- Operación: La operación del modelo de pronóstico se pronostica en \$55.000.000 anuales.
- Fiscalización: No existe fiscalización, ya que la medida es voluntaria
- Difusión de la medida y de los episodios críticos: \$3.000.000 anuales durante todo el periodo de estudio.

**Tabla VI.22 Costo Público Medida M3A**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Diseño de modelo</b>	<b>Operación</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	5.000.000	55.000.000	0	0	3.000.000	63.000.000
<b>2008</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2009</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2010</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2011</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2012</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2013</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2014</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2015</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2016</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2017</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2018</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2019</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2020</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2021</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
					<b>VAN (\$)</b>	<b>445.698.066</b>

#### **o Aspectos legales**

Dado que se trata de una medida de carácter voluntario, no existen restricciones legales para su establecimiento, sin que por lo tanto se efectúe un análisis jurídico de la misma.

En todo caso, esta medida de restricción o prohibición temporal es similar a la anterior, no sólo en su contenido, sino también en cuanto a que puede implementarse, desde el punto de vista legal, y fiscalizarse de la misma forma que la prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto de aplicación permanente. Su particularidad radica en que sólo es aplicable en presencia de un episodio crítico de contaminación atmosférica.



La medida propuesta será parte del plan operacional para enfrentar episodios críticos a que hace alusión el artículo 15 letra g), del DS N° 94 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que reglamenta el procedimiento y etapas para planes de prevención y descontaminación. Para este caso, los episodios de Alertas, Preemergencias o Emergencias, se encuentran establecidos en el Decreto Supremo N° 59 de 1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece la Norma Primaria de Calidad del Aire para MP10.

Como se ha dicho, el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, incorporó una modificación al Decreto Supremo N° 811 introduciendo una medida de prohibición de uso durante los episodios críticos de contaminación atmosférica para las fuentes residenciales o equipos de calefacción a leña, fueran o no de doble cámara.

### **MEDIDA 3B: Restricción voluntaria de cocinas a leña en episodios de contaminación**

#### **o Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

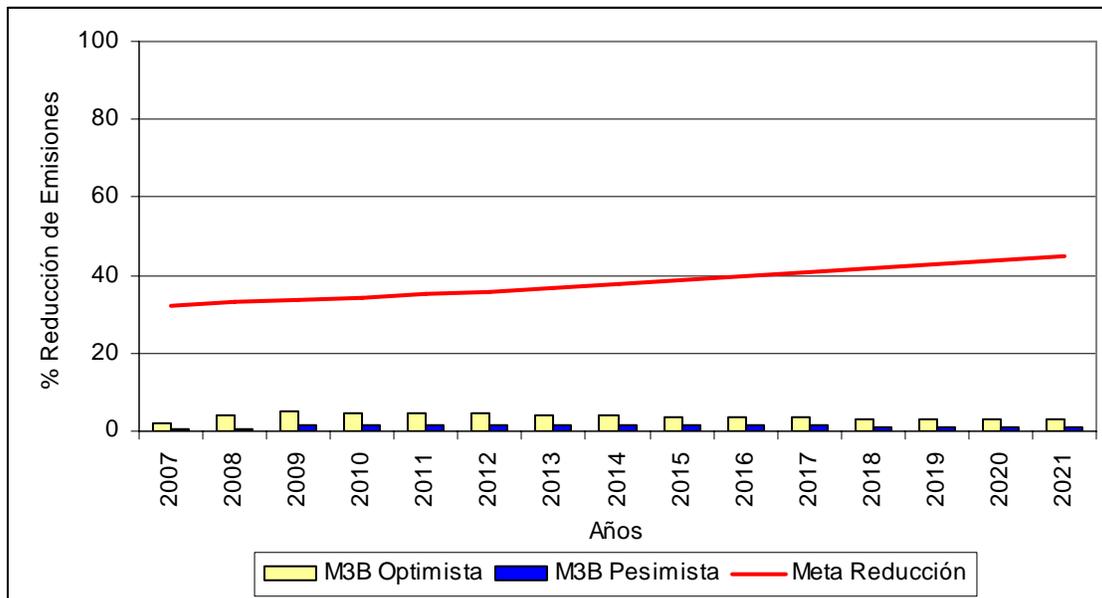
**Tabla VI.23 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M3B, Caso Optimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M3B (ton)</b>	<b>% REDUCCION M3B</b>
<b>2007</b>	27.5	2.1
<b>2008</b>	27.3	3.9
<b>2009</b>	27.3	4.9
<b>2010</b>	27.6	4.8
<b>2011</b>	28.1	4.7
<b>2012</b>	28.5	4.4
<b>2013</b>	29.0	4.0
<b>2014</b>	29.6	3.9
<b>2015</b>	30.1	3.8
<b>2016</b>	30.7	3.8
<b>2017</b>	31.4	3.7
<b>2018</b>	32.0	3.3
<b>2019</b>	32.7	3.0
<b>2020</b>	33.3	3.2
<b>2021</b>	34.0	3.1



**Tabla VI.24 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M3B, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M3B (ton)	% REDUCCION M3B
2007	28.0	0.4
2008	28.2	0.7
2009	28.3	1.4
2010	28.6	1.4
2011	29.0	1.7
2012	29.3	1.7
2013	29.7	1.7
2014	30.4	1.3
2015	30.8	1.6
2016	31.4	1.6
2017	32.1	1.5
2018	32.7	1.2
2019	33.3	1.2
2020	34.0	1.2
2021	34.7	1.1



**Figura 6.5 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M3B**

o **Costo de la Medida**

Esta medida es voluntaria y se aplica sólo en casos de emergencia, el potencial número de hogares adheridos a esta medida está dado por aquellos que cuentan con un artefacto que use un combustible alternativo para cocinar (electricidad, gas natural, LPG u otro). Dado que el número de episodios de emergencia es bajo (4) se estima que el costo de operación es bajo.



### **Costo Privado**

Al ser esta medida voluntaria y se remite a eventos puntuales, no tiene costo de adquisición de nuevos equipos, asimismo, dado que el número de episodios de emergencia es bajo (4) se estima que el costo de operación es bajo.

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño de la medida, el que se estima en \$5.000.000 (una sola vez)
- Diseño de un modelo de pronóstico: \$55.000.000.
- Operación: La operación del modelo de pronóstico se estima en \$55.000.000 anuales.
- Fiscalización: No existe fiscalización, ya que la medida es voluntaria
- Difusión de la medida y de los episodios críticos: \$3.000.000 anuales durante todo el periodo de estudio.

**Tabla VI.25 Costo Público Medida M3B**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Diseño de modelo</b>	<b>Operación</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	5.000.000	55.000.000	0	0	3.000.000	63.000.000
<b>2008</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2009</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2010</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2011</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2012</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2013</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2014</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2015</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2016</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2017</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2018</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2019</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2020</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
<b>2021</b>	0	0	55.000.000	0	3.000.000	58.000.000
					<b>VAN (\$)</b>	<b>445.698.066</b>

#### o **Aspectos legales**

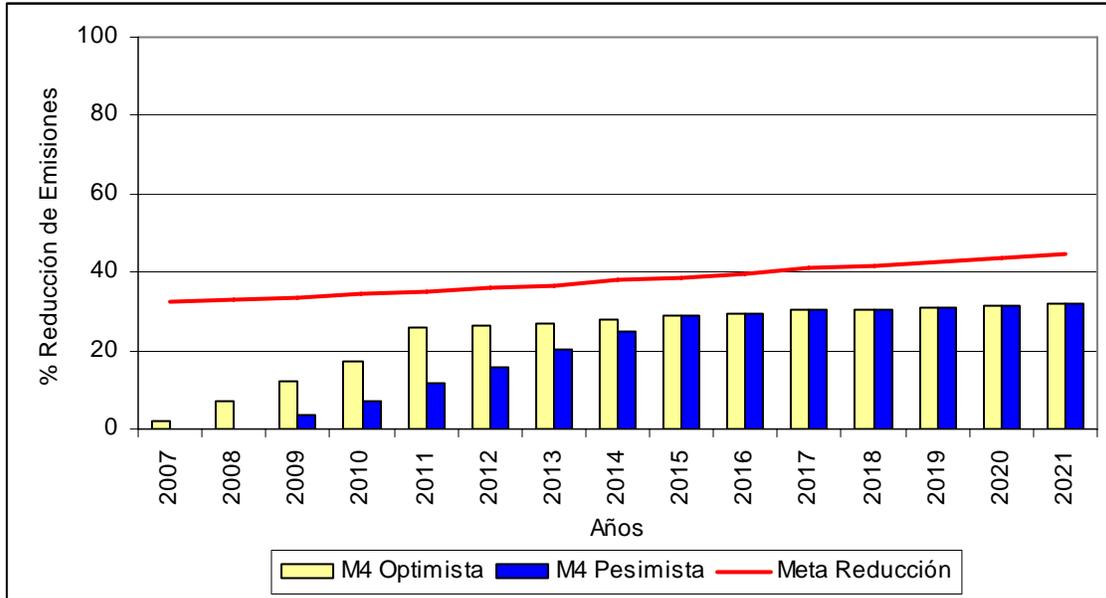
En sus aspectos jurídicos, esta Medida es idéntica a la M3A

**MEDIDA 4: Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión.**o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10****Tabla VI.26 Reducción de emisiones de PM10 debido a M4, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M4 (ton)		% REDUCCION M4	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3731	27.5	2.1	2.1
2008	3602	26.4	6.4	7.0
2009	3450	25.2	11.1	12.2
2010	3296	24.0	16.0	17.2
2011	3032	21.9	23.8	25.8
2012	3044	21.9	24.4	26.5
2013	3058	22.1	24.9	26.8
2014	3074	22.2	25.9	27.9
2015	3093	22.3	26.5	28.8
2016	3113	22.5	27.2	29.5
2017	3143	22.7	28.0	30.4
2018	3171	23.0	28.5	30.5
2019	3202	23.2	29.0	31.2
2020	3234	23.5	29.5	31.7
2021	3270	23.8	30.0	32.2

**Tabla VI.27 Reducción de emisiones de PM10 debido a M4, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M4 (ton)		% REDUCCION M4	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.0	0.0
2008	3850	28.4	0.0	0.0
2009	3750	27.6	3.3	3.8
2010	3654	26.9	6.8	7.2
2011	3553	26.0	10.7	11.9
2012	3436	25.1	14.6	15.8
2013	3312	24.1	18.7	20.2
2014	3181	23.1	23.3	25.0
2015	3093	22.3	26.5	28.8
2016	3113	22.5	27.2	29.5
2017	3143	22.7	28.0	30.4
2018	3171	23.0	28.5	30.5
2019	3202	23.2	29.0	31.2
2020	3234	23.5	29.5	31.7
2021	3270	23.8	30.0	32.2



**Figura 6.6 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M4**

o **Costo de la Medida**

Esta medida consiste en reemplazar los artefactos de combustión a leña destinados a la calefacción por artefactos que cumplan con la normativa.

**Costo Privado**

Esta norma implica el recambio de todos los artefactos de calefacción es decir, salamandras, estufas de cámara simple, de doble cámara y chimeneas. Para la norma fijada en este mismo informe, no existe artefacto de combustión actualmente en Chile. Es por esto que se utilizó el costo de un equipo suizo, que cumple con la normativa, incluyendo los costos de importación e impuestos. Se estima que la vida útil de este artefacto es de 6 años. El valor del equipo puede ser fluctuante, es por esto que se considera un costo menor y mayor por artefacto.

**Tabla VI.28 Datos Artefacto Importado**

Valor < (US\$)	500
valor > (US\$)	1.000
Importación (%)	120%
valor dólar (\$)	530
Costo < (\$)	318.000
Costo > (\$)	636.000
IVA (%)	119%
<b>COSTO EQUIPO &lt; (\$)</b>	<b>378.420</b>
<b>COSTO EQUIPO &gt; (\$)</b>	<b>756.840</b>



Adicional al costo del artefacto de calefacción y su importación está el costo instalación, tanto en mano de obra como en materiales, así como los de mantención anual.

**Tabla VI.29 Datos de instalación y mantención**

Mano obra instalación (\$)	70.000
Instalación cañón (\$)	60.000
Mantención anual (\$)	25.000

Los equipos reemplazados corresponden al total de artefactos proyectados para cada año (salamandras, estufas de cámara simple, de doble cámara y chimeneas) por el porcentaje de penetración.

Los Equipos reemplazados ese año corresponden a los equipos proyectados a cambiar ese año en particular. Los Equipos por recambio corresponden a aquellos equipos que han vencido su vida útil y que es necesario reemplazar.

Posteriormente se determinó el costo promedio, multiplicando el costo promedio del equipo por total de equipos con medida ese año (suma de equipos por recambio más equipos reemplazados ese año). A su vez se obtuvo el costo de instalación multiplicando Equipos reemplazados ese año por el costo de la instalación. El costo de mantención se obtuvo multiplicando el Total de equipos con medida ese año por el valor respectivo.

El costo anual de la medida se obtuvo sumando los equipos obtenidos por penetración de la medida, más el recambio, multiplicados por el costo final del equipo y el costo de instalación y mantención de los equipo.

**Tabla VI.30 Costo Privado Medida M4, Caso Optimista**

Año	Equipos reemplazado	Equipos por recambio	Total equipos con medida	Costo < (\$)	Costo > (\$)	Costo instalación (\$)	Costo promedio (\$)	Costo mantención (\$)	Costo total (\$)
2007	3.071	0	3.071	976.705.200	1.953.410.400	399.282.000	1.864.339.800	76.785.000	1.941.124.800
2008	6.562	0	6.562	2.086.779.600	4.173.559.200	853.086.000	3.983.255.400	164.055.000	4.147.310.400
2009	7.035	0	7.035	2.237.257.200	4.474.514.400	914.602.000	4.270.487.800	175.885.000	4.446.372.800
2010	7.638	0	7.638	2.428.820.400	4.857.640.800	992.914.000	4.636.144.600	190.945.000	4.827.089.600
2011	12.262	0	12.262	3.899.379.600	7.798.759.200	1.594.086.000	7.443.155.400	306.555.000	7.749.710.400
2012	1.315	0	1.315	418.170.000	836.340.000	170.950.000	798.205.000	32.875.000	831.080.000
2013	1.364	3.071	4.435	1.410.457.200	2.820.914.400	576.602.000	2.692.287.800	110.885.000	2.803.172.800
2014	2.073	6.562	8.635	2.745.993.600	5.491.987.200	1.122.576.000	5.241.566.400	215.880.000	5.457.446.400
2015	1.487	7.035	8.522	2.710.123.200	5.420.246.400	1.107.912.000	5.173.096.800	213.060.000	5.386.156.800
2016	1.863	7.638	9.501	3.021.254.400	6.042.508.800	1.235.104.000	5.766.985.600	237.520.000	6.004.505.600
2017	2.008	12.262	14.270	4.537.923.600	9.075.847.200	1.855.126.000	8.662.011.400	356.755.000	9.018.766.400
2018	1.680	1.315	2.995	952.410.000	1.904.820.000	389.350.000	1.817.965.000	74.875.000	1.892.840.000
2019	1.739	4.435	6.174	1.963.459.200	3.926.918.400	802.672.000	3.747.860.800	154.360.000	3.902.220.800
2020	1.801	8.635	10.436	3.318.711.600	6.637.423.200	1.356.706.000	6.334.773.400	260.905.000	6.595.678.400
2021	1.866	8.522	10.388	3.303.511.200	6.607.022.400	1.350.492.000	6.305.758.800	259.710.000	6.565.468.800
<b>VAN Escenario Optimista</b>									<b>33.897.570.875</b>



**Tabla VI.31 Costo Privado Medida M4, Caso Pesimista**

Año	Equipos reemplazados	Equipos por recambio	Total equipos con medida	Costo < (\$)	Costo > (\$)	Costo instalación (\$)	Costo promedio (\$)	Costo mantenimiento (\$)	Costo total (\$)
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	5.001	0	5.001	1.590.222.600	3.180.445.200	650.091.000	3.035.424.900	125.017.500	3.160.442.400
2010	5.417	0	5.417	1.722.447.000	3.444.894.000	704.145.000	3.287.815.500	135.412.500	3.423.228.000
2011	6.039	0	6.039	1.920.354.300	3.840.708.600	785.050.500	3.665.581.950	150.971.250	3.816.553.200
2012	6.274	0	6.274	1.995.243.300	3.990.486.600	815.665.500	3.808.530.450	156.858.750	3.965.389.200
2013	6.706	0	6.706	2.132.380.800	4.264.761.600	871.728.000	4.070.299.200	167.640.000	4.237.939.200
2014	7.753	0	7.753	2.465.422.200	4.930.844.400	1.007.877.000	4.706.010.300	193.822.500	4.899.832.800
2015	5.619	5.001	10.620	3.377.096.400	6.754.192.800	1.380.574.000	6.446.218.600	265.495.000	6.711.713.600
2016	1.863	5.417	7.280	2.314.881.000	4.629.762.000	946.335.000	4.418.656.500	181.987.500	4.600.644.000
2017	2.008	6.039	8.047	2.558.898.300	5.117.796.600	1.046.090.500	4.884.437.950	201.171.250	5.085.609.200
2018	1.680	6.274	7.954	2.529.483.300	5.058.966.600	1.034.065.500	4.828.290.450	198.858.750	5.027.149.200
2019	1.739	6.706	8.445	2.685.382.800	5.370.765.600	1.097.798.000	5.125.872.200	211.115.000	5.336.987.200
2020	1.801	7.753	9.554	3.038.140.200	6.076.280.400	1.242.007.000	5.799.217.300	238.847.500	6.038.064.800
2021	1.866	10.620	12.486	3.970.484.400	7.940.968.800	1.623.154.000	7.578.880.600	312.145.000	7.891.025.600
<b>VAN Escenario Pesimista</b>									<b>26.810.720.982</b>

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño de la medida, el que se estima en \$10.000.000 (una sola vez)
- Implementación: \$40.000.000 Destinado a pruebas, certificación y homologación de equipos que cumplan con la norma de emisión.
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$10.000.000 los primeros 5 años (100% de penetración de la medida).

La Tabla VI.32 muestra el valor actual neto de la Medida M4.

**Tabla VI.32 Costo Público Medida M4**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Implementación</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
2007	10.000.000	40.000.000	7.000.000	10.000.000	67.000.000
2008	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2009	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2010	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2011	0	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2012	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2013	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2014	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2015	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2016	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2017	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2018	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2019	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2020	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2021	0	0	7.000.000	0	7.000.000
				<b>VAN (\$)</b>	<b>136.604.970</b>

### **Instrumentos de Fomento para la implementación de la medida**

Al igual que la medida 1 casi todos los instrumentos de CORFO se podrían aplicar para apoyar la implementación de esta medida, tal como los instrumentos de calidad y productividad como PROFOS, esquemas asociativos para que un grupo de empresas fabricantes de estufas, elaboren estufas más eficientes y poder certificarlas.

Asimismo las empresas pueden innovar en nuevos productos, ofreciendo equipos bajos en emisiones. Pueden adaptarse tecnologías existentes en el extranjero para ser implementadas en Temuco. Los instrumentos de INNOVA Chile son aplicables en Investigación de Universidades o Innovaciones en empresas en este ámbito. Asimismo existen nuevos desarrollos en estufas de bajas emisiones, las patentes de invención europeas EP 1457741, EP 1455136, EP 1340943, y las patentes de Estados Unidos US PAT 6705310 y US PAT 4611572 muestran algunos desarrollos tecnológicos de bajas emisiones que podrían adaptarse a la situación de Temuco.

Por su lado, los instrumentos de Sence permitirían capacitar a los trabajadores y microempresarios en procesos de fabricación, instalación, mantención y medición de emisiones de estufas.

Por otro lado, los instrumentos de CONICYT y del PBCT aplicables a esta medida serían el instrumento FONDEF e INNOVA, y Consorcios Tecnológicos Empresariales, con el objetivo de desarrollar tecnología de punta en sistemas de combustión de leña, por ejemplo.

Dado que la medida presenta costos altos de reducción de emisiones, debido a que para el cálculo se usó el precio de una estufa suiza, se propone usar los instrumentos de fomento existente para el desarrollo de estufas de bajas emisiones más baratas, para luego evaluar la conveniencia de aplicar un instrumento económico para insertarlas en el mercado.



## ◦ Aspectos legales

Esta medida queda subsumida en la Medida M2.

Con esta medida se pretende, por la vía del cambio tecnológico, la reducción de emisiones de MP10 proveniente de las fuentes residenciales utilizadas únicamente para calefacción. Los equipos nuevos deberán cumplir con los estándares fijados en la Norma de Emisión de Material Particulado Respirable (MP10) para Artefactos de Combustión Residencial de Leña, que se encuentra en elaboración y que se espera concluir para fines del 2006.

La sola aplicación de una norma de emisión en esta materia es suficiente instrumento jurídico para implementar esta medida. Se debe tener presente, además, que la referida norma de emisión es de carácter nacional, no está restringida en su aplicación a un área específica.

En cuanto a la determinación del organismo del Estado al que podrá corresponder la fiscalización de esta medida, cabe señalar que será aquel a quien le corresponda la fiscalización de la norma de emisión de MP10 para artefactos de combustión residencial a leña.

La experiencia nacional en la materia ha sido que la fiscalización de este tipo de normas le ha correspondido a la Autoridad Sanitaria, así ocurrió en la Región Metropolitana mediante la dictación del Decreto Supremo N° 4 de 1992 del Ministerio de Salud, que estableció una norma de emisión de MP10 para las fuentes fijas o estacionarias ubicadas en dicha región, decreto que también ha sufrido modificaciones por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana y señala que es el Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, cuya continuadora legal es la SEREMI de Salud de dicha región. Son, en consecuencia, claras e indiscutidas las facultades de la autoridad sanitaria en esta materia.

Reafirmando lo dicho, es a la Autoridad Sanitaria, de acuerdo a las normas obligatorias del D.F.L. N° 01/2005 que Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Decreto Ley N° 2763/79 y de las Leyes Nos. 18.933 Y N° 18.469, artículo 4° y del Código Sanitario en su artículo 5°, entre otras a quien corresponde la fiscalización de las medidas propuestas. Ahora bien, las medidas propuestas en el Plan de Descontaminación precisan preceptos específicos similares a los contenidos, entre otros, en los Decretos Supremos Números 144 de 1961 y 811 de 1993 del Ministerio de Salud. Esta última, prohíbe el funcionamiento de chimeneas para calefacción de viviendas y establecimientos en la Región Metropolitana.

A su vez la Comisión Nacional del Medio Ambiente, como órgano coordinador en materias medioambientales, debe realizar las gestiones necesarias tendientes a que la autoridad sanitaria competente aplique las medidas orientadas al control de las fuentes emisoras de material particulado.

Además, la Ley 18695, modificada por ley 19602, en su art/4 letra b) dispone que las municipalidades, en el ámbito de su territorio, podrán desarrollar, directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con la salud pública y la protección del medio ambiente. El art/5 inc/3 del mismo texto, dispone, que sin desmedro de las funciones y atribuciones de otros organismos públicos, los municipios 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.



**MEDIDA 4\*: Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión propuesta por Thomas Nussbaumer**

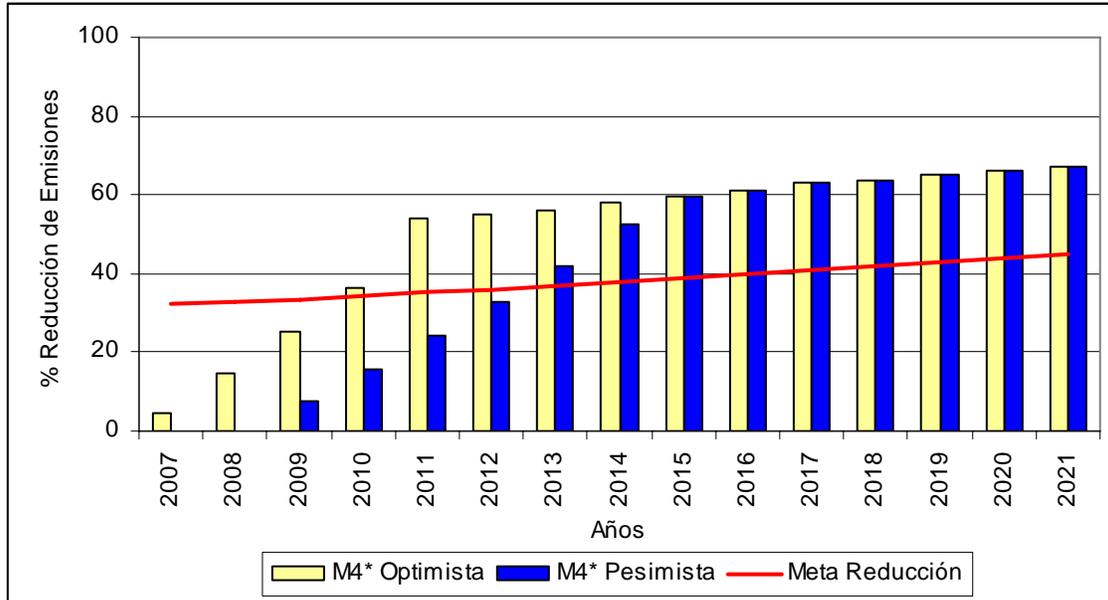
o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

**Tabla VI.33 Reducción de emisiones de PM10 debido a M4\*, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M4* (ton)		% REDUCCION M4*	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3646	26.8	4.3	4.6
2008	3335	24.3	13.4	14.4
2009	2988	21.5	23	25.1
2010	2621	18.5	33.2	36.2
2011	2011	13.6	49.4	53.9
2012	1986	13.4	50.6	55.0
2013	1962	13.2	51.8	56.3
2014	1913	12.9	53.9	58.1
2015	1891	12.7	55	59.4
2016	1855	12.4	56.6	61.1
2017	1825	12.1	58.2	62.9
2018	1806	12.0	59.3	63.7
2019	1787	11.8	60.4	65.0
2020	1769	11.7	61.5	66.0
2021	1752	11.6	62.5	67.0

**Tabla VI.34 Reducción de emisiones de PM10 debido a M4\*, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M4* (ton)		% REDUCCION M4*	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3850	28.4	0	0.0
2009	3611	26.5	6.9	7.7
2010	3364	24.5	14.2	15.5
2011	3093	22.3	22.2	24.4
2012	2801	20.0	30.4	32.9
2013	2490	17.5	38.9	42.1
2014	2137	14.7	48.5	52.3
2015	1891	12.7	55	59.4
2016	1855	12.4	56.6	61.1
2017	1825	12.1	58.2	62.9
2018	1806	12.0	59.3	63.7
2019	1787	11.8	60.4	65.0
2020	1769	11.7	61.5	66.0
2021	1752	11.6	62.5	67.0



**Figura 6.7 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M4\***

**MEDIDA 4A: Reemplazo de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado.**

o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

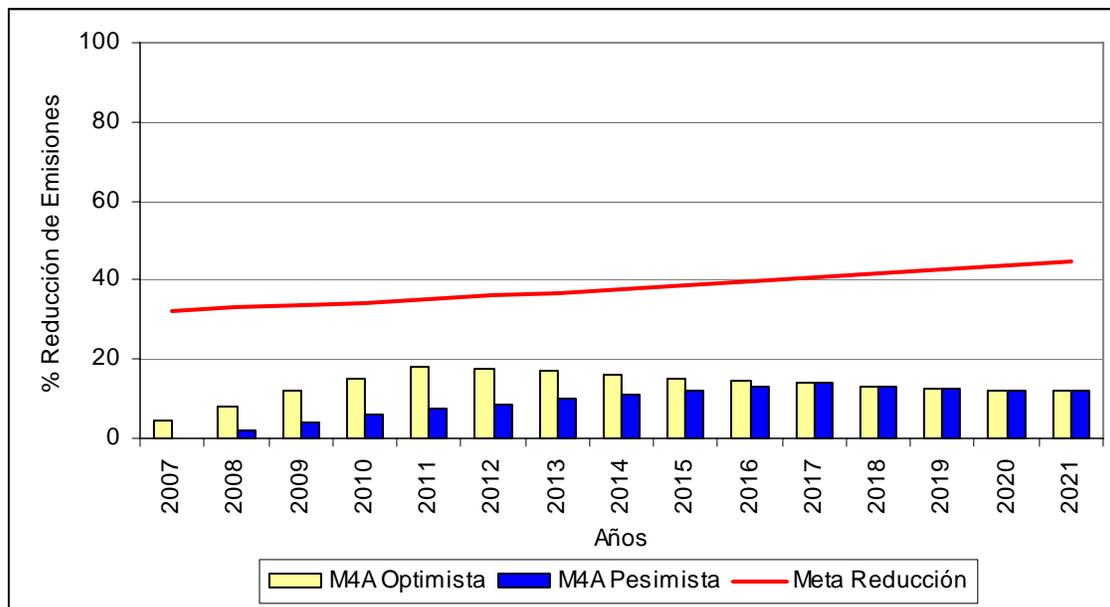
**Tabla VI.35 Reducción de emisiones de PM10 debido a M4A, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M4A (ton)		% REDUCCION M4A	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3660	26.9	3.9	4.3
2008	3559	26.1	7.6	8.1
2009	3454	25.2	11.0	12.2
2010	3370	24.6	14.1	15.2
2011	3316	24.1	16.6	18.3
2012	3375	24.6	16.1	17.4
2013	3438	25.1	15.6	16.9
2014	3539	25.9	14.7	15.9
2015	3609	26.5	14.2	15.3
2016	3699	27.2	13.5	14.7
2017	3802	28.0	12.9	14.1
2018	3886	28.7	12.4	13.3
2019	3973	29.4	11.9	12.8
2020	4064	30.2	11.5	12.2
2021	4159	30.9	11.0	12.0



**Tabla VI.36 Reducción de emisiones de PM10 debido a M4A, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M4A (ton)		% REDUCCION M4A	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.0	0.0
2008	3777	27.8	1.9	2.1
2009	3737	27.5	3.7	4.2
2010	3715	27.3	5.3	5.9
2011	3713	27.3	6.7	7.5
2012	3700	27.2	8.1	8.7
2013	3692	27.2	9.4	9.9
2014	3722	27.4	10.3	11.0
2015	3729	27.5	11.3	12.1
2016	3757	27.7	12.1	13.2
2017	3802	28.0	12.9	14.1
2018	3886	28.7	12.4	13.3
2019	3973	29.4	11.9	12.8
2020	4064	30.2	11.5	12.2
2021	4159	30.9	11.0	12.0



**Figura 6.8 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M4A**



o **Costo de la Medida**

Esta medida considera el cambio de las cocinas a leña por cocinas a gas licuado.

**Costo Privado**

Dentro del costo privado se incluye el costo de adquisición de nuevas cocinas y el costo de operación al cambiar de tipo de combustible, así como el costo de un equipo de calefacción.

Para calcular el costo anual de operación se supuso que cada hogar, en promedio, utilizaba un balón de gas de 15 [Kg] mensualmente para cocinar, de esta forma se obtuvieron las Kcal anuales necesarias para cocinar las que fueron llevadas a kilos de leña. También se utilizó una distribución de población que dice que en Temuco se encuentra el 81% de la población total entre las dos comunas, por ende en Padre Las Casas acoge al 19% de la población. Es relevante realizar esta separación, ya que el precio de la leña húmeda es distinto en ambas comunas. También se utilizó la suposición inicial que el 20% de la leña expendida actualmente corresponde a leña seca y que la distribución de esta venta es uniforme en ambas comunas.

**Tabla VI.37 Datos de la leña húmeda, seca y gas licuado**

	Leña seca				Leña húmeda				LPG			
	Precio (\$)		Poder calorífico		Precio (\$)		Poder calorífico		Precio (\$)		Poder calorífico	
	m estéreo	Kg	[Kcal/Kg]	(\$/Kcal)*1000	m estéreo	Kg	[Kcal/Kg]	(\$/Kcal)*1000	balón 15 [Kg]	\$/Kg	[Kcal/Kg]	(\$/Kcal)*1000
Temuco	14.000	31	4.400	7,10	9.318	16	3.500	4,67	10.000	667	11.063	60,26
PLC	14.000	31	4.400	7,10	7.780	14	3.500	3,90	10.000	667	11.063	60,26

Los equipos totales reemplazados es el resultado de la proyección estimada para cada año por el porcentaje de penetración, Total equipos con medida ese año, corresponde al número de equipos a cambiar ese año en particular. El costo se determinó multiplicando el costo promedio de los equipos (cocina) por el número de equipos a reemplazar ese año.

El costo total de calefacción se calculó de manera similar que la Medida M4, no obstante, no se consideró recambio de equipo. El número de equipos de calefacción a adquirir es igual al número de cocinas. El costo total corresponde a la suma de los costos de calefacción y cocina. El Valor Actual Neto se calculó para la proyección de 15 años con una tasa de descuento de 10% para los dos escenarios es el siguiente:



**Tabla VI.38 Costo Privado Medida M4A, Caso Optimista**

Año	2007	2008	2009	2010	2011
Equipos totales a reemplazar (uso solo cocina)	3.350	3.391	3.423	3.469	3.522
% de penetración	20%	40%	60%	80%	100%
Equipos totales reemplazados	670	1.356	2.054	2.775	3.522
<b>Total equipos con medida ese año</b>	<b>670</b>	<b>686</b>	<b>698</b>	<b>721</b>	<b>746</b>

**Costo equipo cocina**

Costo < (\$)	50.913.733	52.152.598	53.008.952	54.817.514	56.720.121
Costo > (\$)	247.835.108	253.865.588	258.034.102	266.837.722	276.099.130
Costo promedio inversión (\$)	149.374.421	153.009.093	155.521.527	160.827.618	166.409.626
Costo operación (\$)	555.994.389	873.628.349	1.274.515.454	1.656.227.406	1.985.910.078
<b>Costo total (\$) (operación + inversión)</b>	<b>705.368.810</b>	<b>1.026.637.443</b>	<b>1.430.036.981</b>	<b>1.817.055.025</b>	<b>2.152.319.704</b>
<b>Calefacción</b>					
Equipos a adquirir	670	686	698	721	746
Costo promedio equipo alternativo(\$)	380.315.335	389.569.407	395.966.200	409.475.794	423.687.887
costo instalación	87100741	89220131	90685140	93779140	97034028
Costo mantención (\$)	16.750.143	17.157.718	17.439.450	18.034.450	18.660.390
<b>Costo total calefacción (\$)</b>	<b>484.166.219</b>	<b>495.947.256</b>	<b>504.090.790</b>	<b>521.289.384</b>	<b>539.382.305</b>
<b>Costo total (\$)</b>	<b>1.189.535.029</b>	<b>1.522.584.698</b>	<b>1.934.127.771</b>	<b>2.338.344.409</b>	<b>2.691.702.009</b>

Año	2012	2013	2014	2015	2016
Equipos totales a reemplazar (uso solo cocina)	3.572	3.627	3.696	3.760	3.829
% de penetración	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos totales reemplazados	3.572	3.627	3.696	3.760	3.829
<b>Total equipos con medida ese año</b>	<b>51</b>	<b>54</b>	<b>70</b>	<b>63</b>	<b>70</b>

**Costo equipo cocina**

Costo < (\$)	3.861.280	4.123.521	5.290.044	4.797.211	5.312.651
Costo > (\$)	18.795.729	20.072.254	25.750.588	23.351.602	25.860.634
Costo promedio inversión (\$)	11.328.504	12.097.887	15.520.316	14.074.406	15.586.642
Costo operación (\$)	1.945.435.055	1.905.750.216	1.826.468.338	1.789.066.256	1.728.661.016
<b>Costo total (\$) (operación + inversión)</b>	<b>1.956.763.559</b>	<b>1.917.848.104</b>	<b>1.841.988.655</b>	<b>1.803.140.663</b>	<b>1.744.247.658</b>
<b>Calefacción</b>					
Equipos a adquirir	51	724	756	761	791
Costo promedio equipo alternativo(\$)	28.842.983	411.117.210	429.084.970	431.800.398	449.160.227
costo instalación	6605690	94155061	98270081	98891975	102867765
Costo mantención (\$)	1.270.325	18.106.743	18.898.093	19.017.688	19.782.263
<b>Costo total calefacción (\$)</b>	<b>36.718.998</b>	<b>523.379.013</b>	<b>546.253.143</b>	<b>549.710.061</b>	<b>571.810.254</b>
<b>Costo total (\$)</b>	<b>1.993.482.557</b>	<b>2.441.227.117</b>	<b>2.388.241.798</b>	<b>2.352.850.723</b>	<b>2.316.057.912</b>



Año	2017	2018	2019	2020	2021
Equipos totales a reemplazar (uso solo cocina)	3.915	3.991	4.072	4.156	4.246
% de penetración	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos totales reemplazados	3.915	3.991	4.072	4.156	4.246
<b>Total equipos con medida ese año</b>	<b>85</b>	<b>77</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>89</b>

**Costo equipo cocina**

Costo < (\$)	6.465.609	5.819.048	6.126.504	6.443.002	6.773.065
Costo > (\$)	31.472.942	28.325.647	29.822.263	31.362.896	32.969.557
Costo promedio inversión (\$)	18.969.275	17.072.348	17.974.383	18.902.949	19.871.311
Costo operación (\$)	1.677.913.590	1.643.408.852	1.609.694.300	1.576.682.133	1.544.372.354
<b>Costo total (\$) (operación + inversión)</b>	<b>1.696.882.865</b>	<b>1.660.481.200</b>	<b>1.627.668.683</b>	<b>1.595.585.083</b>	<b>1.564.243.664</b>
<b>Calefacción</b>					
Equipos a adquirir	832	127	805	841	850
Costo promedio equipo alternativo(\$)	471.984.686	72.310.102	456.880.959	477.212.898	482.393.828
costo instalación	108095078	16560635	104635986	109292456	110479005
Costo mantención (\$)	20.787.515	3.184.738	20.122.305	21.017.780	21.245.963
<b>Costo total calefacción (\$)</b>	<b>600.867.279</b>	<b>92.055.474</b>	<b>581.639.250</b>	<b>607.523.134</b>	<b>614.118.795</b>
<b>Costo total (\$)</b>	<b>2.297.750.144</b>	<b>1.752.536.675</b>	<b>2.209.307.933</b>	<b>2.203.108.217</b>	<b>2.178.362.460</b>

**VAN Escenario Optimista \$ 15.549.587.794**

**Tabla VI.39 Costo Privado Medida M4A, Caso Pesimista**

Año	2007	2008	2009	2010	2011
Equipos totales a reemplazar (uso solo cocina)	3.350	3.391	3.423	3.469	3.522
% de penetración	0%	10%	20%	30%	40%
Equipos totales reemplazados	0	339	685	1.041	1.409
<b>Total equipos con medida ese año</b>	<b>0</b>	<b>339</b>	<b>346</b>	<b>356</b>	<b>368</b>

**Costo equipo cocina**

Costo < (\$)	0	25.766.583	26.258.512	27.059.705	27.960.369
Costo > (\$)	0	125.425.174	127.819.759	131.719.762	136.103.965
Costo promedio inversión (\$)	0	75.595.878	77.039.135	79.389.734	82.032.167
Costo operación (\$)	0	270.251.210	525.684.014	768.514.656	982.925.248
<b>Costo total (\$) (operación + inversión)</b>	<b>0</b>	<b>345.847.088</b>	<b>602.723.150</b>	<b>847.904.390</b>	<b>1.064.957.415</b>
<b>Calefacción</b>					
Equipos a adquirir	0	339	346	356	368
Costo promedio equipo alternativo(\$)	0	192.471.186	196.145.795	202.130.545	208.858.323
costo instalación	0	44080218	44921786	46292428	47833240
Costo mantención (\$)	0	8.476.965	8.638.805	8.902.390	9.198.700
<b>Costo total calefacción (\$)</b>	<b>0</b>	<b>245.028.369</b>	<b>249.706.386</b>	<b>257.325.363</b>	<b>265.890.263</b>
<b>Costo total (\$)</b>	<b>0</b>	<b>590.875.457</b>	<b>852.429.536</b>	<b>1.105.229.753</b>	<b>1.330.847.678</b>



Año	2012	2013	2014	2015	2016
Equipos totales a reemplazar (uso solo cocina)	3.572	3.627	3.696	3.760	3.829
% de penetración	50%	60%	70%	80%	90%
Equipos totales reemplazados	1.786	2.176	2.587	3.008	3.446
Total equipos con medida ese año	<b>378</b>	<b>390</b>	<b>411</b>	<b>420</b>	<b>439</b>

**Costo equipo cocina**

Costo < (\$)	28.691.932	29.621.533	31.262.803	31.926.545	33.349.883
Costo > (\$)	139.665.029	144.190.090	152.179.375	155.410.304	162.338.753
Costo promedio inversión (\$)	84.178.481	86.905.811	91.721.089	93.668.424	97.844.318
Costo operación (\$)	1.203.615.193	1.414.875.244	1.582.016.861	1.770.994.984	1.925.099.881
<b>Costo total (\$) (operación + inversión)</b>	<b>1.287.793.674</b>	<b>1.501.781.056</b>	<b>1.673.737.950</b>	<b>1.864.663.409</b>	<b>2.022.944.199</b>
<b>Calefacción</b>					
Equipos a adquirir	378	390	750	766	795
Costo promedio equipo alternativo(\$)	214.322.954	221.266.885	425.998.028	434.630.658	451.247.459
costo instalación	49084763	50675079	97563102	99540168	103345788
Costo mantención (\$)	9.439.378	9.745.208	18.762.135	19.142.340	19.874.190
<b>Costo total calefacción (\$)</b>	<b>272.847.095</b>	<b>281.687.172</b>	<b>542.323.265</b>	<b>553.313.166</b>	<b>574.467.437</b>
<b>Costo total (\$)</b>	<b>1.560.640.768</b>	<b>1.783.468.227</b>	<b>2.216.061.215</b>	<b>2.417.976.575</b>	<b>2.597.411.636</b>

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Equipos totales a reemplazar (uso solo cocina)	3.915	3.991	4.072	4.156	4.246
% de penetración	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos totales reemplazados	3.915	3.991	4.072	4.156	4.246
Total equipos con medida ese año	<b>468</b>	<b>77</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>89</b>

**Costo equipo cocina**

Costo < (\$)	35.565.372	5.819.048	6.126.504	6.443.002	6.773.065
Costo > (\$)	173.123.187	28.325.647	29.822.263	31.362.896	32.969.557
Costo promedio inversión (\$)	104.344.280	17.072.348	17.974.383	18.902.949	19.871.311
Costo operación (\$)	2.076.206.332	2.033.511.074	1.991.793.569	1.950.945.179	1.910.965.904
<b>Costo total (\$) (operación + inversión)</b>	<b>2.180.550.612</b>	<b>2.050.583.421</b>	<b>2.009.767.952</b>	<b>1.969.848.128</b>	<b>1.930.837.214</b>
<b>Calefacción</b>					
Equipos a adquirir	836	454	470	835	855
Costo promedio equipo alternativo(\$)	474.524.489	257.790.073	267.030.635	474.125.956	485.224.088
costo instalación	108676750	59039708	61156004	108585477	111127198
Costo mantención (\$)	20.899.375	11.353.790	11.760.770	20.881.823	21.370.615
<b>Costo total calefacción (\$)</b>	<b>604.100.614</b>	<b>328.183.571</b>	<b>339.947.409</b>	<b>603.593.256</b>	<b>617.721.901</b>
<b>Costo total (\$)</b>	<b>2.784.651.226</b>	<b>2.378.766.992</b>	<b>2.349.715.361</b>	<b>2.573.441.384</b>	<b>2.548.559.115</b>

**VAN Escenario Pesimista**

**\$ 11.269.185.035**



## Instrumentos de Fomento para la implementación de la medida

La medida 4A no se presenta atractiva para la aplicación de instrumentos de fomento, ya que se refiere a cambio de equipos a leña por equipos corrientes a gas licuado (cocinas)

### Costo Público

El costo público implica:

- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$10.000.000 los primeros 2 años y luego un gasto decreciente hasta el año 11.

**Tabla VI.40 Costo Público Medida M4A**

Año	Diseño	Implementación	Fiscalización	Difusión	Total anual
2007	5.000.000	5.000.000	7.000.000	5.000.000	22.000.000
2008	0	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2009	0	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2010	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2011	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2012	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2013	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2014	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2015	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2016	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2017	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2018	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2019	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2020	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2021	0	0	7.000.000	0	7.000.000
				<b>VAN (\$)</b>	<b>74.767.726</b>

### ◦ Aspectos legales

Para los efectos de la determinación de cómo es posible implementar esta medida y de a quien podría corresponderle su fiscalización y control, no se advierten diferencias respecto de la medida de reemplazo de equipos de calefacción por artefactos de tecnologías y que utilicen combustibles menos contaminantes. Ello quiere decir que para hacer obligatoria una medida de esta naturaleza, se requiere la elaboración y dictación de una norma de emisión del MP10 distinta a la anterior que sea aplicable a las cocinas y que establezca un estándar que no es posible cumplir con el uso de leña.

Otra alternativa sería el establecimiento de una prohibición de uso de este tipo de artefactos a leña, que conlleva múltiples dificultades para su implementación, así como para su aplicación y fiscalización, según se explicó en la Medida M3.



## **MEDIDA 5: Norma de aislamiento térmico para la vivienda nueva: muros, ventanas y pisos.**

Esta Medida se subdivide en dos etapas, lo que origina dos Medidas, a saber: Medida M5\_E1 y M5\_E2, correspondientes a cada fase de la normativa del MINVU. Adicionalmente se evalúa un mejoramiento a la Etapa 2, que considera un incremento en el espesor del material aislante. Esto origina la Medida M5\_E3

### **Aspectos legales**

Como primera idea, se debe señalar que esta norma tiene aplicación de manera independiente a la existencia de un Plan de Descontaminación, y su inclusión en el Plan como medida obedecería a lo previsto en el artículo 5º, inciso segundo, de Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, en cuya virtud los órganos de la Administración deberán cumplir sus cometidos coordinadamente y propender a la unidad de acción, evitando la duplicación e interferencia de funciones. Es decir, se la incluye en tanto la norma del MINVU tiene relación con los objetivos perseguidos por el Plan de Descontaminación.

Con lo anterior, como técnica reglamentaria en el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana, se contienen normas programáticas en el artículo 59, señalándose que "El MINECON podrá dictar normas complementarias para acreditar el cumplimiento de esta exigencia".

Es así, que a partir del año 2000, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha dictado normas en materia de reglamentación térmica de las viviendas, estableciendo requisitos especiales dependiendo de la zona geográfica en la que emplazará la vivienda que se pretenda construir.

Tales normas inciden directamente en el uso de menores cantidades de combustible para calefaccionar la vivienda, en tanto permiten mejorar la eficiencia en el uso de la energía al interior del hogar.

Esta Reglamentación Térmica para las viviendas, contempla tres etapas. La primera, vigente desde marzo del año 2000, permitió reglamentar la transmitancia máxima del complejo de techumbre. La segunda etapa, contenida en el Decreto Supremo N° 192 del 2005 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que entrará en vigencia el 4 de enero de 2007, fija las cualidades de transmitancia máxima para el resto de la envolvente de un edificio, es decir, muros, ventanas, y pisos. Finalmente, la tercera etapa, destinada a formular un cálculo de comportamiento global, se espera para los años 2007-2008.

La evaluación y análisis jurídico de esta medida requiere previamente determinar el ahorro de combustible asociado a las transmitancias máximas, para establecer si la norma actualmente vigente para la zona geográfica que comprende las comunas de Temuco y Padre Las Casas, es suficientemente exigente respecto de las reducciones que se pretenda obtener.

En todo caso, si se determina que se requiere aumentar las exigencias para estas viviendas, el Plan de Descontaminación servirá de fundamento legal para su dictación. El supuesto es el mismo utilizado para la propuesta de modificación del DS 811 del Ministerio de Salud correspondiente a la medida 3, debiendo concurrir a la firma del decreto el ministro de Vivienda y Urbanismo. Es importante estudiar si el Ministerio de Vivienda y Urbanismo se encuentra facultado para modificar o dictar una norma de estas características con la finalidad de reducir las emisiones de MP10.



En cuanto a la fiscalización de la medida, los Municipios y la SEREMI de Vivienda tienen un rol fundamental. No obstante, de acuerdo a la última modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, la responsabilidad de la obra ha quedado radicada en el arquitecto firmante del proyecto quien solicita a la Dirección de Obras Municipales la obtención de los permisos de edificación.

**Medida M5\_E1: Norma de aislamiento térmico para la techumbre de la vivienda nueva.**

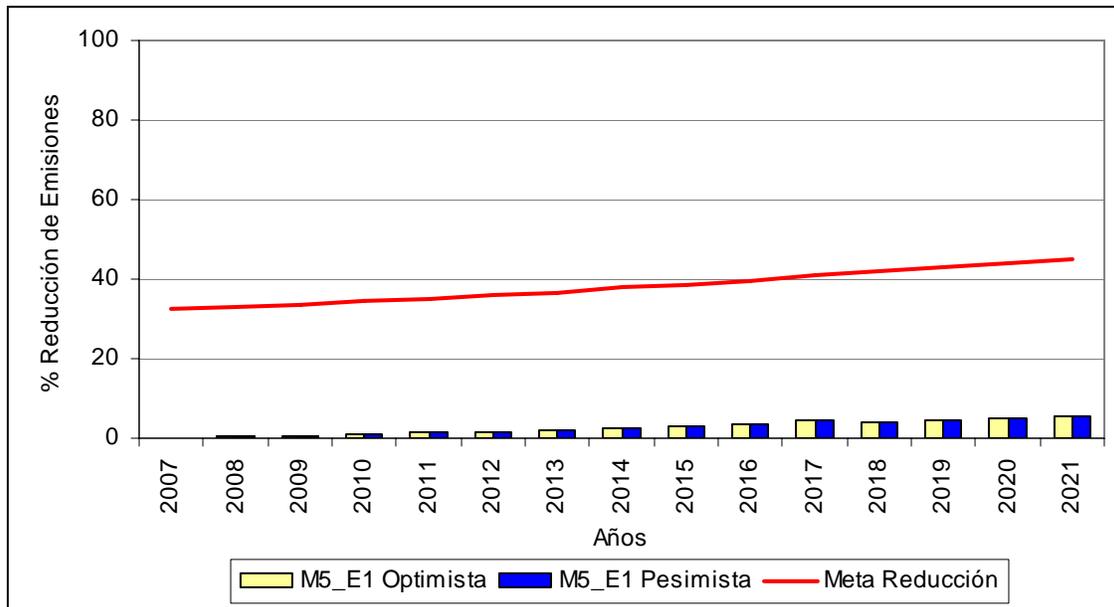
o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

**Tabla VI.41 Reducción de emisiones de PM10 debido a M5\_E1, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M5_E1 (ton)		% REDUCCION M5_E1	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3803	28.1	0.2	0.0
2008	3833	28.3	0.4	0.4
2009	3856	28.5	0.6	0.7
2010	3889	28.7	0.8	1.0
2011	3926	29.0	1.3	1.7
2012	3962	29.3	1.5	1.7
2013	4001	29.6	1.8	2.0
2014	4049	30.0	2.4	2.6
2015	4093	30.4	2.7	2.9
2016	4142	30.8	3.1	3.4
2017	4200	31.2	3.7	4.3
2018	4253	31.7	4.1	4.2
2019	4309	32.1	4.5	4.7
2020	4367	32.6	4.9	5.2
2021	4428	33.1	5.3	5.7

**Tabla VI.42 Reducción de emisiones de PM10 debido a M5\_E1, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M5_E1 (ton)		% REDUCCION M5_E1	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3803	28.1	0.2	0.0
2008	3833	28.3	0.4	0.4
2009	3856	28.5	0.6	0.7
2010	3889	28.7	0.8	1.0
2011	3926	29.0	1.3	1.7
2012	3962	29.3	1.5	1.7
2013	4001	29.6	1.8	2.0
2014	4049	30.0	2.4	2.6
2015	4093	30.4	2.7	2.9
2016	4142	30.8	3.1	3.4
2017	4200	31.2	3.7	4.3
2018	4253	31.7	4.1	4.2
2019	4309	32.1	4.5	4.7
2020	4367	32.6	4.9	5.2
2021	4428	33.1	5.3	5.7



**Figura 6.9 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M5\_E1**

#### o **Costo de la Medida**

Esta medida consiste en aislar el techo de las viviendas nuevas y así disminuir las pérdidas de calor. Según la revista BID el costo de aislar viviendas nuevas es de 30 UF. Se estima que el costo de aislar solamente el techo es un tercio de este valor. Se consideró la UF a \$18.130.

Para los cálculos se utilizó una casa promedio con un área de 80 m<sup>2</sup>.

#### **Costo Privado**

El costo privado de esta medida se determinó multiplicando la proyección de viviendas a construir por año, por el costo de implementación de la medida. Al costo de esta medida se restó el ahorro anual en leña, ya que al disminuir las pérdidas por calor, se disminuye la necesidad de calefacción y por ende el consumo de leña.

En esta medida se considera un solo posible escenario que es el 100% de penetración desde el primer año.



**Tabla VI.43 Costo Privado Medida M5\_E1, Caso Optimista**

Año	Casas totales	Crecimiento por año	Casas nuevas aisladas	Costo anual (\$)	Casas totales aisladas	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual en leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	56.303	690	690	125.097.000	690	161.375.747	832.638	124.264.362
2008	56.988	685	685	124.190.500	1.375	321.582.105	1.659.241	122.531.259
2009	57.532	544	544	98.627.200	1.919	448.811.679	2.315.698	96.311.502
2010	58.304	772	772	139.963.600	2.691	629.365.414	3.247.286	136.716.314
2011	59.188	884	884	160.269.200	3.575	836.113.472	4.314.028	155.955.172
2012	60.042	854	854	154.830.200	4.429	1.035.845.194	5.344.567	149.485.633
2013	60.954	912	912	165.345.600	5.341	1.249.141.834	6.445.097	158.900.503
2014	62.124	1.170	1170	212.121.000	6.511	1.522.778.970	7.856.961	204.264.039
2015	63.185	1.061	1061	192.359.300	7.572	1.770.923.416	9.137.292	183.222.008
2016	64.360	1.175	1175	213.027.500	8.747	2.045.729.942	10.555.189	202.472.311
2017	65.790	1.430	1430	259.259.000	10.177	2.380.175.331	12.280.800	246.978.200
2018	67.077	1.287	1287	233.333.100	11.464	2.681.176.181	13.833.850	219.499.250
2019	68.432	1.355	1355	245.661.500	12.819	2.998.080.728	15.468.957	230.192.543
2020	69.857	1.425	1425	258.352.500	14.244	3.331.356.728	17.188.534	241.163.966
2021	71.355	1.498	1498	271.587.400	15.742	3.681.705.814	18.996.202	252.591.198
							<b>VAN (\$)</b>	<b>1.240.943.194</b>

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$1.500.000, este valor es pequeño debido a que existe una normativa.
- Fiscalización: La persona encargada puede ser la misma que fiscaliza normalmente la obra, sólo se le debiera capacitar específicamente en el tema y adquirir las herramientas necesarias para una adecuada fiscalización. Se considera que el gasto anual en fiscalización es de \$2.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$5.000.000 los primeros 2 años, \$3.000.000 el tercer y cuarto año, \$1.000.000 el quinto y sexto año.

La Tabla VI.44 muestra el costo público de diseño, implementación, fiscalización y difusión de la Medida M5\_E1.



**Tabla VI.44 Costo Público Medida M5\_E1**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Implementación</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	1.500.000	0	2.000.000	5.000.000	8.500.000
<b>2008</b>	0	0	2.000.000	5.000.000	7.000.000
<b>2009</b>	0	0	2.000.000	3.000.000	5.000.000
<b>2010</b>	0	0	2.000.000	3.000.000	5.000.000
<b>2011</b>	0	0	2.000.000	1.000.000	3.000.000
<b>2012</b>	0	0	2.000.000	1.000.000	3.000.000
<b>2013</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2014</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2015</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2016</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2017</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2018</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2019</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2020</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2021</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
				<b>VAN (\$)</b>	<b>30.741.861</b>

**Instrumento Económico**

Esta Medida no considera un instrumento económico dado que esta normativa ya existe, y debe ser cumplida en forma independiente al Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas.

**Medida M5\_E2: Norma de aislamiento térmico para la envolvente de la vivienda nueva.**

o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

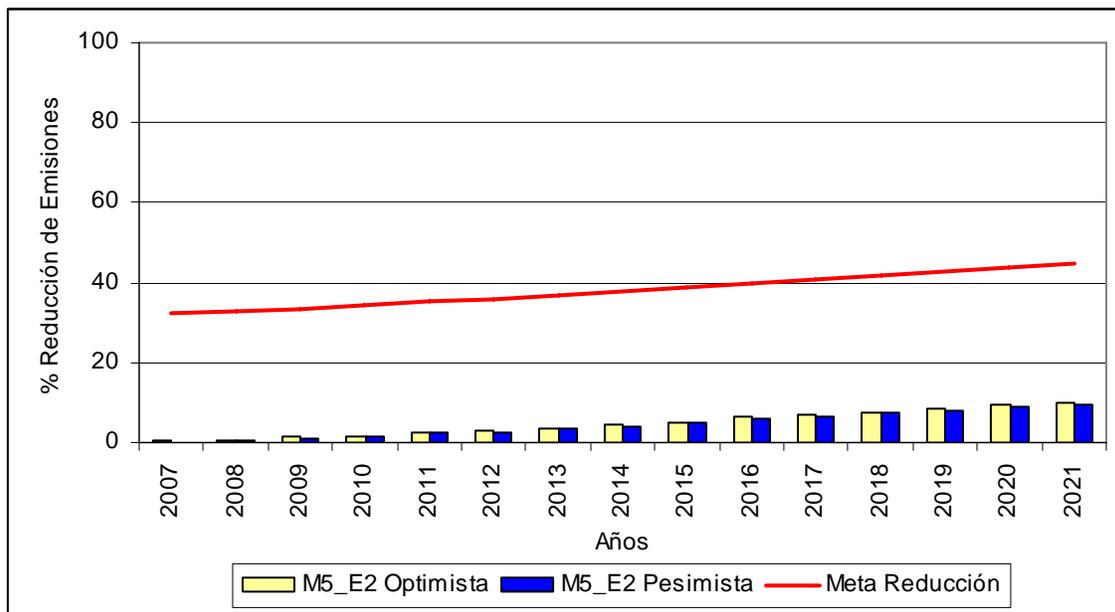
**Tabla VI.45 Reducción de emisiones de PM10 debido a M5\_E2, caso optimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M5_E2 (ton)</b>		<b>% REDUCCION M5_E2</b>	
	<b>ANUAL</b>	<b>DIARIA</b>	<b>ANUAL</b>	<b>DIARIA</b>
<b>2007</b>	3798	28.0	0.3	0.4
<b>2008</b>	3819	28.2	0.8	0.7
<b>2009</b>	3835	28.3	1.1	1.4
<b>2010</b>	3858	28.5	1.6	1.7
<b>2011</b>	3885	28.7	2.3	2.7
<b>2012</b>	3910	28.9	2.8	3.0
<b>2013</b>	3937	29.1	3.4	3.6
<b>2014</b>	3972	29.4	4.2	4.5
<b>2015</b>	4003	29.7	4.8	5.1
<b>2016</b>	4037	29.9	5.6	6.3
<b>2017</b>	4078	30.3	6.5	7.1
<b>2018</b>	4116	30.6	7.2	7.6
<b>2019</b>	4155	30.9	7.9	8.3
<b>2020</b>	4196	31.2	8.6	9.3
<b>2021</b>	4239	31.6	9.3	10.0



**Tabla VI.46 Reducción de emisiones de PM10 debido a M5\_E2, caso pesimista**

AÑO	EMISION M5_E2 (ton)		% REDUCCION M5_E2	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.0	0.0
2008	3831	28.3	0.5	0.4
2009	3847	28.4	0.8	1.0
2010	3871	28.6	1.3	1.4
2011	3897	28.8	2.0	2.4
2012	3926	29.0	2.4	2.7
2013	3950	29.2	3.0	3.3
2014	3984	29.5	4.0	4.2
2015	4015	29.8	4.5	4.8
2016	4050	30.0	5.3	6.0
2017	4091	30.4	6.2	6.7
2018	4129	30.7	6.9	7.3
2019	4168	31.0	7.6	8.0
2020	4209	31.3	8.3	9.0
2021	4252	31.7	9.0	9.7



**Figura 6.10 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M5\_E2**



o **Costo de la Medida**

Esta medida consiste en aislar por completo las viviendas nuevas y así disminuir las pérdidas de calor. Según la revista BID el costo de aislar viviendas nuevas es de 30 UF. Se consideró la UF a \$18.130.

Para los cálculos se utilizó una casa promedio con un área de 80 m<sup>2</sup>.

**Costo Privado**

El costo privado de esta medida se determinó multiplicando la proyección de viviendas a construir por año, por el costo de implantación de la medida. Al igual que en la medida anterior a este costo se restó el ahorro en combustible por concepto de calefacción (leña).

El VAN de esta medida se muestra en la Tabla VI.47 para el escenario Optimista y Tabla VI.48 para el Pesimista.

**Tabla VI.47 Costo Privado Medida M5\_E2, Caso Optimista**

Año	Casas totales	Crecimiento por año	Casas nuevas aisladas	Costo anual (\$)	Casas totales aisladas	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual de leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	56.303	690	690	375.291.000	690	2.667.446.173	13.763.008	361.527.992
2008	56.988	685	685	372.571.500	1.375	5.315.563.026	27.426.285	345.145.215
2009	57.532	544	544	295.881.600	1.919	7.418.593.053	38.277.120	257.604.480
2010	58.304	772	772	419.890.800	2.691	10.403.040.076	53.675.732	366.215.068
2011	59.188	884	884	480.807.600	3.575	13.820.463.869	71.308.340	409.499.260
2012	60.042	854	854	464.490.600	4.429	17.121.911.741	88.342.556	376.148.044
2013	60.954	912	912	496.036.800	5.341	20.647.579.727	106.533.663	389.503.137
2014	62.124	1.170	1170	636.363.000	6.511	25.170.640.629	129.870.938	506.492.062
2015	63.185	1.061	1061	577.077.900	7.572	29.272.322.353	151.034.056	426.043.844
2016	64.360	1.175	1175	639.082.500	8.747	33.814.712.576	174.471.063	464.611.437
2017	65.790	1.430	1430	777.777.000	10.177	39.342.898.123	202.994.399	574.782.601
2018	67.077	1.287	1287	699.999.300	11.464	44.318.265.116	228.665.401	471.333.899
2019	68.432	1.355	1355	736.984.500	12.819	49.556.510.862	255.692.758	481.291.742
2020	69.857	1.425	1425	775.057.500	14.244	55.065.367.089	284.116.362	490.941.138
2021	71.355	1.498	1498	814.762.200	15.742	60.856.431.390	313.996.053	500.766.147
<b>VAN Escenario Optimista</b>								<b>3.060.353.192</b>



**Tabla VI.48 Costo Privado Medida M5\_E2, Caso Pesimista**

Año	Casas totales	Crecimiento por año	Casas nuevas aisladas	Costo anual (\$)	Casas totales aisladas	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual en leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	56.303	690	0	0	0	0	0	0
2008	56.988	685	685	372.571.500	685	2.648.116.853	13.663.276	358.908.224
2009	57.532	544	544	295.881.600	1.229	4.751.146.880	24.514.112	271.367.488
2010	58.304	772	772	419.890.800	2.001	7.735.593.902	39.912.724	379.978.076
2011	59.188	884	884	480.807.600	2.885	11.153.017.695	57.545.332	423.262.268
2012	60.042	854	854	464.490.600	3.739	14.454.465.568	74.579.548	389.911.052
2013	60.954	912	912	496.036.800	4.651	17.980.133.553	92.770.654	403.266.146
2014	62.124	1.170	1170	636.363.000	5.821	22.503.194.456	116.107.929	520.255.071
2015	63.185	1.061	1061	577.077.900	6.882	26.604.876.180	137.271.048	439.806.852
2016	64.360	1.175	1175	639.082.500	8.057	31.147.266.403	160.708.055	478.374.445
2017	65.790	1.430	1430	777.777.000	9.487	36.675.451.950	189.231.391	588.545.609
2018	67.077	1.287	1287	699.999.300	10.774	41.650.818.943	214.902.393	485.096.907
2019	68.432	1.355	1355	736.984.500	12.129	46.889.064.689	241.929.750	495.054.750
2020	69.857	1.425	1425	775.057.500	13.554	52.397.920.916	270.353.354	504.704.146
2021	71.355	1.498	1498	814.762.200	15.052	58.188.985.217	300.233.045	514.529.155
<b>VAN Escenario Pesimista</b>								<b>2.823.862.091</b>

### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$1.500.000, este valor es pequeño debido a que existe una normativa.
- Fiscalización: La persona encargada puede ser la misma que fiscaliza normalmente la obra, sólo se le debiera capacitar específicamente en el tema y adquirir las herramientas necesarias para una adecuada fiscalización. Se considera que el gasto anual en fiscalización es de \$2.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$5.000.000 los primeros 2 años, \$3.000.000 el tercer y cuarto año, \$1.000.000 el quinto y sexto año.

El VAN del costo público de esta medida se muestra en la Tabla VI.49.

**Tabla VI.49 Costo Público Medida M5\_E2**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Implementación</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	1.500.000	0	2.000.000	5.000.000	8.500.000
<b>2008</b>	0	0	2.000.000	5.000.000	7.000.000
<b>2009</b>	0	0	2.000.000	3.000.000	2.000.000
<b>2010</b>	0	0	2.000.000	3.000.000	2.000.000
<b>2011</b>	0	0	2.000.000	1.000.000	2.000.000
<b>2012</b>	0	0	2.000.000	1.000.000	2.000.000
<b>2013</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2014</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2015</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2016</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2017</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2018</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2019</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2020</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2021</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
				<b>VAN (\$)</b>	<b>25.253.481</b>

#### o Aspectos legales

A partir del año 2000, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha dictado normas en materia de reglamentación térmica de las viviendas, estableciendo requisitos especiales dependiendo de la zona geográfica en la que emplazará la vivienda que se pretenda construir.

Tales normas inciden directamente en el uso de menores cantidades de combustible para calefaccionar la vivienda, en tanto permiten mejorar la eficiencia en el uso de la energía al interior del hogar.

Esta Reglamentación Térmica para las viviendas, contempla tres etapas. La primera, vigente desde marzo del año 2000, permitió reglamentar la transmitancia máxima del complejo de techumbre. La segunda etapa, contenida en el Decreto Supremo N° 192 del 2005 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que entrará en vigencia el 4 de enero de 2007, fija las cualidades de transmitancia máxima para el resto de la envolvente de un edificio, es decir, muros, ventanas, y pisos. Finalmente, la tercera etapa, destinada a formular un cálculo de comportamiento global, se espera para los años 2007-2008.

La evaluación y análisis jurídico de esta medida requiere previamente determinar el ahorro de combustible asociado a las transmitancias máximas, para establecer si la norma actualmente vigente para la zona geográfica que comprende las comunas de Temuco y Padre Las Casas, es suficientemente exigente respecto de las reducciones que se pretenda obtener.

En todo caso, si se determina que se requiere aumentar las exigencias para estas viviendas, el Plan de Descontaminación servirá de fundamento legal para su dictación. El supuesto es el mismo utilizado para la propuesta de modificación del DS 811 del Ministerio de Salud correspondiente a la medida 3, debiendo concurrir a la firma del decreto el ministro de Vivienda y Urbanismo. Es importante estudiar si el Ministerio de Vivienda y Urbanismo se encuentra facultado para modificar o dictar una norma de estas características con la finalidad de reducir las emisiones de MP10.



En cuanto a la fiscalización de la medida, los Municipios y la SEREMI de Vivienda tienen un rol fundamental. No obstante, de acuerdo a la última modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, la responsabilidad de la obra ha quedado radicada en el arquitecto firmante del proyecto quien solicita a la Dirección de Obras Municipales la obtención de los permisos de edificación.

**Medida M5\_E3: Norma de aislamiento térmico para la envolvente de la vivienda nueva.**

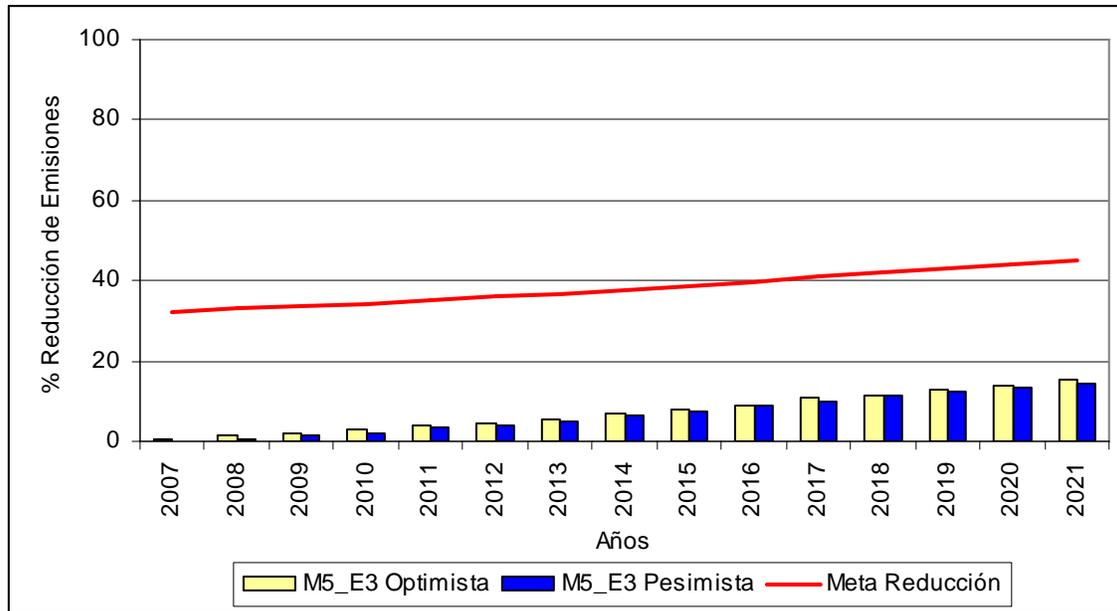
o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

**Tabla VI.50 Reducción de emisiones de PM10 debido a M5\_E3, caso optimista**

AÑO	EMISION M5_E3 (ton)		% REDUCCION M5_E3	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3791	28.0	0.5	0.4
2008	3802	28.0	1.2	1.4
2009	3810	28.1	1.8	2.1
2010	3822	28.2	2.5	2.8
2011	3836	28.3	3.6	4.1
2012	3849	28.4	4.3	4.7
2013	3863	28.5	5.2	5.6
2014	3881	28.7	6.4	6.8
2015	3897	28.8	7.3	8.0
2016	3915	29.0	8.4	9.1
2017	3936	29.1	9.8	10.7
2018	3956	29.3	10.8	11.5
2019	3976	29.4	11.8	12.8
2020	3997	29.6	12.9	14.0
2021	4020	29.8	14	15.1

**Tabla VI.51 Reducción de emisiones de PM10 debido a M5\_E3, caso pesimista**

AÑO	EMISION M5_E3 (ton)		% REDUCCION M5_E3	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3821	28.2	0.8	0.7
2009	3829	28.3	1.3	1.4
2010	3841	28.4	2.1	2.1
2011	3855	28.5	3.1	3.4
2012	3868	28.6	3.9	4.0
2013	3882	28.7	4.7	5.0
2014	3900	28.8	6	6.5
2015	3916	29.0	6.9	7.3
2016	3934	29.1	8	8.8
2017	3955	29.3	9.4	10.1
2018	3975	29.4	10.4	11.2
2019	3995	29.6	11.4	12.2
2020	4016	29.8	12.5	13.4
2021	4039	30.0	13.6	14.5



**Figura 6.11 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M5\_E3**

Esta medida consiste en aislar por completo las viviendas nuevas y así disminuir las pérdidas de calor. Según la revista BID el costo de aislar viviendas nuevas es de 30 UF. Debido a que el aislamiento es mayor (más grueso), se estimó un costo de 50 UF para aislar la envolvente. Se consideró la UF a \$18.130.

Para los cálculos se utilizó una casa promedio con un área de 80 m<sup>2</sup>.

### **Costo Privado**

El costo privado de esta medida se determinó multiplicando la proyección de viviendas a construir por año, por el costo de implantación de la medida. En esta medida se considera un solo posible escenario que es el 100% de penetración desde el primer año. Al costo de esta medida se restó el ahorro anual en leña, ya que al disminuir las pérdidas por calor, se disminuye la necesidad de calefacción y por ende el consumo de leña.



**Tabla VI.52 Costo Privado Medida M5\_E3, Caso Optimista**

Año	Casas totales	Casas nuevas aisladas	Costo anual (\$)	Casas totales aisladas	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual de leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	56.303	690	625.485.000	690	5.586.448.658	28.823.952	596.661.048
2008	56.988	685	620.952.500	1.375	11.132.415.804	57.439.034	563.513.466
2009	57.532	544	493.136.000	1.919	15.536.804.312	80.164.004	412.971.996
2010	58.304	772	699.818.000	2.691	21.787.149.767	112.413.411	587.404.589
2011	59.188	884	801.346.000	3.575	28.944.281.091	149.341.488	652.004.512
2012	60.042	854	774.151.000	4.429	35.858.523.344	185.016.350	589.134.650
2013	60.954	912	826.728.000	5.341	43.242.351.135	223.114.094	603.613.906
2014	62.124	1170	1.060.605.000	6.511	52.715.024.947	271.989.490	788.615.510
2015	63.185	1061	961.796.500	7.572	61.305.201.797	316.311.538	645.484.962
2016	64.360	1175	1.065.137.500	8.747	70.818.357.121	365.395.803	699.741.697
2017	65.790	1430	1.296.295.000	10.177	82.396.069.557	425.132.398	871.162.602
2018	67.077	1287	1.166.665.500	11.464	92.816.010.750	478.895.334	687.770.166
2019	68.432	1355	1.228.307.500	12.819	103.786.500.507	535.498.891	692.808.609
2020	69.857	1425	1.291.762.500	14.244	115.323.731.431	595.026.617	696.735.883
2021	71.355	1498	1.357.937.000	15.742	127.451.992.431	657.603.833	700.333.167
<b>VAN Escenario Optimista</b>							<b>4.754.468.742</b>

**Tabla VI.53 Costo Privado Medida M5\_E3, Caso Pesimista**

Año	Casas totales	Casas nuevas aisladas	Costo anual (\$)	Casas totales aisladas	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual en leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	56.303	0	0	0	0	0	0
2008	56.988	685	620.952.500	685	5.545.967.146	28.615.082	592.337.418
2009	57.532	544	493.136.000	1.229	9.950.355.654	51.340.053	441.795.947
2010	58.304	772	699.818.000	2.001	16.200.701.109	83.589.459	616.228.541
2011	59.188	884	801.346.000	2.885	23.357.832.433	120.517.536	680.828.464
2012	60.042	854	774.151.000	3.739	30.272.074.686	156.192.398	617.958.602
2013	60.954	912	826.728.000	4.651	37.655.902.477	194.290.143	632.437.857
2014	62.124	1170	1.060.605.000	5.821	47.128.576.289	243.165.539	817.439.461
2015	63.185	1061	961.796.500	6.882	55.718.753.139	287.487.586	674.308.914
2016	64.360	1175	1.065.137.500	8.057	65.231.908.463	336.571.851	728.565.649
2017	65.790	1430	1.296.295.000	9.487	76.809.620.899	396.308.447	899.986.553
2018	67.077	1287	1.166.665.500	10.774	87.229.562.092	450.071.382	716.594.118
2019	68.432	1355	1.228.307.500	12.129	98.200.051.848	506.674.939	721.632.561
2020	69.857	1425	1.291.762.500	13.554	109.737.282.773	566.202.665	725.559.835
2021	71.355	1498	1.357.937.000	15.052	121.865.543.773	628.779.882	729.157.118
<b>VAN Escenario Pesimista</b>							<b>4.405.083.282</b>



## **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$5.000.000.
- Fiscalización: La persona encargada puede ser la misma que fiscaliza normalmente la obra, sólo se le debiera capacitar específicamente en el tema y adquirir las herramientas necesarias para una adecuada fiscalización. Se considera que el gasto anual en fiscalización es de \$2.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$5.000.000 los primeros 2 años, \$3.000.000 el tercer y cuarto año, \$1.000.000 el quinto y sexto año.

**Tabla VI.54 Costo Público Medida M5\_E3**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Implementación</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	5.000.000	0	2.000.000	5.000.000	12.000.000
<b>2008</b>	0	0	2.000.000	5.000.000	7.000.000
<b>2009</b>	0	0	2.000.000	3.000.000	2.000.000
<b>2010</b>	0	0	2.000.000	3.000.000	2.000.000
<b>2011</b>	0	0	2.000.000	1.000.000	2.000.000
<b>2012</b>	0	0	2.000.000	1.000.000	2.000.000
<b>2013</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2014</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2015</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2016</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2017</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2018</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2019</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2020</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>2021</b>	0	0	2.000.000	0	2.000.000
<b>VAN (\$)</b>					<b>28.435.300</b>

## **MEDIDA 6: Mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU.**

Esta Medida se subdivide en dos etapas, lo que origina dos Medidas, a saber: Medida M6\_E1 y M6\_E2, correspondientes a cada fase de la normativa del MINVU. Adicionalmente se evalúa un mejoramiento a la Etapa 2, que considera un incremento en el espesor del material aislante. Esto origina la Medida M6\_E3

### **Aspectos legales**

La implementación de esta medida requiere que las especificaciones contenidas en la reglamentación térmica - que entrará en vigencia a comienzos del 2007- sean aplicadas a las viviendas existentes, produciendo como consecuencia la disminución del consumo de combustible para calefaccionar estas viviendas.

Para ellos se requiere la incorporación de sistemas de aislamiento que tendrán que ser fomentados a través de la entrega de subsidios que incentiven, en el corto y mediano plazo, el mejoramiento térmico de las viviendas.



En la actualidad existe un subsidio que el Estado, a través del SERVIU (D.S. N° 104 de 2004 del Ministerio de vivienda y Urbanismo, D.Of. de 1° de Septiembre de 2004), entrega para el mejoramiento de las viviendas existentes. Consiste en un instrumento económico que tiene un alcance más amplio que el sólo mejoramiento desde el punto de vista térmico y que, por consiguiente, lo incorpora.

Sin embargo, debe tenerse en consideración el mensaje N° 387- 324, del ex Presidente de la República, don Patricio Aylwin Azócar, con el que se envió al Congreso Nacional el proyecto de Ley de Bases del Medio Ambiente, actual Ley 19.300, su parte V, denominada de los principios, señala que "El segundo principio que inspira este proyecto de ley es el que contamina paga. En efecto, se funda en la idea de que el particular que actualmente contamina, o que lo haga en el futuro, debe incorporar a sus costos de producción todas las inversiones necesarias para evitar la contaminación. De ahí se desprende que los primeros responsables de disminuir la contaminación serán los particulares. El Estado deberá fiscalizar adecuadamente el cumplimiento de las normativas dictadas, y de los sistemas de regulación que se creen, sean directos o indirectos. Así, se entregan nuevas facultades y herramientas a los fiscalizadores en materia ambiental, de modo que cumplan cabalmente con sus funciones.

Se pretende, asimismo, que en los planes de descontaminación los costos por descontaminar sean asignados a los propios causantes de la contaminación.

Esta opción importa que, como regla general, el Estado no debe optar por los subsidios para solucionar la problemática ambiental, sin perjuicio que, en circunstancias excepcionales y de muy especial gravedad, puedan ellos ser útil. Pero, sin duda que el sistema de subsidios no puede ser la piedra angular de una política ambiental. Esta, más bien, debe basarse en la creatividad y eficiencia de los causantes de los problemas, quienes deben desarrollar las formas de solucionarlos, y de un poder público con la capacidad necesaria para fiscalizar las normativas producidas".

Jurídicamente los subsidios son auxilios fiscales a una determinada actividad económica de los particulares con el objeto de fomentar su desarrollo y mantención, y cuyos elementos esenciales son: la existencia de una actividad que no compete al Estado; el desinterés o imposibilidad de los particulares para ejercerla o continuarla; la conveniencia del Estado en su existencia, y la contribución de éste, mediante aportes en dinero u otros, para su mantención.

Ahora bien, los subsidios tienen su origen en una ley, por ejemplo, en la Ley de Presupuestos del año 2006, y desde aproximadamente el año 1980, se han incluido en esta ley los fondos para los subsidios a los distintos modos de transporte como glosa 04 en la Partida N° 19 indicándose que están "destinados a subsidios comprometidos al transporte regional, los que podrán ser traspasados a las correspondientes Intendencias, las que se encargarán de los procesos de licitación de las subvenciones a los servicios de transporte que determine el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones"; asimismo se dispone que "las Intendencias podrán asimismo ejecutar todos los actos y contratos conducentes al uso de estos fondos para los fines que se otorgan".

En consideración al alto potencial de reducción de emisiones que se estima podría tener la aplicación de esta medida, será conveniente revisar esta alternativa a la luz de lo expresado precedentemente. Su adecuada aplicación y control debiera encontrarse a cargo de la autoridad de vivienda y urbanismo.



No obstante lo señalado, en lo que dice relación con la pertinencia legal de la compensación de emisiones, se debe tener presente el inciso 2º del artículo 57 del actual PPDA de la Región Metropolitana, que dispone que CONAMA “coordinará un estudio tendiente a establecer el procedimiento que haga operativo la compensación de emisiones para estos equipos. Este estudio servirá de base para la dictación del decreto mediante el cual se establecerá dicho mecanismo”. El estudio al que se alude, se encuentra en etapa de licitación en la COREMA RM.

Respecto a la viabilidad legal de la compensación de emisiones, la Ley 19300 en el literal h) del artículo 45 ordena que como contenido mínimo de un plan, se puede proponer “cuando sea posible” mecanismos de compensación de emisiones. Este mecanismo puede ser parte del decreto supremo que establezca el plan de descontaminación, en donde el procedimiento y las metodologías deben estar definidas.

Finalmente, si existieran los estudios que permitan contar con un procedimiento operativo para la compensación de emisiones, se puede utilizar como instrumento legal para dar vida jurídica a la metodología apropiada, el Decreto Supremo N° 19/2001 del MINSEGPRES, que Faculta a los Ministros de Estado para firmar “Por Orden del Presidente del República”, los decretos supremos relativos a las materias que allí se detalla; entre ellas se faculta al Ministro Secretario General de la Presidencia para dar su “Aprobación de procedimientos técnicos para evitar la contaminación”.

**Medida M6\_E1: Norma de aislamiento térmico para la techumbre de la vivienda existente.**

° **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

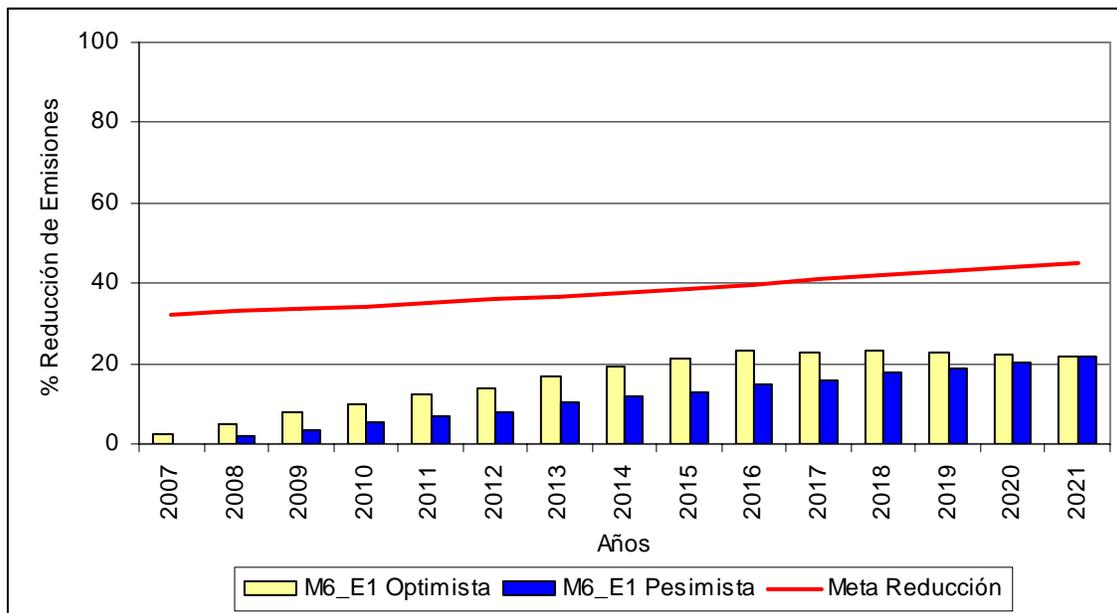
**Tabla VI.55 Reducción de emisiones de PM10 debido a M6\_E1, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M6_E1 (ton)		% REDUCCION M6_E1	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3726	27.4	2.2	2.5
2008	3674	27.0	4.6	4.9
2009	3615	26.5	6.8	7.7
2010	3571	26.2	8.9	9.7
2011	3538	25.9	11.1	12.2
2012	3497	25.6	13.1	14.1
2013	3430	25.1	15.8	16.9
2014	3411	24.9	17.8	19.2
2015	3378	24.6	19.7	21.4
2016	3356	24.5	21.5	23.2
2017	3442	25.2	21.1	22.7
2018	3474	25.4	21.7	23.3
2019	3550	26.0	21.3	22.8
2020	3631	26.7	20.9	22.4
2021	3716	27.4	20.5	21.9



**Tabla VI.56 Reducción de emisiones de PM10 debido a M6\_E1, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M6_E1 (ton)		% REDUCCION M6_E1	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3788	27.9	1.6	1.8
2009	3756	27.7	3.2	3.5
2010	3738	27.5	4.7	5.2
2011	3732	27.5	6.2	6.8
2012	3717	27.4	7.6	8.1
2013	3688	27.1	9.5	10.3
2014	3697	27.2	10.9	11.7
2015	3691	27.2	12.2	13.1
2016	3696	27.2	13.6	14.7
2017	3718	27.4	14.8	16.0
2018	3694	27.2	16.7	17.8
2019	3704	27.3	17.9	19.0
2020	3718	27.4	19	20.3
2021	3716	27.4	20.5	21.9



**Figura 6.12 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M6\_E1**



o **Costo de la Medida**

**Costo Privado:**

En este caso el costo privado incluye la modificación de casas existentes al año 2006 (55.860 viviendas), lo que aumenta el costo de la vivienda en un 33% en relación a las viviendas nuevas, lo que corresponde a 17 UF. Se estima que el costo de la modificación del techo es de un tercio respecto a la casa completa. Para efectos de este informe se consideró el valor de la UF a \$18.130. El área de las casas, al igual que con las medidas M5 se asumió como un promedio de 80 m<sup>2</sup>.

El costo se obtuvo multiplicando el porcentaje de penetración de la medida por las viviendas existentes (calculadas para una año base) por el costo de la modificación. A este costo se restó el consumo de leña a disminuir por efecto del mejoramiento térmico.

El VAN de esta medida, para los 15 años proyectados con una tasa de descuento de 10% es el siguiente para los dos escenarios.

**Tabla VI.57 Costo Privado Medida M6\_E1, Caso Optimista**

<b>Año</b>	<b>Casas existentes aisladas</b>	<b>Casas aisladas ese año</b>	<b>Costo anual (\$)</b>	<b>Energía ahorrada Kcal</b>	<b>Ahorro en leña (\$)</b>	<b>Ahorro anual (\$)</b>	<b>Costo total anual (\$)</b>
<b>2007</b>	5586	5586	1.687.903.000	6.925.748	35.093	3.509.307	1.684.393.693
<b>2008</b>	11172	5586	1.687.903.000	13.851.496	70.186	7.018.613	1.680.884.387
<b>2009</b>	16758	5586	1.687.903.000	20.777.244	105.279	10.527.920	1.677.375.080
<b>2010</b>	22344	5586	1.687.903.000	27.702.991	140.372	14.037.227	1.673.865.773
<b>2011</b>	27930	5586	1.687.903.000	34.628.739	175.465	17.546.533	1.670.356.467
<b>2012</b>	33516	5586	1.687.903.000	41.554.487	210.558	21.055.840	1.666.847.160
<b>2013</b>	39102	5586	1.687.903.000	48.480.235	245.651	24.565.147	1.663.337.853
<b>2014</b>	44688	5586	1.687.903.000	55.405.983	280.745	28.074.453	1.659.828.547
<b>2015</b>	50274	5586	1.687.903.000	62.331.731	315.838	31.583.760	1.656.319.240
<b>2016</b>	55860	5586	1.687.903.000	69.257.479	350.931	35.093.067	1.652.809.933
<b>2017</b>	55860	0	0	69.257.479	350.931	35.093.067	-35.093.067
<b>2018</b>	55860	0	0	69.257.479	350.931	35.093.067	-35.093.067
<b>2019</b>	55860	0	0	69.257.479	350.931	35.093.067	-35.093.067
<b>2020</b>	55860	0	0	69.257.479	350.931	35.093.067	-35.093.067
<b>2021</b>	55860	0	0	69.257.479	350.931	35.093.067	-35.093.067
<b>VAN Escenario Optimista</b>							<b>10.218.248.390</b>

Los costos negativos en los últimos 5 años del escenario se deben a que el ahorro en leña es mayor que el gasto en implementación de la medida (para esos años ya se ha implementado el 100% de la medida en este escenario).



**Tabla VI.58 Costo Privado Medida M6\_E1, Caso Pesimista**

Año	Casas existentes aisladas	Casas asiladas ese año	Costo anual (\$)	Energía ahorrada Kcal	Ahorro en leña (\$)	Ahorro anual (\$)	Costo total anual (\$)
2007	0	0	0	0	0	0	0
2008	3910	3910	1.181.532.100	4.848.023	24.565	2.456.515	1.179.075.585
2009	7820	3910	1.181.532.100	9.696.047	49.130	4.913.029	1.176.619.071
2010	11731	3910	1.181.532.100	14.544.070	73.695	7.369.544	1.174.162.556
2011	15642	3910	1.181.532.100	19.392.094	98.261	9.826.059	1.171.706.041
2012	19551	3910	1.181.532.100	24.240.117	122.826	12.282.573	1.169.249.527
2013	23461	3910	1.181.532.100	29.088.141	147.391	14.739.088	1.166.793.012
2014	27371	3910	1.181.532.100	33.936.164	171.956	17.195.603	1.164.336.497
2015	31282	3910	1.181.532.100	38.784.188	196.521	19.652.117	1.161.879.983
2016	35192	3910	1.181.532.100	43.632.211	221.086	22.108.632	1.159.423.468
2017	39102	3910	1.181.532.100	48.480.235	245.651	24.565.147	1.156.966.953
2018	43012	3910	1.181.532.100	53.328.258	270.217	27.021.661	1.154.510.439
2019	46922	3910	1.181.532.100	58.176.282	294.782	29.478.176	1.152.053.924
2020	50833	3910	1.181.532.100	63.024.305	319.347	31.934.691	1.149.597.409
2021	55860	5027	1.519.112.700	69.257.479	350.931	35.093.067	1.484.019.633
<b>VAN Escenario Pesimista</b>							<b>7.894.719.146</b>

**Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$5.000.000.
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$10.000.000 anuales, hasta el año 11.

**Tabla VI.59 Costo Público Medida M6\_E1**

Año	Diseño	Fiscalización	Difusión	Total anual
2007	5.000.000	7.000.000	10.000.000	22.000.000
2008	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2009	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2010	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2011	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2012	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2013	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2014	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2015	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2016	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2017	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
2018	0	7.000.000		7.000.000
2019	0	7.000.000		7.000.000
2020	0	7.000.000		7.000.000
2021	0	7.000.000		7.000.000
<b>VAN (\$)</b>				<b>122.738.621</b>



## **Instrumento económico**

Tal como se mostrará más adelante, la medida más atractiva es la M6\_E3 para que en combinación con otras, permita cumplir con el objetivo de sacar del estado saturado a Temuco y Padre Las Casas. Por lo tanto, se ha establecido y calculado un instrumento económico solamente para esa medida.

Tal como se explicó en el Capítulo 5, se reconocen dos instrumentos para viabilizar esta Medida. El primero de ellos es a través de un subsidio y el segundo es a través de un mecanismo de compensación para aquellas viviendas nuevas que se construyan en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, exigiéndoles a estas últimas, vía el PDA, aislar la techumbre de una vivienda existente.

Los instrumentos de CORFO pueden ayudar a que empresas ofrezcan servicios de instalación de aislamiento en viviendas existentes, oferta que hoy día es muy escasa. El aislamiento de casas existentes debe ser diseñado caso a caso. Este instrumento de fomento permitiría satisfacer una demanda de instalación de aislamiento de casas. Si existiera solamente la demanda, y la oferta no fuera capaz de satisfacerla, redundaría en un aumento de precio, encareciendo la medida y haciéndola poco viable desde el punto de vista económico.

Al igual que la Medida M1 y M4, casi todos los instrumentos de CORFO se podrían aplicar para apoyar la implementación de esta medida, tal como los instrumentos de calidad y productividad como PROFOS, para pequeñas empresas contratistas de la construcción o PDP para fortalecer la relación de las constructoras y sus contratistas en aislación, calefacción por ejemplo.

Asimismo las empresas pueden innovar en nuevos productos, ofreciendo nuevos tipos de aislación o nuevos procesos más eficientes de la fabricación de aislación.

Cabe destacar que CORFO ha declarado que sus instrumentos también se pueden usar en el ámbito de eficiencia energética.

Instrumentos de financiamiento podrían permitir que las empresas financien equipamiento productivo para la fabricación de aislación.

Por su lado, los instrumentos de Sence permitirían capacitar a los trabajadores y microempresarios en procesos de fabricación e instalación de aislación.

Por otro lado, los instrumentos de CONICYT y del PBCT aplicables a esta medida serían el instrumento FONDEF e INNOVA y Consorcios Tecnológicos Empresariales, con el objetivo de desarrollar tecnología de punta en aislación térmica, por ejemplo.

Lo señalado anteriormente también es aplicable a la medida M6\_E2.



**Medida M6\_E2: Norma de aislamiento térmico para la envolvente de la vivienda existente.**

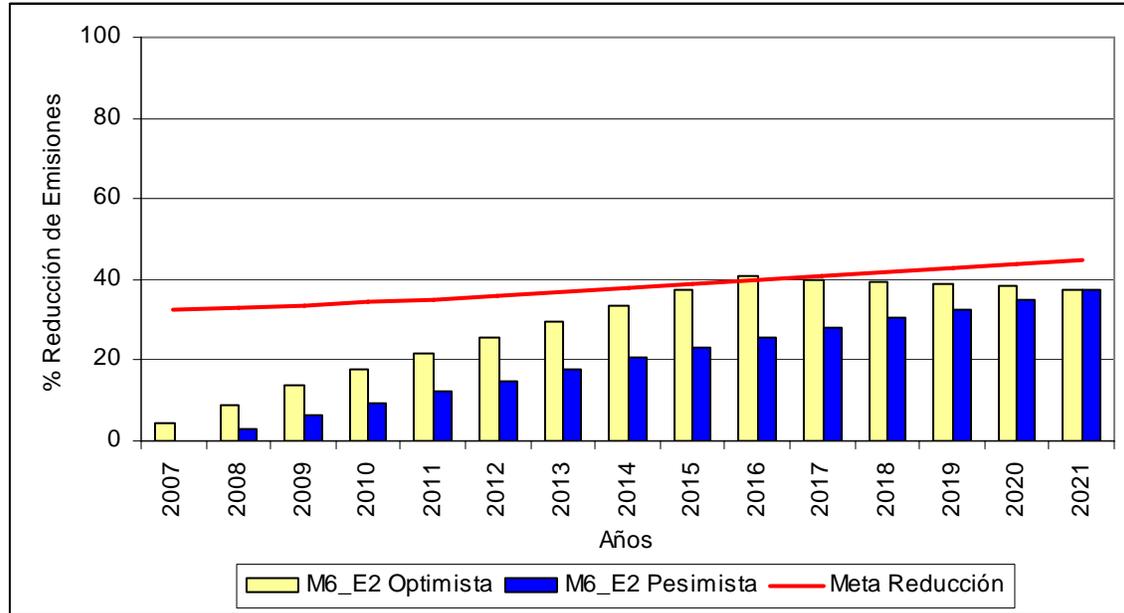
o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

**Tabla VI.60 Reducción de emisiones de PM10 debido a M6\_E2, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M6_E2 (ton)		% REDUCCION M6_E2	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3652	26.8	4.1	4.6
2008	3533	25.9	8.2	8.8
2009	3404	24.8	12.2	13.6
2010	3290	23.9	16.1	17.6
2011	3187	23.1	19.9	21.7
2012	3075	22.2	23.6	25.5
2013	2947	21.2	27.7	29.8
2014	2859	20.5	31.1	33.4
2015	2757	19.6	34.5	37.4
2016	2666	18.9	37.7	40.8
2017	2751	19.6	36.9	39.9
2018	2796	20.0	36.9	39.6
2019	2873	20.6	36.3	38.9
2020	2954	21.2	35.6	38.4
2021	3040	21.9	35	37.6

**Tabla VI.61 Reducción de emisiones de PM10 debido a M6\_E2, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M6_E2 (ton)		% REDUCCION M6_E2	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3739	27.5	2.9	3.2
2009	3657	26.9	5.7	6.3
2010	3590	26.3	8.5	9.3
2011	3535	25.9	11.1	12.2
2012	3471	25.4	13.7	14.8
2013	3398	24.8	16.6	17.9
2014	3358	24.5	19	20.5
2015	3305	24.0	21.4	23.3
2016	3262	23.7	23.7	25.7
2017	3235	23.5	25.9	27.9
2018	3172	23.0	28.5	30.5
2019	3135	22.7	30.5	32.6
2020	3102	22.4	32.4	34.9
2021	3040	21.9	35	37.6



**Figura 6.13 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M6\_E2**

◦ **Costo de la Medida**

**Costo Privado:**

En este caso el costo privado incluye la modificación de casas existentes al año 2006 (55.860 viviendas), lo que aumenta el costo de la vivienda existente en 50 UF. Para efectos de este informe se consideró el valor de la UF a \$18.130.

El costo se obtuvo multiplicando el porcentaje de penetración de la medida por las viviendas existentes (al año 2006) por el costo de la modificación. A este costo se restó el consumo de leña a disminuir por efecto del mejoramiento térmico.

El VAN de esta medida, para los 15 años proyectados con una tasa de descuento de 10% es el siguiente para los dos escenarios.



**Tabla VI.62 Costo Privado Medida M6\_E2, Caso Optimista**

Año	Casas existentes aisladas	Casas asiladas ese año	Costo anual (\$)	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual de leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	5586	5586	5.063.709.000	21.594.716.411	109.421.370	4.954.287.630
2008	11172	5586	5.063.709.000	43.189.432.823	218.842.740	4.844.866.260
2009	16758	5586	5.063.709.000	64.784.149.234	328.264.111	4.735.444.889
2010	22344	5586	5.063.709.000	86.378.865.645	437.685.481	4.626.023.519
2011	27930	5586	5.063.709.000	107.973.582.056	547.106.851	4.516.602.149
2012	33516	5586	5.063.709.000	129.568.298.468	656.528.221	4.407.180.779
2013	39102	5586	5.063.709.000	151.163.014.879	765.949.592	4.297.759.408
2014	44688	5586	5.063.709.000	172.757.731.290	875.370.962	4.188.338.038
2015	50274	5586	5.063.709.000	194.352.447.701	984.792.332	4.078.916.668
2016	55860	5586	5.063.709.000	215.947.164.113	1.094.213.702	3.969.495.298
2017	55860	0	0	215.947.164.113	1.094.213.702	-1.094.213.702
2018	55860	0	0	215.947.164.113	1.094.213.702	-1.094.213.702
2019	55860	0	0	215.947.164.113	1.094.213.702	-1.094.213.702
2020	55860	0	0	215.947.164.113	1.094.213.702	-1.094.213.702
2021	55860	0	0	215.947.164.113	1.094.213.702	-1.094.213.702
<b>VAN escenario optimista</b>						<b>26.337.943.886</b>

Los costos negativos en los últimos 5 años del escenario se deben a que el ahorro en leña es mayor que el gasto en implementación de la medida (para esos años ya se ha implementado el 100% de la medida en este escenario)

**Tabla VI.63 Costo Privado Medida M6\_E2, Caso Pesimista**

Año	Casas existentes aisladas	Casas asiladas ese año	Costo total anual (\$)	Energía ahorrada Kcal	Ahorro diario en leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	0	0	0	0	0	0
2008	3910	3910	3.544.596.300	15.116.301.488	76.594.959	3.468.001.341
2009	7820	3910	3.544.596.300	30.232.602.976	153.189.918	3.391.406.382
2010	11731	3910	3.544.596.300	45.348.904.464	229.784.878	3.314.811.422
2011	15641	3910	3.544.596.300	60.465.205.952	306.379.837	3.238.216.463
2012	19551	3910	3.544.596.300	75.581.507.439	382.974.796	3.161.621.504
2013	23461	3910	3.544.596.300	90.697.808.927	459.569.755	3.085.026.545
2014	27371	3910	3.544.596.300	105.814.110.415	536.164.714	3.008.431.586
2015	31282	3910	3.544.596.300	120.930.411.903	612.759.673	2.931.836.627
2016	351928	3910	3.544.596.300	136.046.713.391	689.354.633	2.855.241.667
2017	39102	3910	3.544.596.300	151.163.014.879	765.949.592	2.778.646.708
2018	43012	3910	3.544.596.300	166.279.316.367	842.544.551	2.702.051.749
2019	46922	3910	3.544.596.300	181.395.617.855	919.139.510	2.625.456.790
2020	50833	3910	3.544.596.300	196.511.919.342	995.734.469	2.548.861.831
2021	55860	5027	4.557.338.100	215.947.164.113	1.094.213.702	3.463.124.398
<b>VAN escenario pesimista</b>						<b>20.899.884.561</b>



### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$1.500.000.
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$10.000.000 anuales, hasta el año 11.

**Tabla VI.64 Costo Público Medida M6\_E2**

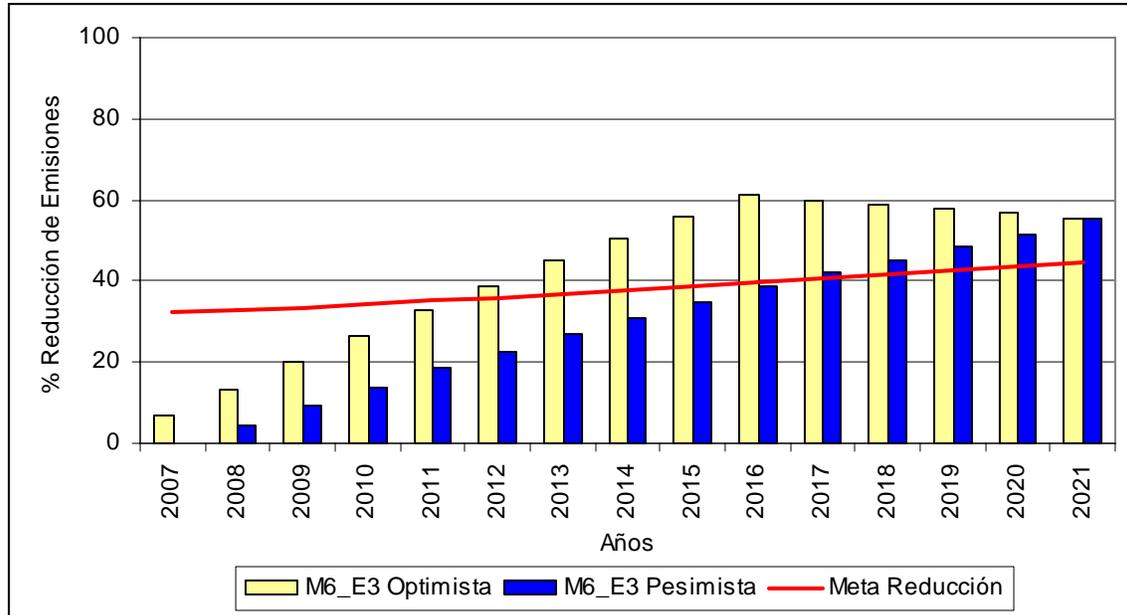
<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	1.500.000	7.000.000	10.000.000	18.500.000
<b>2008</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2009</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2010</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2011</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2012</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2013</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2014</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2015</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2016</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2017</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2018</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>2019</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>2020</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>2021</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
			<b>VAN (\$)</b>	<b>119.556.803</b>

**Medida M6\_E3: Norma de aislamiento térmico vivienda existente: Envoltente mejorada**o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10****Tabla VI.65 Reducción de emisiones de PM10 debido a M6\_E3, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M6_E3 (ton)		% REDUCCION M6_E3	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3570	26.2	6.3	6.8
2008	3369	24.6	12.5	13.4
2009	3158	22.9	18.6	20.2
2010	2962	21.3	24.5	26.6
2011	2776	19.8	30.2	32.9
2012	2583	18.2	35.8	38.9
2013	2384	16.6	41.5	45.0
2014	2214	15.3	46.6	50.3
2015	2033	13.8	51.7	55.9
2016	1861	12.4	56.5	61.1
2017	1946	13.1	55.4	59.8
2018	2005	13.6	54.8	58.9
2019	2083	14.2	53.8	57.9
2020	2165	14.9	52.8	56.7
2021	2251	15.6	51.8	55.6

**Tabla VI.66 Reducción de emisiones de PM10 debido a M6\_E3, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M6_E3 (ton)		% REDUCCION M6_E3	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0.0
2008	3682	27.1	4.4	4.6
2009	3543	26.0	8.7	9.4
2010	3418	25.0	12.9	13.8
2011	3305	24.0	16.9	18.6
2012	3184	23.1	20.9	22.5
2013	3060	22.1	24.9	26.8
2014	2963	21.3	28.6	30.8
2015	2854	20.4	32.1	34.8
2016	2754	19.6	35.6	38.6
2017	2671	18.9	38.8	42.0
2018	2563	18.1	42.2	45.3
2019	2471	17.3	45.2	48.7
2020	2383	16.6	48.1	51.7
2021	2251	15.6	51.8	55.6



**Figura 6.14 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M6\_E3**

### **Costo Privado**

En este caso el costo privado incluye la modificación de casas existentes al año 2006 (55.860 viviendas), lo que aumenta el costo de la vivienda existente a 50 UF. Debido a que en este caso la aislación es más gruesa que en la medida anterior, se supone que el costo de aislamiento es de 80 UF. Para efectos de este informe se consideró el valor de la UF a \$18.130.

El costo se obtuvo multiplicando el porcentaje de penetración de la medida por las viviendas existentes (proyectadas para ese año) por el costo de la modificación. A este costo se restó el consumo de leña a disminuir por efecto del mejoramiento térmico.

El VAN de esta medida, para los 15 años proyectados con una tasa de descuento de 10% es el siguiente para los dos escenarios.



**Tabla VI.67 Costo Privado Medida M6\_E3, Caso Optimista**

Año	Casas existentes aisladas	Casas asiladas ese año	Costo anual (\$)	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual de leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	5586	5586	8.101.934.400	45.225.945.224	229.161.838	7.872.772.562
2008	11172	5586	8.101.934.400	90.451.890.449	458.323.675	7.643.610.725
2009	16758	5586	8.101.934.400	135.677.835.673	687.485.513	7.414.448.887
2010	22344	5586	8.101.934.400	180.903.780.897	916.647.351	7.185.287.049
2011	27930	5586	8.101.934.400	226.129.726.121	1.145.809.188	6.956.125.212
2012	33516	5586	8.101.934.400	271.355.671.346	1.374.971.026	6.726.963.374
2013	39102	5586	8.101.934.400	316.581.616.570	1.604.132.864	6.497.801.536
2014	44688	5586	8.101.934.400	361.807.561.794	1.833.294.701	6.268.639.699
2015	50274	5586	8.101.934.400	407.033.507.018	2.062.456.539	6.039.477.861
2016	55860	5586	8.101.934.400	452.259.452.243	2.291.618.377	5.810.316.023
2017	55860	0	0	452.259.452.243	2.291.618.377	-2.291.618.377
2018	55860	0	0	452.259.452.243	2.291.618.377	-2.291.618.377
2019	55860	0	0	452.259.452.243	2.291.618.377	-2.291.618.377
2020	55860	0	0	452.259.452.243	2.291.618.377	-2.291.618.377
2021	55860	0	0	452.259.452.243	2.291.618.377	-2.291.618.377
<b>VAN escenario optimista</b>						<b>39.779.728.616</b>

**Tabla VI.68 Costo Privado Medida M6\_E3, Caso Pesimista**

Año	Casas Existentes aisladas	Casas Asiladas ese año	Costo anual (\$)	Energía ahorrada Kcal	Ahorro anual de leña (\$)	Costo total anual (\$)
2007	0	0	0	0	0	0
2008	3910	3910	5.671.354.080	31.658.161.657	160.413.286	5.510.940.794
2009	7820	3910	5.671.354.080	63.316.323.314	320.826.573	5.350.527.507
2010	11731	3910	5.671.354.080	94.974.484.971	481.239.859	5.190.114.221
2011	15641	3910	5.671.354.080	126.632.646.628	641.653.146	5.029.700.934
2012	19551	3910	5.671.354.080	158.290.808.285	802.066.432	4.869.287.648
2013	23461	3910	5.671.354.080	189.948.969.942	962.479.718	4.708.874.362
2014	27371	3910	5.671.354.080	221.607.131.599	1.122.893.005	4.548.461.075
2015	31282	3910	5.671.354.080	253.265.293.256	1.283.306.291	4.388.047.789
2016	35192	3910	5.671.354.080	284.923.454.913	1.443.719.577	4.227.634.503
2017	39102	3910	5.671.354.080	316.581.616.570	1.604.132.864	4.067.221.216
2018	43012	3910	5.671.354.080	348.239.778.227	1.764.546.150	3.906.807.930
2019	46922	3910	5.671.354.080	379.897.939.884	1.924.959.437	3.746.394.643
2020	50833	3910	5.671.354.080	411.556.101.541	2.085.372.723	3.585.981.357
2021	55860	5027	7.291.740.960	452.259.452.243	2.291.618.377	5.000.122.583
<b>VAN Escenario pesimista</b>						<b>31.917.017.141</b>

Los costos negativos en los últimos 5 años del escenario Optimista se deben a que el ahorro en leña es mayor que el gasto en implementación de la medida (para esos años ya se ha implementado el 100% de la medida en este escenario)



### **Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$7.000.000.
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$10.000.000 anuales, hasta el año 11.

**Tabla VI.69 Costo Público Medida M6\_E3**

<b>Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Fiscalización</b>	<b>Difusión</b>	<b>Total anual</b>
<b>2007</b>	7.000.000	7.000.000	10.000.000	24.000.000
<b>2008</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2009</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2010</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2011</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2012</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2013</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2014</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2015</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2016</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2017</b>	0	7.000.000	10.000.000	17.000.000
<b>2018</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>2019</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>2020</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>2021</b>	0	7.000.000	0	7.000.000
			<b>VAN (\$)</b>	<b>124.556.803</b>

### **Instrumento Económico**

Tal como se explicó en el Capítulo 5, se reconocen dos instrumentos para viabilizar esta Medida. El primero de ellos es a través de un subsidio y el segundo es a través de un mecanismo de compensación.

El instrumento que se considera es un subsidio a la instalación de aislamiento térmica en viviendas existentes. Dado que el subsidio tiene como objetivo, lograr bajar las emisiones, y no ser instrumento de apoyo a los sectores socioeconómicos inferiores, éste debiera ser igual para todas las casas.

Al igual que el subsidio de la medida M1, debe estar orientado a cubrir el total del costo privado que asumirá la sociedad por la implementación de la medida en una etapa inicial.

El subsidio debiera ser de un monto de UF 80, costo estimado para aislar térmicamente una casa típica de Temuco. Al establecer un monto fijo, los sectores más pobres tendrían un beneficio relativo respecto a los sectores de mayor nivel de ingresos, ya que las casas de los primeros son más pequeñas.



Con un nivel de subsidio de este monto, el cual sería decreciente en el tiempo, terminado el subsidio en el año 5 (implementación del 50% de la medida en el caso optimista) el valor presente del subsidio sería de:

**VAN Subsidio Escenario Optimista**                      **\$ 19.593.932.540**

**VAN Subsidio Escenario Pesimista**                      **\$ 8.559.976.341**

No se aprecian obstáculos a la implementación de un subsidio como el propuesto, dado que es un subsidio decreciente en el tiempo.

Respecto al mecanismo de compensación, la propuesta es que para aquellas viviendas nuevas que se construyan en las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, se les exigirá vía el PDA, aislar la techumbre de una vivienda existente. Se reconoce su dificultad de implementación, para lo cual se requeriría un estudio específico tal como ocurre en el caso del Plan de Descontaminación de la RM (PPDA), en que en su inciso 2º del artículo 57 dispone que CONAMA "coordinará un estudio tendiente a establecer el procedimiento que haga operativo la compensación de emisiones para estos equipos. Este estudio servirá de base para la dictación del decreto mediante el cual se establecerá dicho mecanismo". El estudio al que se alude, se encuentra en etapa de licitación en la COREMA RM.



## 6.2 FUENTES FIJAS INDUSTRIAL, COMERCIAL, Y EDIFICIOS PÚBLICOS.

### MEDIDA 7: Norma de emisión de MP para fuentes fijas.

A pesar de su bajo potencial de reducción de emisiones para esta Medida, de todas maneras se evalúa su emisión esperada, sus costos y los aspectos legales.

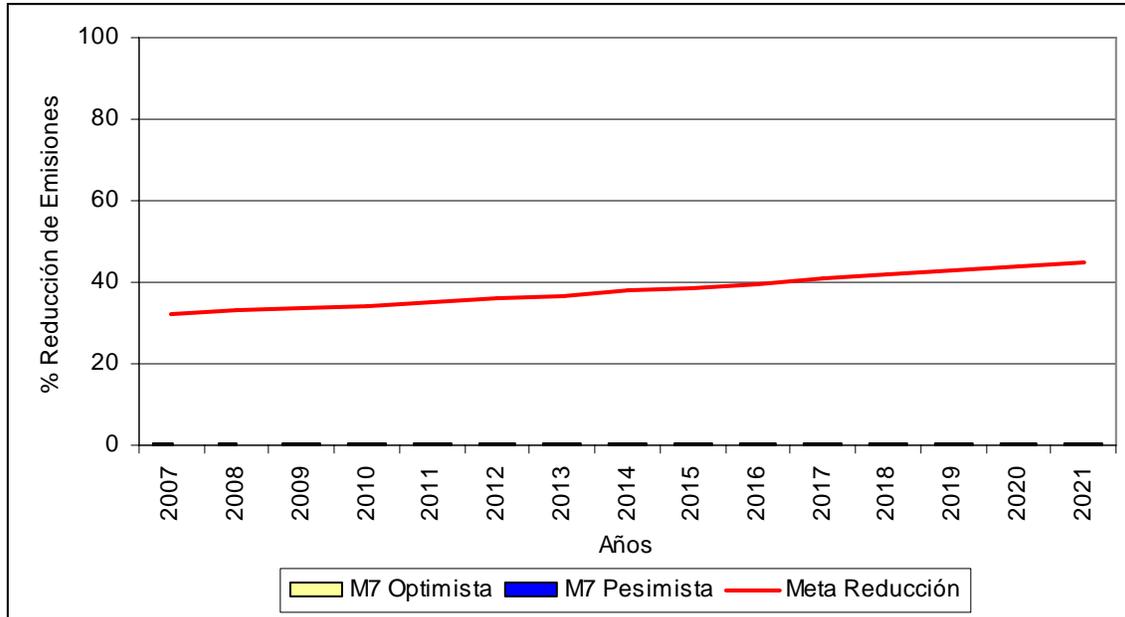
#### o Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10

**Tabla VI.70 Reducción de emisiones de PM10 debido a M7, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M7 (ton)		% REDUCCION M7	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3780	28.0	0.79	0.4
2008	3813	28.3	0.96	0.4
2009	3842	28.5	0.95	0.7
2010	3885	28.9	0.94	0.3
2011	3941	29.3	0.93	0.7
2012	3987	29.7	0.92	0.3
2013	4037	30.1	0.91	0.3
2014	4111	30.7	0.89	0.3
2015	4169	31.2	0.88	0.3
2016	4239	31.7	0.87	0.6
2017	4326	32.4	0.85	0.6
2018	4397	33.0	0.83	0.3
2019	4473	33.6	0.82	0.3
2020	4553	34.3	0.81	0.3
2021	4637	34.9	0.79	0.6

**Tabla VI.71 Reducción de emisiones de PM10 debido a M7, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M7 (ton)		% REDUCCION M7	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0	0
2008	3835	28.4	0.39	0
2009	3849	28.6	0.77	0.3
2010	3888	28.9	0.87	0.3
2011	3941	29.3	0.93	0.7
2012	3987	29.7	0.92	0.3
2013	4037	30.1	0.91	0.3
2014	4111	30.7	0.89	0.3
2015	4169	31.2	0.88	0.3
2016	4239	31.7	0.87	0.6
2017	4326	32.4	0.85	0.6
2018	4397	33.0	0.83	0.3
2019	4473	33.6	0.82	0.3
2020	4553	34.3	0.81	0.3
2021	4637	34.9	0.79	0.6



**Figura 6.15 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M7**

o **Costo Privado**

Para el cálculo del costo de esta medida se utilizó una ponderación del costo de reducción por tonelada el que se estimó en \$70.000. Además se estimó un costo de operación por tonelada reducida el que corresponde al 10% del costo de reducción, es decir, \$7.000.

El costo total se determinó multiplicando la cantidad de emisiones a reducir por el costo de inversión, más el costo de operación por la reducción de toneladas anuales.

**Tabla VI.72 Costo Privado Medida M7, Caso Optimista**

Año	Emisiones a reducir	Emisiones a reducir ese año	Inversión (\$)	Operación (\$)	Costo total (\$)
2007	5.631	5.631	394.185.313	39.418.531	433.603.845
2008	6.183	552	38.617.147	43.280.246	81.897.392
2009	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2010	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2011	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2012	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2013	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2014	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2015	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2016	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2017	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2018	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2019	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2020	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2021	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
<b>VAN Escenario optimista</b>					<b>715.947.624</b>



**Tabla VI.73 Costo Privado Medida M7, Caso Pesimista**

Año	Emisiones a reducir	Emisiones a reducir ese año	Inversión (\$)	Operación (\$)	Costo total (\$)
2007	0	0	0	0	0
2008	3.938	3.938	275.654.097	27.565.410	303.219.507
2009	5.631	1.693	118.531.216	39.418.531	157.949.747
2010	6.176	545	38.151.001	43.233.631	81.384.633
2011	6.183	7	466.145	43.280.246	43.746.391
2012	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2013	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2014	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2015	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2016	6183	0	0	43.280.246	43.280.246
2017	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2018	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2019	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2020	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
2021	6.183	0	0	43.280.246	43.280.246
<b>VAN Escenario pesimista</b>					<b>617.141.291</b>

**Costo Público**

El costo público implica:

- Diseño: El gasto en el diseño de la medida se estima en \$5.000.000.
- Implementación: \$5.000.000, por una sola vez
- Fiscalización: Se considera un fiscalizador para ambas comunas, herramientas de trabajo, movilización, entre otros, valorado en \$7.000.000 anuales.
- Difusión de la medida se estima \$5.000.000 anuales, los tres primeros años, ya que en el escenario optimista la medida ya se encuentra implementada en ese periodo.

**Tabla VI.74 Costo Público Medida M7**

Año	Diseño	Implementación	Fiscalización	Difusión	Total anual
2007	5.000.000	5.000.000	7.000.000	5.000.000	22.000.000
2008	0	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2009	0	0	7.000.000	5.000.000	12.000.000
2010	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2011	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2012	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2013	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2014	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2015	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2016	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2017	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2018	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2019	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2020	0	0	7.000.000	0	7.000.000
2021	0	0	7.000.000	0	7.000.000
<b>VAN (\$)</b>					<b>74.767.726</b>



## ◦ Aspectos legales

La medida sería aplicable a las calderas nuevas y existentes del sector industrial y comercial, y a edificios que utilicen cualquier tipo de combustible.

Se reproduce aquí lo expresado en la medida 2 para normas de emisión contenidas en los planes de descontaminación

El cumplimiento de la norma de emisión dependerá del titular, el que podrá entre otras, instalar un filtro, cambiar de combustible, cambiar el proceso o el equipo o eventualmente decidir no seguir utilizando la caldera.

Para los efectos de determinar cómo podría implementarse y fiscalizarse esta medida, es fundamental considerar la experiencia de la Región Metropolitana en la materia. La fiscalización de este tipo de normas le ha correspondido a la Autoridad Sanitaria, así lo dispuso el Decreto Supremo N° 4 de 1992 del Ministerio de Salud, que estableció una norma de emisión de MP10 para las fuentes fijas o estacionarias ubicadas en dicha región, decreto que ha sufrido modificaciones por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana y que señala que es el Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, cuya continuadora legal es la SEREMI de Salud de dicha región, la autoridad encargada de su fiscalización y control.

Facilita la aplicación de esta medida la obligación de registro de las calderas de acuerdo al DS n°148 de 1984 del Ministerio de Salud, sin la cual no puede operar. Es conveniente además -como en las normas ya existentes- establecer un sistema de declaración de emisiones de las fuentes, basadas en las mediciones realizadas.

La implementación y aplicación de esta norma de emisión puede establecerse mediante su incorporación en el propio plan de descontaminación que, como se ha expresado, se encuentra explícitamente reconocido por la ley 19.300 o a través de la dictación de una norma de emisión de conformidad con lo dispuesto en el DS 93 de 1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que reglamenta la dictación de las normas de misión entre otras materias. En todo caso, esta última alternativa es más bien utilizada cuando ya existe una norma de emisión en la zona o cuando se quiere utilizar como instrumento de gestión preventivo de la contaminación, lo que no se cumpliría para este caso en tanto la zona materia del plan se encuentra saturada.

La verificación del cumplimiento de la norma se realiza por lo general a través de mediciones de las emisiones de MP10 de las fuentes según la metodología asignada a ese tipo de fuentes.

En cuanto a los laboratorios que realizan las mediciones, deberá considerarse lo establecido en el Decreto Supremo N° 2467 de 1994 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionaria, y que con fundamento legal en el Código Sanitario, reglamenta las condiciones para el otorgamiento de la autorización de funcionamiento de estos laboratorios de medición.

No obstante, en aquellos casos en que la utilización de combustibles limpios o menos contaminantes permita garantizar el cumplimiento de la norma de emisión, puede establecerse de manera expresa que no será necesario contar con mediciones que acrediten dicho cumplimiento. Esta experiencia se encuentra reconocida en el plan de descontaminación para la Región Metropolitana.

**MEDIDA 8: Cambio de combustible de leña a gas licuado en los edificios de propiedad pública.**

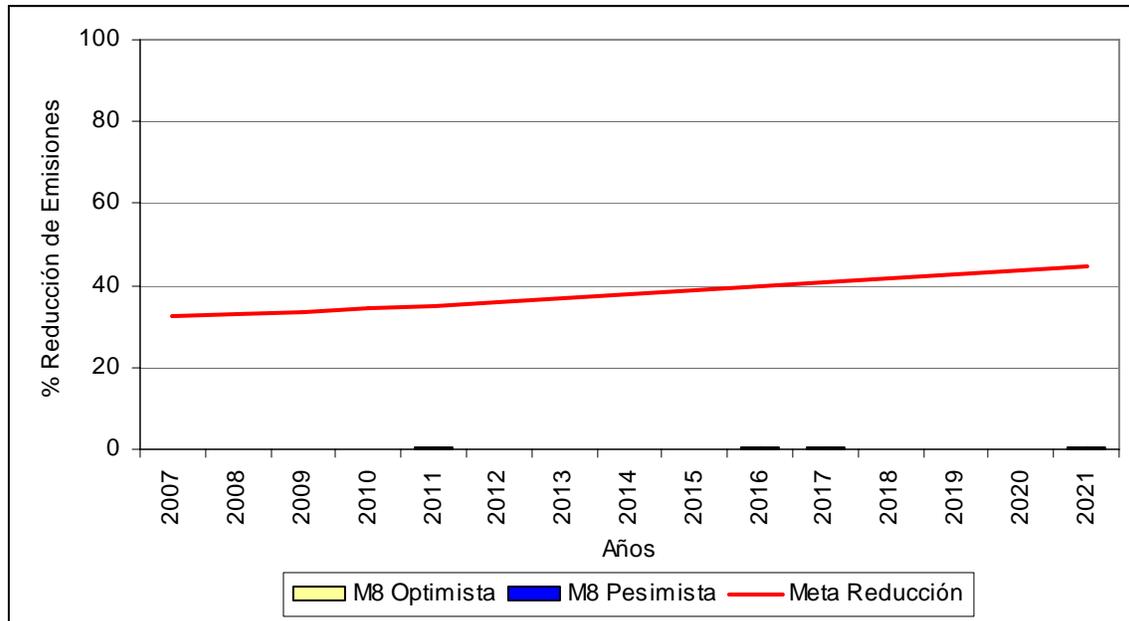
Dado el bajo potencial de reducción de emisiones para esta Medida, sólo se evalúa su emisión esperada y los aspectos legales.

o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10****Tabla VI.75 Reducción de emisiones de PM10 debido a M8, Caso Optimista**

AÑO	EMISION M8 (ton)		% REDUCCION M8	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.00	0.00
2008	3849	28.4	0.03	0.00
2009	3877	28.7	0.05	0.00
2010	3920	29.0	0.05	0.00
2011	3976	29.4	0.05	0.34
2012	4022	29.8	0.05	0.00
2013	4072	30.2	0.05	0.00
2014	4146	30.8	0.05	0.00
2015	4204	31.3	0.05	0.00
2016	4274	31.8	0.05	0.31
2017	4361	32.5	0.05	0.31
2018	4432	33.1	0.05	0.00
2019	4508	33.7	0.04	0.00
2020	4588	34.4	0.04	0.00
2021	4672	35.0	0.04	0.28

**Tabla VI.76 Reducción de emisiones de PM10 debido a M8, Caso Pesimista**

AÑO	EMISION M8 (ton)		% REDUCCION M8	
	ANUAL	DIARIA	ANUAL	DIARIA
2007	3810	28.1	0.00	0.00
2008	3850	28.4	0.00	0.00
2009	3878	28.7	0.03	0.00
2010	3920	29.0	0.05	0.00
2011	3976	29.4	0.05	0.34
2012	4022	29.8	0.05	0.00
2013	4072	30.2	0.05	0.00
2014	4146	30.8	0.05	0.00
2015	4204	31.3	0.05	0.00
2016	4274	31.8	0.05	0.31
2017	4361	32.5	0.05	0.31
2018	4432	33.1	0.05	0.00
2019	4508	33.7	0.04	0.00
2020	4588	34.4	0.04	0.00
2021	4672	35.0	0.04	0.28



**Figura 6.16 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M8**

#### o Aspectos legales

La implementación de esta medida no es otra que el establecimiento de una norma de emisión. Al igual que en el caso anterior (Medida 7), se trata de fuentes fijas del tipo calderas, por consiguiente, el hecho de que sean edificios de propiedad pública no establece diferencias desde el punto de vista normativo para la aplicación de una norma de emisión. En otras palabras, lo relativo a su implementación, aplicación y fiscalización debiera ser idéntica a la medida anterior.

Adicionalmente, es recomendable que aún antes del establecimiento de una norma de emisión para este tipo de fuentes emisoras, los criterios de mejoras tecnológicas o el uso de combustibles menos contaminantes sean incorporados en los procesos de licitación respectivos, que están a cargo de Ministerios como Obras Públicas, Vivienda, Salud, entre otros.



**MEDIDA 9: Restringir el funcionamiento de calderas a leña, carbón y/o petróleo en tiempo crítico o de aumento de concentraciones.**

Dado el bajo potencial de reducción de emisiones para esta Medida, sólo se evalúa su emisión esperada y los aspectos legales.

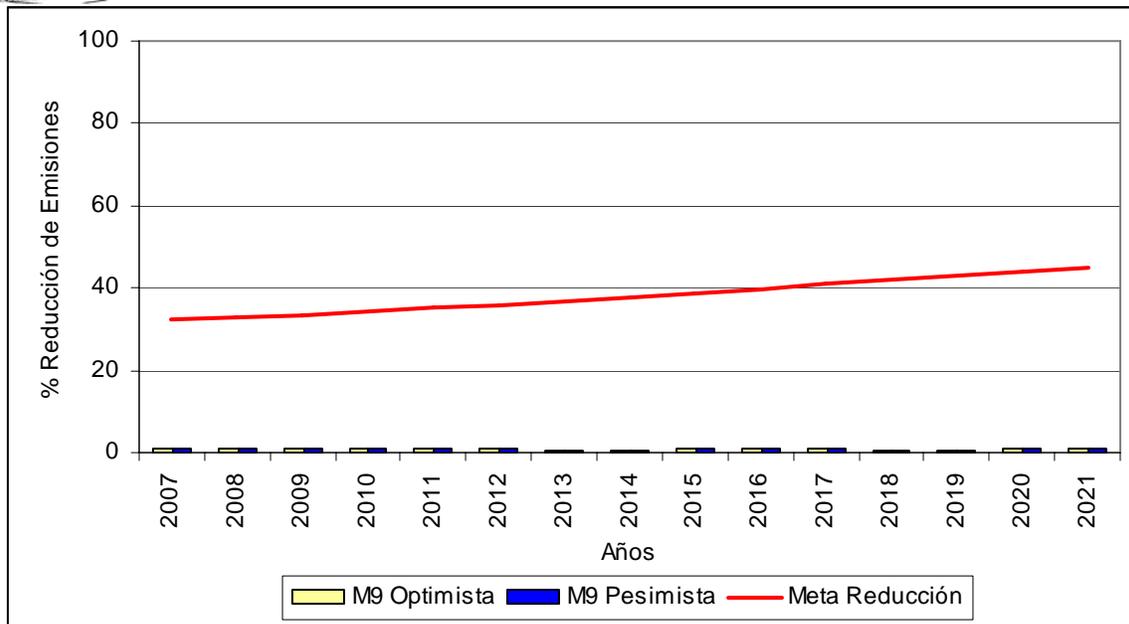
o **Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10**

**Tabla VI.77 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M9, Caso Optimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M9 (ton)</b>	<b>% REDUCCION M9</b>
2007	27.86	0.85
2008	28.18	0.77
2009	28.42	0.98
2010	28.76	0.83
2011	29.21	0.98
2012	29.58	0.74
2013	29.99	0.7
2014	30.58	0.71
2015	31.05	0.80
2016	31.61	0.91
2017	32.31	0.89
2018	32.88	0.66
2019	33.49	0.62
2020	34.14	0.76
2021	34.81	0.83

**Tabla VI.78 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M9, Caso Pesimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M9 (ton)</b>	<b>% REDUCCION M9</b>
2007	27.86	0.85
2008	28.18	0.77
2009	28.42	0.98
2010	28.76	0.83
2011	29.21	0.98
2012	29.58	0.74
2013	29.99	0.70
2014	30.58	0.71
2015	31.05	0.80
2016	31.61	0.91
2017	32.31	0.89
2018	32.88	0.66
2019	33.49	0.62
2020	34.14	0.76
2021	34.81	0.83



**Figura 6.17 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M9**

#### o Aspectos legales

Esta medida contempla una restricción o prohibición de funcionamiento de aquellas calderas a leña, carbón y/o petróleo, que presenten las mayores emisiones, durante un episodio crítico de contaminación y es aplicable tanto a fuentes nuevas como existentes del sector industrial y servicios públicos. Para su implementación se requiere establecer un sistema que permita determinar que se está frente a un episodio de alta contaminación, a través de un modelo de pronóstico de las concentraciones de PM10.

Se requiere, además, la conformación de un catastro o registro de las emisiones de todas las fuentes eventualmente afectas a la prohibición de funcionamiento, con el fin de determinar cuales deberán acogerse a la paralización en los periodos críticos.

Para ello, es útil lo ya mencionado, en el sentido que las calderas deben registrarse obligatoriamente de acuerdo al DS 148 de 1984 del Ministerio de Salud pueden utilizarse diferentes criterios, en el caso de la Región Metropolitana

La experiencia para la Región Metropolitana con el Decreto Supremo N° 32 de 1993 del Ministerio de Salud, obligó a la paralización de un treinta por ciento de las fuentes fijas o estacionarias emisoras de MP10. Producto de una modificación de este decreto incorporada por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, el porcentaje de fuentes afectas a la prohibición se elevó a un cincuenta por ciento.

Posteriormente, una nueva modificación, también incorporada por el Plan, varió radicalmente el criterio, determinando que las fuentes que emitieran concentraciones iguales o superiores a 32 mg/m<sup>3</sup> de MP10 debían paralizar en situaciones de preemergencia y aquellas que lo hicieran en concentraciones iguales o superiores a 28 mg/m<sup>3</sup> deberían paralizar en situaciones de emergencia. Esta es la norma actualmente vigente.

En consecuencia, es posible concluir que la implementación de esta medida por el nuevo Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas, es viable desde el punto de vista jurídico.



### 6.3 FUENTES MÓVILES

Dado el bajo potencial de reducción de emisiones para esta Medida, sólo se evalúa su emisión esperada y los aspectos legales.

#### MEDIDA 10A: Restricción de Fuentes Móviles en forma Preventiva

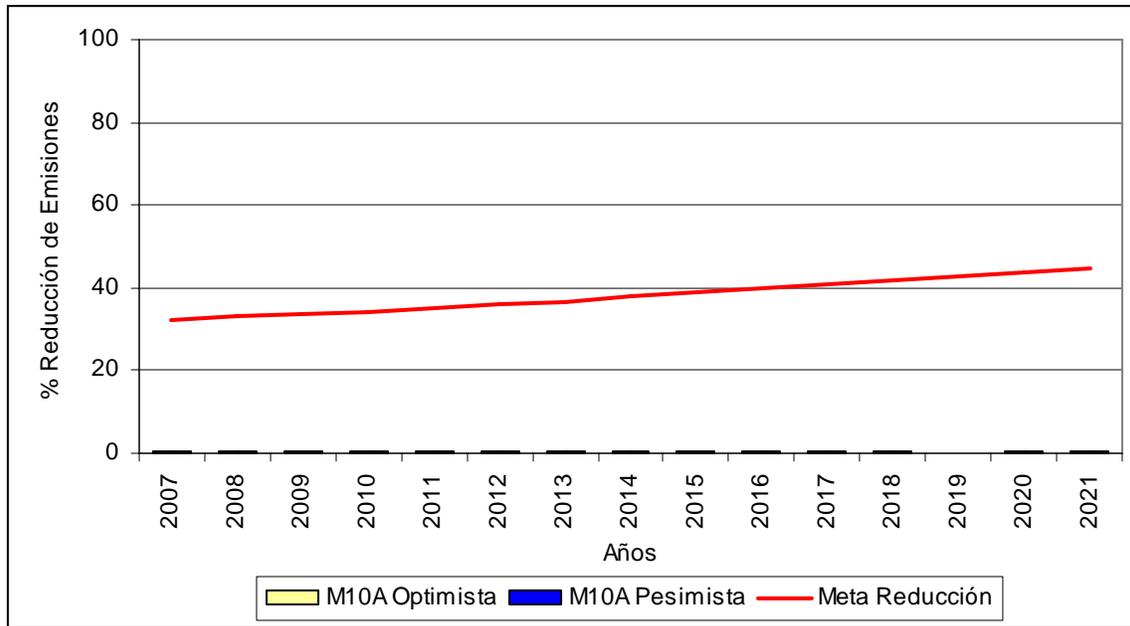
##### o Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10

**Tabla VI.79 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M10A, Caso Optimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M10A (ton)</b>	<b>% REDUCCION M10A</b>
2007	27.99	0.39
2008	28.31	0.32
2009	28.55	0.52
2010	28.89	0.38
2011	29.34	0.54
2012	29.71	0.30
2013	30.12	0.26
2014	30.71	0.29
2015	31.18	0.38
2016	31.74	0.50
2017	32.44	0.49
2018	33.01	0.27
2019	33.62	0.24
2020	34.27	0.38
2021	34.94	0.46

**Tabla VI.80 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M10A, Caso Pesimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M10A (ton)</b>	<b>% REDUCCION M10A</b>
2007	27.99	0.39
2008	28.31	0.32
2009	28.55	0.52
2010	28.89	0.38
2011	29.34	0.54
2012	29.71	0.30
2013	30.12	0.26
2014	30.71	0.29
2015	31.18	0.38
2016	31.74	0.50
2017	32.44	0.49
2018	33.01	0.27
2019	33.62	0.24
2020	34.27	0.38
2021	34.94	0.46



**Figura 6.18 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M10A**

#### ◦ Aspectos legales

Esta Medida se aplica sólo en episodios de contaminación ( $[PM_{10}] \geq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Un aspecto relevante de esta Medida es que requiere un Modelo de Pronóstico a fin de establecer en forma previa (con al menos 24 horas de anticipación) la necesidad de restringir la circulación de fuentes móviles. Al igual que en la RM, esta medida podría incluir la restricción de algunos dígitos (patentes), e ir incrementando el número de restricciones de acuerdo a la severidad del episodio.

Para la implementación de esta medida, se requiere la incorporación de una norma como la que establecen los artículos 80 y 81 del actual Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana. Es el Ministerio de Transporte quien debe disponer la aplicación de restricción vehicular en los episodios críticos que se determine.

El Decreto Supremo N° 82 de 1993 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, establece normas de emisión a los buses de locomoción colectiva urbana y incorpora restricciones de circulación en días de episodios críticos de contaminación atmosférica declarados en la Región Metropolitana.

Tratándose de vehículos motorizados livianos, es el Decreto Supremo N°211 de 1991 del Ministerio, el que establece tales restricciones, también para la Región Metropolitana.

En consecuencia, el establecimiento de esta medida podría hacerse mediante la incorporación de la restricción vehicular por vía de modificación de los mencionados decretos, agregando expresamente a las comunas afectas al nuevo Plan de Descontaminación de Temuco y Padre Las Casas como zonas objeto de restricción de circulación en los días de alta contaminación atmosférica.



#### 6.4 FUENTES DE QUEMAS AGRÍCOLAS

Dado el bajo potencial de reducción de emisiones para esta Medida, sólo se evalúa su emisión esperada y los aspectos legales.

#### **MEDIDA 18: Prohibición de quemas en episodios críticos de contaminación en el área de influencia.**

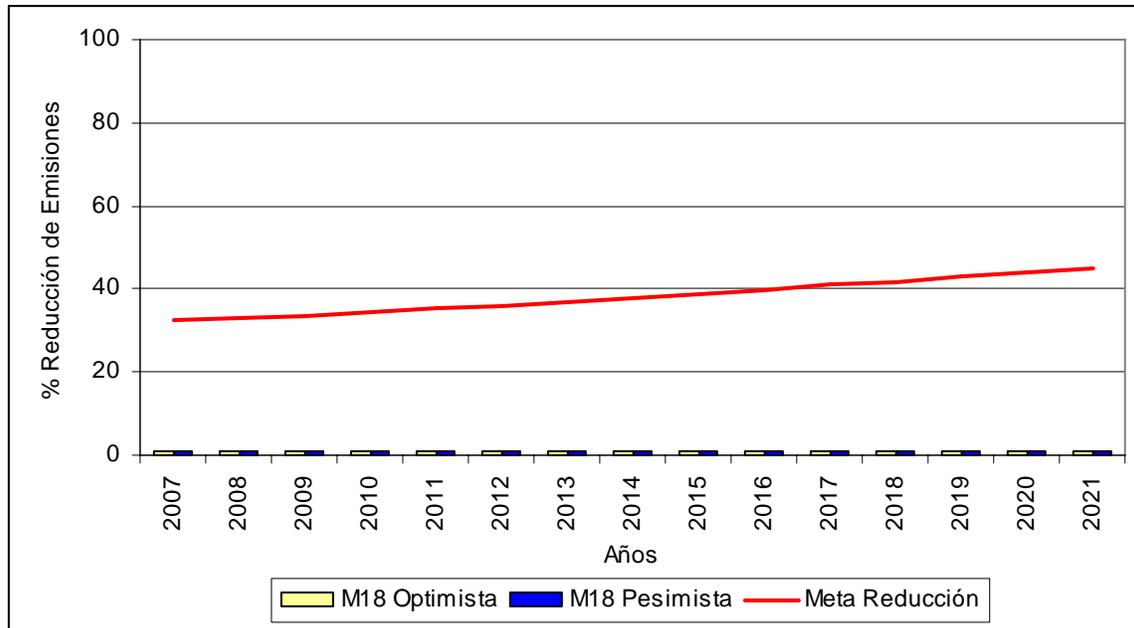
##### o Evaluación Potencial de reducción de emisiones de PM10

**Tabla VI.81 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M18, Caso Optimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M18 (ton)</b>	<b>% REDUCCION M18</b>
2007	27.83	0.96
2008	28.13	0.95
2009	28.43	0.94
2010	28.73	0.93
2011	29.23	0.92
2012	29.53	0.91
2013	29.93	0.89
2014	30.53	0.88
2015	31.03	0.86
2016	31.63	0.85
2017	32.33	0.83
2018	32.83	0.82
2019	33.43	0.8
2020	34.13	0.78
2021	34.83	0.77

**Tabla VI.82 Reducción diaria de emisiones de PM10 debido a M18, Caso Pesimista**

<b>AÑO</b>	<b>EMISION M18 (ton)</b>	<b>% REDUCCION M18</b>
2007	27.83	0.96
2008	28.13	0.95
2009	28.43	0.94
2010	28.73	0.93
2011	29.23	0.92
2012	29.53	0.91
2013	29.93	0.89
2014	30.53	0.88
2015	31.03	0.86
2016	31.63	0.85
2017	32.33	0.83
2018	32.83	0.82
2019	33.43	0.8
2020	34.13	0.78
2021	34.83	0.77



**Figura 6.19 Evolución anual del potencial de reducción de la Medida M18**

#### ◦ Aspectos legales

En relación a esta medida existen dos decretos supremos relevantes para el análisis jurídico en materia de quemas controladas, a saber, el decreto Supremo N° 276 de 1980, Reglamento sobre Roce a Fuego, y el Decreto Supremo N° 100 de 1990, que Prohíbe el empleo del fuego para destruir la vegetación en las provincias que indica, ambos son del Ministerio de Agricultura.

El primero de ellos, establece los requisitos y la época en que el roce a fuego puede ejecutarse, y su fundamento es evitar la ocurrencia de incendios por esta causa. Esta norma regula el uso del fuego para la destrucción de la vegetación que tenga por objeto la preparación de terrenos para cultivos agrícolas inmediatos, faenas silvopecuarias en terrenos forestales y otros trabajos similares, principalmente en el período estival a objeto de evitar que se produzcan incendios forestales y para ello crea un régimen de quemas controladas, incorporando condiciones y requisitos para tales quemas.

La fiscalización del cumplimiento de este decreto le corresponde a la Corporación Nacional Forestal, al Servicio Agrícola y Ganadero y a Carabineros de Chile, sin perjuicio de la acción pública que conceda la Ley de Bosques.

Por su parte, el Decreto Supremo N° 100, establece dos prohibiciones:

1) Prohíbe desde el 1° de Mayo al 31 de Agosto de cada año, en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de todas las provincias de la Región Metropolitana de Santiago y en la Provincia de Cachapoal de la VI Región, el uso del fuego para la quema de rastrojos, de ramas y materiales leñosos, de especies vegetales consideradas perjudiciales, y, en general, para cualquier quema de vegetación viva o muerta que se encuentre en dichos terrenos.



2) Prohíbe en todo el territorio nacional, la quema de neumáticos u otros elementos contaminantes para la agricultura como práctica para prevenir o evitar los efectos de las heladas.

Esta norma a diferencia del Decreto Supremo Nº 276 tiene entre sus considerandos (fundamentos), el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y se fundamenta en la condición de saturación de la Región Metropolitana, sin embargo, no señala a quien queda encomendada su fiscalización.

No obstante, en razón de que se trata de una misma materia y que tiene como fundamento legal la Ley de Bosques y normas de control para la agricultura, se estima que ello debiera corresponderle a las autoridades a que se refiere el artículo 11 del Decreto Supremo 276, es decir, CONAF, SAG y Carabineros de Chile.

En consecuencia, la implementación y aplicación de una medida como la enunciada, requeriría de una modificación de esta norma, en el mismo decreto que establece el plan de descontaminación, ampliado la restricción de quemas a las comunas de Temuco y Padre Las Casas, debiendo concurrir a la firma del decreto el Ministro de Agricultura.

## 6.5 SELECCIÓN DE MEDIDAS A EVALUAR EN CONJUNTO

Del análisis anterior, se desprende que algunas Medidas poseen mayor factibilidad de ser implementadas considerando sus altos potenciales de reducción de emisiones, además sus costos son cuantificables, y los aspectos legales indican un camino para su implementación y fiscalización. Estas Medidas son las siguientes:

**Tabla VI.83 Medidas con mayor Factibilidad de implementación**

<b>Sector</b>	<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>
Residencial	M1	Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido
	M4	Reemplazo de artefactos de combustión a leña por artefactos certificados que cumplan norma de emisión
	M4A	Reemplazo de cocinas a leña por cocinas a gas licuado
	M6_E1	Norma aislamiento térmica vivienda existente: Techumbre
	M6_E2	Norma aislamiento térmica vivienda existente: Envolverte
	M6_E3	Norma aislamiento térmica vivienda existente: Envolverte mejorada
Industrial	M7	Norma de emisión de MP para fuentes fijas

Dado que un valor de norma de emisión de equipos de calefacción residencial normalmente se cumple en condiciones ideales u óptimas de operación, se ha optado por evaluar la Medida 4 considerando el valor de 7.5 g PM10/Kg de leña como valor que se alcanzaría en la práctica al establecerse la norma de 0.72 g PM10/Kg de leña [15].

En el próximo capítulo, las Medidas de la Tabla VI.83 se evalúan en forma conjunta, realizando combinaciones entre ellas, a fin de poder jerarquizar las medidas que cumplan con las metas del plan, al mínimo costo.



## 7.- EVALUACION DE LAS MEDIDAS EN CONJUNTO

Al analizar las 7 medidas seleccionadas en el capítulo anterior, se observa que algunas de ellas presentan ciertos grados de sinergismo, complementariedad, ó incompatibilidad que es necesario reconocer en esta etapa de la evaluación. El sinergismo se refiere al grado de potenciación que presentan algunas medidas al ser implementadas conjuntamente.

Se han utilizado cuatro indicadores de relación entre medidas: Factibilidad de aplicación, Potencial de reducción, Costos, y Factibilidad legal. Tanto la Factibilidad de aplicación como la Factibilidad legal de dos o más medidas pueden ser Independiente, Complementaria, o Incompatible, dependiendo si las medidas pueden ser aplicadas en forma independiente, o si una ayuda a la otra, o si la aplicación de una anula la otra, respectivamente.

Para el Potencial de reducción de emisiones, se han definido tres categorías de relación entre medidas: Sinergismo, Lineal, y Asinergismo. Por Sinergismo se entenderá si al aplicar dos o más medidas en forma simultánea, el potencial de reducción es mayor que la suma de las reducciones de emisión de cada medida por si sola. La relación será Lineal si al aplicar dos o más medidas simultáneamente se obtiene una reducción de emisiones igual a la suma de las reducciones de cada medida, y la relación será Asinérgica, si al aplicar dos o más medidas simultáneamente, el potencial de reducción de emisiones es menor que la suma de las reducciones individuales.

En relación al Costo (Público y Privado), se han definido las relaciones Sinérgicas y Lineales. Se entiende que 2 medidas serán sinérgicas, si los costos marginales se presentan en forma decreciente al aplicar ambas medidas simultáneamente.

La Tabla VII.1 muestra las relaciones entre dos medidas desde el punto de vista de su factibilidad de aplicación, del potencial de reducción, de sus costos de implementación y fiscalización, y del punto de vista de la factibilidad legal.

La Tabla VII.2 entrega un resumen de las relaciones entre tres medidas, la Tabla VII.3 la relación entre cuatro medidas, y finalmente a tabla VII.4 la relación entre todas las medidas.

**Tabla VII.1 Relación entre dos Medidas**

Medidas	Factibilidad de Aplicación	Potencial de Reducción	Costo público	Costo privado	Legal
M1, M4	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Complementaria
M1, M4A	Complementaria	Sinérgica	Lineal	Lineal	Independiente y Complementaria
M1, M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Sinérgica	Independiente
M1, M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Sinérgica	Independiente
M1, M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Sinérgica	Independiente
M1, M7	Independiente	Lineal	Lineal	Lineal	Independiente
M4, M4A	Complementaria	Sinérgica	Lineal	Lineal	Complementaria
M4, M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M7	Independiente	Lineal	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M7	Independiente	Lineal	Lineal	Lineal	Independiente
M6_E1, M7	Independiente	Lineal	Lineal	Lineal	Independiente
M6_E2, M7	Independiente	Lineal	Lineal	Lineal	Independiente
M6_E2, M7	Independiente	Lineal	Lineal	Lineal	Independiente



**Tabla VII.2 Relación entre tres Medidas**

Medidas	Factibilidad de Aplicación	Potencial de Reducción	Costo público	Costo privado	Legal
M1, M4 y M4A	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M1, M4 y M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4 y M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4 y M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M1, M4A y M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M1, M4A y M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M1, M4A y M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M1, M4A y M7	Complementaria	Sinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M1, M6_E1 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Sinérgica	Independiente
M1, M6_E2 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Sinérgica	Independiente
M1, M6_E3 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Sinérgica	Independiente
M4, M4A y M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M4A y M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M4A y M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M4A y M7	Complementaria	Sinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4, M6_E1 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4, M6_E2 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4, M6_E3 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M6_E1 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M6_E2 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente
M4A, M6_E3 y M7	Complementaria	Asinérgica	Lineal	Lineal	Independiente

**Tabla VII.3 Relación entre cuatro Medidas**

Medidas	Factibilidad de Aplicación	Potencial de Reducción	Costo público	Costo privado	Legal
M1, M4, M4A y M6_E1	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4, M4A y M6_E2	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4, M4A y M6_E3	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4, M4A y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M4A, M6_E1 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M4A, M6_E2 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente
M4, M4A, M6_E3 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Lineal	Independiente

**Tabla VII.4 Relación entre todas Medidas**

Medidas	Factibilidad de Aplicación	Potencial de Reducción	Costo público	Costo privado	Legal
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	Complementaria	Asinérgica	Sinérgica	Sinérgica	Independiente



### ❖ **Potencial de reducción de emisiones como indicador de relación entre medidas**

Como se pudo apreciar en las Tablas VII.1 a VII.4 dos o más medidas se relacionan según el potencial de reducción de emisiones que pueden alcanzar al ser implementadas simultáneamente, en forma sinérgica, lineal, o asinérgicas. A continuación se detallan las medidas que son sinérgicas y las que resultan ser lineales desde el punto de vista de la reducción de emisiones.

Las Medidas M1 y M4 son asinérgicas del punto de vista del potencial de reducción de emisiones pues al ser implementadas simultáneamente, la medida de usar leña seca (M1) afectaría sólo a las cocinas, pues la Medida M4 (norma de emisión) se ha considerado para equipos de calefacción residencial. Además, un equipo de calefacción residencial que no cumpla norma, y que utilice leña seca, emitirá más MP que una que cumple norma de emisión aún esta última con leña húmeda.

Las Medidas M1 y M4A son sinérgicas, es decir se potencian del punto de vista de la reducción de emisiones, debido a que al reemplazar las cocinas a leña por cocinas a gas, un porcentaje de los hogares adquirirán equipos de calefacción los cuales utilizarán leña seca, y por tanto su emisión será menor.

Las combinaciones de a dos medias que incluyen la Medida M7 son todas lineales, puesto que se aplican a grupos de fuentes distintas y además la M7 tiene un aporte poco significativo en la reducción de emisiones de MP.

También existe sinergismo entre las medidas M4 y M4A, desde el punto de vista del potencial de reducción de emisiones, debido a que se aplican a todos los equipos residenciales, y el porcentaje de equipos de calefacción que se adquieren para reemplazar las cocinas a leña por gas, que tenían doble uso, son sustituidas por equipos que cumplen norma de emisión.

Todas las otras combinaciones factibles de realizar son asinérgicas, es decir al aplicarlas en forma simultánea se produce una reducción de emisiones menor que la suma de las reducciones parciales.

Las Tablas VII.5 y VII.6 muestran los porcentajes de reducción de emisiones debido a cada Medida por si sola, bajo el escenario Optimista y Pesimista, respectivamente. De ellas se observa que sólo la medida M6\_E3 lograría reducir el porcentaje requerido para salir de la categoría de saturación, lo que se alcanzaría al año 2012, es decir, a seis años de implementada la medida.

**Tabla VII.5 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10: Caso Optimista**

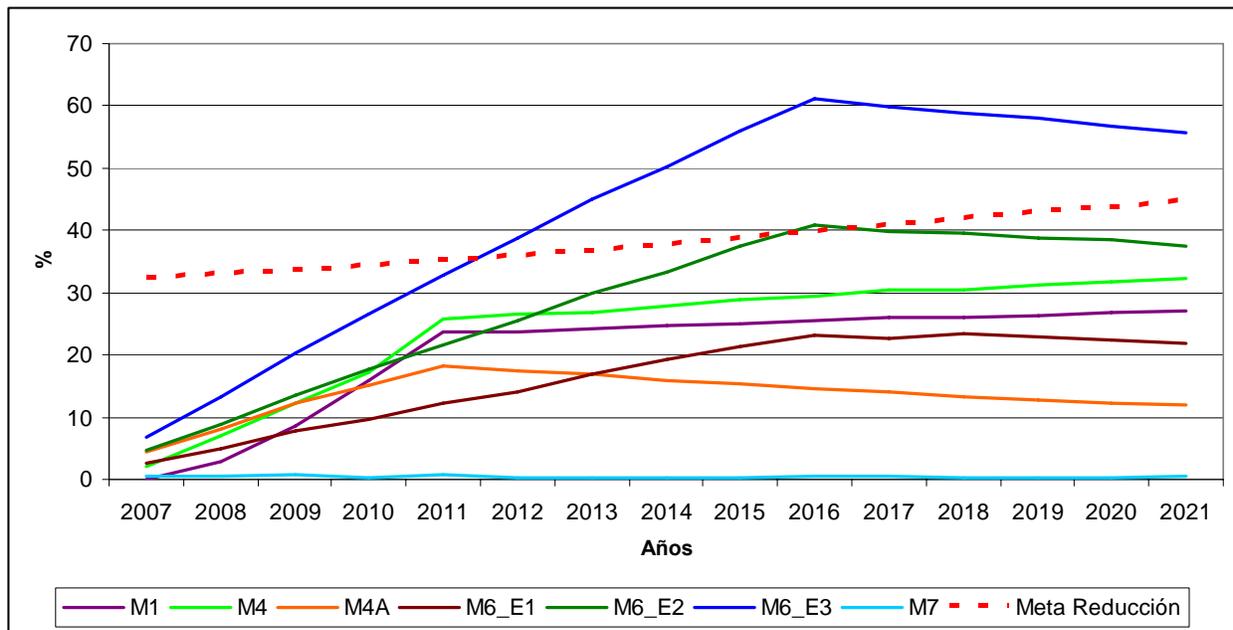
Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>M1</b>	0	2,8	8,7	15,9	23,7	23,8	24,2	24,7	24,9	25,4	26,1	26	26,4	26,7	27,1
<b>M4</b>	2,1	7	12,2	17,2	25,8	26,5	26,8	27,9	28,8	29,5	30,4	30,5	31,2	31,7	32,2
<b>M4A</b>	4,3	8,1	12,2	15,2	18,3	17,4	16,9	15,9	15,3	14,7	14,1	13,3	12,8	12,2	12
<b>M6_E1</b>	2,5	4,9	7,7	9,7	12,2	14,1	16,9	19,2	21,4	23,2	22,7	23,3	22,8	22,4	21,9
<b>M6_E2</b>	4,6	8,8	13,6	17,6	21,7	25,5	29,8	33,4	37,4	40,8	39,9	39,6	38,9	38,4	37,6
<b>M6_E3</b>	6,8	13,4	20,2	26,6	32,9	38,9	45	50,3	55,9	61,1	59,8	58,9	57,9	56,7	55,6
<b>M7</b>	0,4	0,4	0,7	0,3	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>



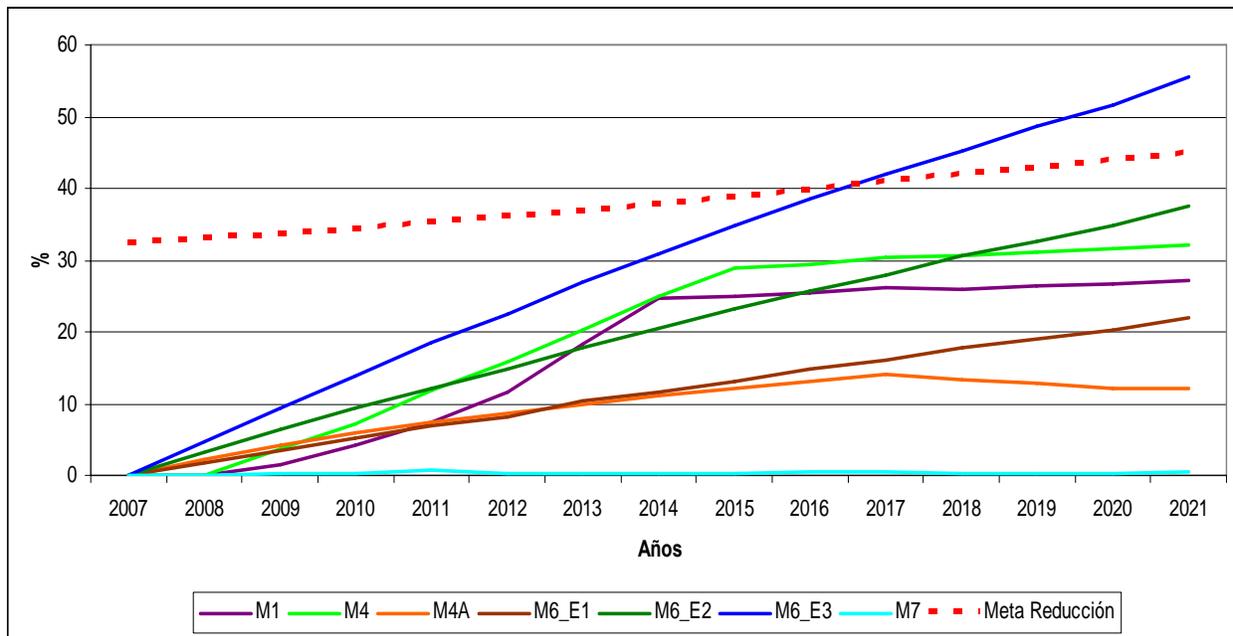
**Tabla VII.6 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10: Caso Pesimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>M1</b>	0	0	1,4	4,1	7,5	11,7	18,2	24,7	24,9	25,4	26,1	26	26,4	26,7	27,1
<b>M4</b>	0	0	3,8	7,2	11,9	15,8	20,2	25	28,8	29,5	30,4	30,5	31,2	31,7	32,2
<b>M4A</b>	0	2,1	4,2	5,9	7,5	8,7	9,9	11	12,1	13,2	14,1	13,3	12,8	12,2	12
<b>M6_E1</b>	0	1,8	3,5	5,2	6,8	8,1	10,3	11,7	13,1	14,7	16	17,8	19	20,3	21,9
<b>M6_E2</b>	0	3,2	6,3	9,3	12,2	14,8	17,9	20,5	23,3	25,7	27,9	30,5	32,6	34,9	37,6
<b>M6_E3</b>	0	4,6	9,4	13,8	18,6	22,5	26,8	30,8	34,8	38,6	42	45,3	48,7	51,7	55,6
<b>M7</b>	0	0	0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>

Las Figuras 7.1 y 7.2, muestran gráficamente el porcentaje de reducción de emisiones que se lograría, de acuerdo a las tasas de penetración, y para los escenarios Optimista y Pesimista, respectivamente. En dichas figuras se observa además, en línea segmentada, la meta de reducción necesaria para salir de la categoría de saturación por PM10.



**Figura 7.1 Reducción de emisiones según Medidas individuales: Caso Optimista**



**Figura 7.2 Reducción de emisiones según Medidas individuales: Caso Pesimista**

La Tablas VII.7 y VII.8, muestran los porcentajes de reducción de emisiones de PM10 por año de aplicación, según la tasa de penetración de las medidas, al considerar la implementación de dos medidas simultáneamente. De ellas se observa que para el caso Optimista, sólo 12 de 18 posibles combinaciones de dos medidas logran cumplir en algunos años la meta de reducción de emisiones, siendo el año 2010 la fecha más temprana en que se lograría alcanzar la meta. No obstante lo anterior, solo nueve combinaciones de dos medidas logran mantener el cumplimiento hasta el año 2015. Para el caso Pesimista, 9 de las 18 combinaciones logran cumplir la norma de calidad del aire por PM10, lo cual se alcanzaría el 2013.



**Tabla VII.7 Porcentaje de reducción de emisiones de PM10 combinación de dos medidas: Caso Optimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1 y M4	2,1	9,2	17,1	23,8	29,5	29,9	30,5	31,2	31,6	32,3	33,1	33,2	33,5	34,3	34,8
M1 y M4A	4,3	10,9	21,3	32,8	44,4	44	43,7	43,2	42,8	42,3	42	41,4	41,2	41	40,7
M1 y M6_E1	2,5	7,4	15,3	23,8	32,5	34,6	36,8	39	40,9	42,6	42,6	42,9	43	43	43
M1 y M6_E2	4,6	11,3	20,6	30,3	40	43	46,4	49,7	52,4	55,2	54,9	55	54,6	54,4	54,1
M1 y M6_E3	6,8	15,8	26,8	37,9	48,1	53	57,6	62	66,1	70,2	69,3	68,9	68,2	67,7	67
M1 y M7	0,4	3,2	9,1	16,2	24,1	24,2	24,5	25	25,6	26	26,4	26,6	26,7	27,3	27,6
M4 y M4A	6,8	16,2	26,5	37,2	51,5	51,3	51	50,6	50,5	50,2	49,7	49,5	49,3	49,1	49
M4 y M6_E1	4,6	11,6	18,5	25,2	34,6	36,6	39,1	41,6	43,5	45,5	45,7	46,5	46,6	46,8	46,7
M4 y M6_E2	6,8	15,1	23,7	31,7	41,7	45	48,3	51,6	54,6	57,7	57,4	57,7	57,6	57,3	57,3
M4 y M6_E3	8,9	19,4	29,6	39	49,8	54,4	59,3	63,6	67,7	71,5	71,2	70,7	70	69,8	69,2
M4 y M7	2,5	7,4	12,5	17,9	26,4	26,8	27,5	28,2	29,1	29,8	30,7	31,1	31,5	32,3	32,8
M4A y M6_E1	6,8	12,7	18,5	23,4	27,8	28,9	30,8	31,8	33,2	34,5	33,4	33,2	32,6	32	31,1
M4A y M6_E2	8,5	16,2	23,7	30	35,6	38,3	41,4	43,8	46,6	49,2	47,9	47,4	46,6	45,6	44,7
M4A y M6_E3	10,7	20,4	29,6	37,6	44,7	49	54	57,8	62,3	66,1	65	64	62,9	61,6	60,7
M4A y M7	4,6	8,5	12,5	15,9	18,6	17,8	17,2	16,2	15,7	15	14,4	13,6	13,1	12,8	12,3
M6_E1 y M7	2,8	5,3	8	10	12,5	14,4	17,5	19,5	21,7	23,8	23,3	23,6	23,1	23	22,5
M6_E2 y M7	5	9,5	13,9	17,9	22	25,8	30,5	34,1	37,7	41,1	40,2	40,2	39,5	38,7	37,9
M6_E3 y M7	7,1	14,1	20,9	26,9	33,2	39,3	45,4	51	56,2	61,4	60,1	59,2	58,2	57,3	56,1
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>

**Tabla VII.8 Porcentaje de reducción de emisiones de PM10 combinación de dos medidas: Caso Pesimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1 y M4	0	0	4,9	10,7	16,3	21,5	26,5	30,5	31,6	32,3	33,1	33,2	33,5	34,3	34,8
M1 y M4A	0	2,1	5,6	10,3	14,9	21,1	29,5	37,7	39,3	40,8	42	41,4	41,2	41	40,7
M1 y M6_E1	0	1,8	4,9	9,3	13,6	19,1	26,5	33,4	34,8	36,4	37,4	39,3	40,4	41,6	43
M1 y M6_E2	0	3,2	7,7	13,1	18,6	24,8	32,8	39,9	42,2	44,2	46,3	48,3	50,1	51,7	54,1
M1 y M6_E3	0	4,6	10,8	17,6	24,4	31,5	40,1	47,7	50,8	53,6	56,4	59,2	61,7	64	67
M1 y M7	0	0	2,1	4,8	7,8	12,4	18,5	25	25,6	26	26,4	26,6	26,7	27,3	27,6
M4 y M4A	0	2,1	8	13,8	20,3	26,8	33,4	40,6	46	48	49,7	49,5	49,3	49,1	49
M4 y M6_E1	0	1,8	7	12,1	17,6	22,8	28,1	33,8	38	39,5	41,1	42,9	43,9	45,3	46,7
M4 y M6_E2	0	3,2	9,8	15,9	22,4	28,2	34,4	40,3	44,7	47	49,4	51,4	53,1	54,9	57,3
M4 y M6_E3	0	4,6	12,9	20,3	27,8	34,6	41,4	48,1	53	56,1	58,9	61,3	63,8	66,3	69,2
M4 y M7	0	0	4,2	7,9	12,2	16,1	20,5	25,6	29,1	29,8	30,7	31,1	31,5	32,3	32,8
M4A y M6_E1	0	3,5	7,3	10,3	13,6	16,1	19,2	21,4	24	25,7	27,6	28,7	29,4	30,2	31,1
M4A y M6_E2	0	4,9	10,1	14,5	18,6	22,1	26,2	29,2	32,6	35,4	37,7	39,6	41,2	42,7	44,7
M4A y M6_E3	0	6,7	13,2	19	24,4	29,2	34,1	38,3	42,5	46,4	49,7	52,3	54,9	57,3	60,7
M4A y M7	0	2,1	4,5	6,2	7,8	9,1	10,6	11,4	12,8	13,5	14,4	13,6	13,1	12,8	12,3
M6_E1 y M7	0	1,8	3,8	5,5	7,5	8,7	10,6	12	13,7	15	16,6	18,4	19,6	20,9	22,5
M6_E2 y M7	0	3,2	6,6	9,7	12,5	15,1	18,2	21,1	23,6	26	28,2	31,1	33,2	35,2	37,9
M6_E3 y M7	0	4,9	9,8	14,5	19	23,2	27,5	31,2	35,1	38,9	42,3	45,9	49	52	56,1
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>



**Tabla VII.9 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10 combinación de tres medidas: Caso Optimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1, M4 y M4A	6,8	18,3	31,4	42,8	51,5	51,3	51	50,6	50,5	50,2	49,7	49,5	49,3	49,1	49
M1, M4 y M6_E1	4,6	13,4	23	31	37,6	39,6	42,1	44,2	46	47,6	47,9	48,3	48,4	48,5	48,7
M1, M4 y M6_E2	6,8	17,3	27,9	36,9	44,4	47,3	50,7	53,9	56,5	59,2	58,9	59,2	59,1	58,7	58,7
M1, M4 y M6_E3	8,9	21,5	33,8	43,8	52,2	56,4	60,9	64,9	69	72,7	72,1	71,6	71,2	70,6	70,1
M1, M4 y M7	2,5	9,5	17,4	24,5	29,8	30,2	30,8	31,5	31,9	32,9	33,4	33,5	34,1	34,6	35
M1, M4A y M6_E1	6,8	15,5	26,8	39	50,8	51,7	53	53,6	54,6	55,2	54,6	54,7	54,3	53,8	53,3
M1, M4A y M6_E2	8,5	19	31,7	44,1	55,9	57,7	59,9	61,4	63,3	64,9	64,4	64	63,5	62,8	62,4
M1, M4A y M6_E3	10,7	23,2	36,9	50,3	62	64,8	67,9	70,8	73,5	76,2	75,5	74,9	74,2	73,5	72,6
M1, M4A y M7	4,6	11,6	21,6	33,1	45,1	44,6	44	43,5	43,1	42,9	42,3	42	41,5	41,3	41,3
M1, M6_E1 y M7	2,8	8,1	15,7	24,5	33,2	34,9	37,4	39,3	41,2	42,9	42,9	43,5	43,3	43,3	43,3
M1, M6_E2 y M7	5	12	21,3	30,7	40,3	43,3	47	50	53	55,8	55,2	55,3	55,2	54,7	54,4
M1, M6_E3 y M7	7,1	16,5	27,5	38,3	48,8	53,4	58,3	62,3	66,8	70,5	69,9	69,5	68,5	68	67,2
M4, M4A y M6_E1	8,9	20,4	31,7	43,1	56,9	57,7	58,9	59,4	60,4	61,1	60,7	60,7	60,2	60,2	59,8
M4, M4A y M6_E2	11	23,6	36,2	47,9	61,4	63,1	64,9	66,2	68,1	69,3	69	68,6	68,2	67,7	67,2
M4, M4A y M6_E3	13,2	27,5	41,1	53,4	66,4	69,1	71,9	74,4	76,7	79	78,2	77,9	77,4	76,7	76,1
M4, M4A y M7	7,1	16,5	26,8	37,6	51,9	51,7	51,3	51	50,8	50,5	50,3	49,8	49,6	49,7	49,3
M4, M6_E1 y M7	5	12	19,2	25,9	35,3	36,9	39,7	41,9	43,8	46,1	46,3	46,8	46,9	47,1	47,3
M4, M6_E2 y M7	7,1	15,8	24	32,1	42	45,3	49	52,3	55	58	58	58	57,9	57,6	57,5
M4, M6_E3 y M7	9,3	20,1	30,3	39,7	50,2	54,7	59,6	64	68,1	72,1	71,5	71	70,6	70,1	69,5
M4A, M6_E1 y M7	7,1	13	18,8	23,8	28,5	29,5	31,5	32,1	33,5	34,8	33,7	33,8	32,9	32,3	31,6
M4A, M6_E2 y M7	8,9	16,9	24	30,3	36,3	38,6	42,1	44,2	47	49,5	48,5	48	46,9	45,9	45
M4A, M6_E3 y M7	11,4	21,1	30,3	37,9	45,1	49,7	54,3	58,4	62,6	66,8	65,3	64,4	63,2	62,2	61
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>



**Tabla VII.10 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10 combinación de tres medidas: Caso Pesimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1, M4 y M4A	0	2,1	9,1	17,2	24,7	32,2	39,1	43,8	46,6	48,3	49,7	49,5	49,3	49,1	49
M1, M4 y M6_E1	0	1,8	8,4	15,2	21,7	27,9	34,1	38,6	40,6	42	43,3	45	46	47,4	48,7
M1, M4 y M6_E2	0	3,2	10,8	19	26,4	33,2	39,7	44,5	47,3	49,2	51,2	53,2	54,9	56,7	58,7
M1, M4 y M6_E3	0	4,6	13,9	23,1	31,5	39,3	46	51,6	55	57,7	60,4	62,8	65,3	67,4	70,1
M1, M4 y M7	0	0	5,2	11	16,6	22,1	27,2	30,8	31,9	32,9	33,4	33,5	34,1	34,6	35
M1, M4A y M6_E1	0	3,5	8,7	14,8	20,7	27,9	36,4	44,8	47	49,2	50,9	51,7	52,2	52,6	53,3
M1, M4A y M6_E2	0	4,9	11,5	18,3	25,1	32,9	41,7	50	52,7	55,5	57,7	58,9	59,9	61	62,4
M1, M4A y M6_E3	0	6,7	14,3	22,8	30,5	38,9	48	56,2	59,7	62,7	65,3	67,1	68,8	70,6	72,6
M1, M4A y M7	0	2,1	5,9	10,7	15,6	21,8	29,8	38	39,6	41,1	42,3	42	41,5	41,3	41,3
M1, M6_E1 y M7	0	1,8	5,2	9,7	14,2	19,5	26,8	33,8	35,1	36,7	38	39,6	40,7	41,9	43,3
M1, M6_E2 y M7	0	3,2	8	13,4	19	25,2	33,1	40,3	42,5	44,8	46,6	48,6	50,4	52,3	54,4
M1, M6_E3 y M7	0	4,9	11,1	17,9	24,7	32,2	40,4	48,1	51,1	54,2	56,7	59,5	62	64,2	67,2
M4, M4A y M6_E1	0	3,5	11,1	18,3	25,8	32,6	40,1	47,4	52,7	55,2	57,4	58,3	58,5	59	59,8
M4, M4A y M6_E2	0	4,9	13,6	21,7	29,8	37,2	45	52,3	58,1	60,8	63,2	64,4	65,3	66	67,2
M4, M4A y M6_E3	0	6,7	16,7	25,9	34,9	43	51	58,1	63,9	67,1	69,9	71,3	72,7	74,4	76,1
M4, M4A y M7	0	2,1	8,4	14,1	20,7	27,2	34,1	40,9	46,3	48,6	50,3	49,8	49,6	49,7	49,3
M4, M6_E1 y M7	0	1,8	7,3	12,4	18	23,2	28,8	34,4	38,3	40,1	41,4	43,2	44,5	45,6	47,3
M4, M6_E2 y M7	0	3,2	10,1	16,2	22,7	28,5	34,8	40,6	45,4	47,6	49,7	52	53,7	55,5	57,5
M4, M6_E3 y M7	0	4,9	13,2	20,7	28,1	35,2	41,7	48,4	53,4	56,4	59,2	61,9	64,4	66,6	69,5
M4A, M6_E1 y M7	0	3,9	7,7	11	13,9	16,8	19,5	21,8	24,3	26,3	27,9	29	29,7	30,5	31,6
M4A, M6_E2 y M7	0	5,3	10,5	14,8	19	22,8	26,5	29,5	32,9	35,7	38	39,9	41,5	43	45
M4A, M6_E3 y M7	0	6,7	13,6	19,3	24,7	29,5	34,8	38,6	42,8	46,7	50	52,9	55,2	57,6	61
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>

**Tabla VII.11 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10 combinación de cuatro medidas: Caso Optimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1, M4, M4A y M6_E1	8,9	22,2	36,2	47,9	56,9	57,7	58,9	59,4	60,4	61,1	60,7	60,7	60,2	60,2	59,8
M1, M4, M4A y M6_E2	11	25,7	40,4	52,4	61,4	63,1	64,9	66,2	68,1	69,3	69	68,6	68,2	67,7	67,2
M1, M4, M4A y M6_E3	13,2	29,2	44,9	57,2	66,4	69,1	71,9	74,4	76,7	79	78,2	77,9	77,4	76,7	76,1
M1, M4, M4A y M7	7,1	18,7	31,7	43,1	51,9	51,7	51,3	51	50,8	50,5	50,3	49,8	49,6	49,7	49,3
M4, M4A, M6_E1 y M7	9,3	20,8	32,4	43,4	57,6	58,1	59,3	60,1	60,7	61,4	61	61	60,8	60,5	60,1
M4, M4A, M6_E2 y M7	11,4	23,9	36,6	48,3	62	63,4	65,2	66,9	68,4	69,9	69,3	69,2	68,5	68,3	67,8
M4, M4A, M6_E3 y M7	13,5	27,8	41,5	53,8	67,1	69,5	72,2	74,7	77	79,6	78,8	78,2	77,7	77	76,6
<b>Meta reducción %</b>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>



**Tabla VII.12 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10 combinación de cuatro medidas: Caso Pesimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1, M4, M4A y M6_E1	0	3,5	12,2	21,4	29,8	37,9	45,0	50,3	53,4	55,5	57,4	58,3	58,5	59,0	59,8
M1, M4, M4A y M6_E2	0	4,9	14,6	24,8	33,9	42,3	49,7	55,2	58,5	61,1	63,2	64,4	65,3	66,0	67,2
M1, M4, M4A y M6_E3	0	6,7	17,8	28,6	38,3	47,3	55,0	60,7	64,5	67,4	69,9	71,3	72,7	74,4	76,1
M1, M4, M4A y M7	0	2,1	9,4	17,6	25,4	32,9	39,4	44,5	47,0	48,9	50,3	49,8	49,6	49,7	49,3
M4, M4A, M6_E1 y M7	0	3,9	11,5	18,6	26,1	33,2	40,7	47,7	53,4	55,8	58,0	58,6	59,1	59,6	60,1
M4, M4A, M6_E2 y M7	0	5,3	13,9	22,1	30,2	37,9	45,7	52,6	58,5	61,1	63,5	64,7	65,6	66,6	67,8
M4, M4A, M6_E3 y M7	0	6,7	17,1	26,2	35,3	43,3	51,3	58,8	64,5	67,4	70,2	71,9	73,3	74,7	76,6
<i>Meta reducción %</i>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>

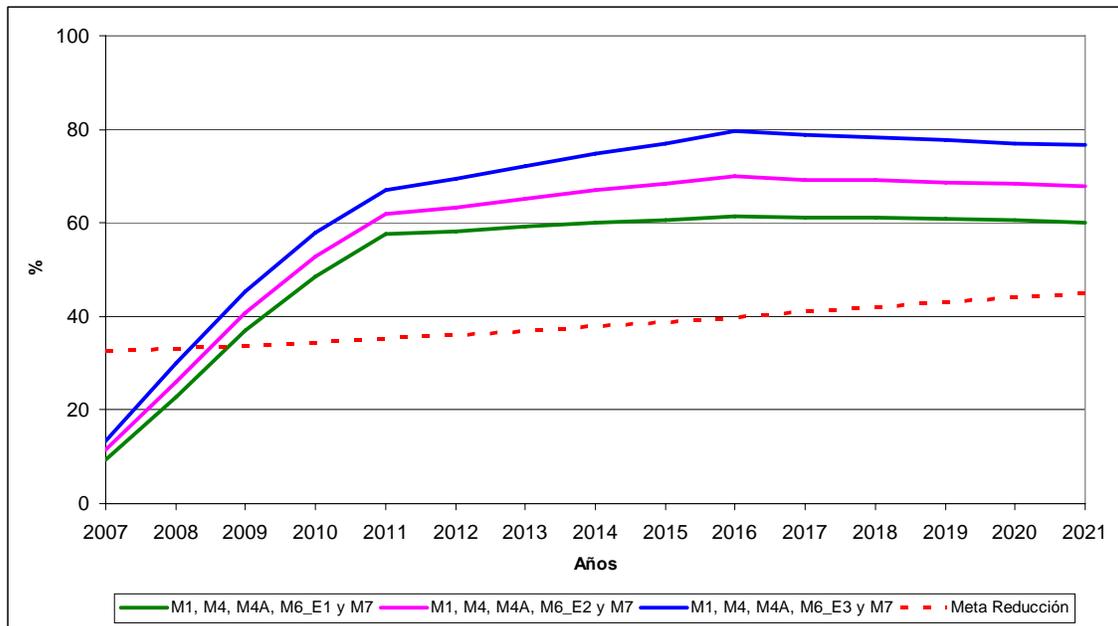
**Tabla VII.13 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10 combinación de cinco medidas: Caso Optimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	9,3	22,9	36,9	48,6	57,6	58,1	59,3	60,1	60,7	61,4	61,0	61,0	60,8	60,5	60,1
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	11,4	26,1	40,8	52,8	62,0	63,4	65,2	66,9	68,4	69,9	69,3	69,2	68,5	68,3	67,8
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	13,5	29,9	45,3	57,9	67,1	69,5	72,2	74,7	77,0	79,6	78,8	78,2	77,7	77,0	76,6
<i>Meta reducción %</i>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>

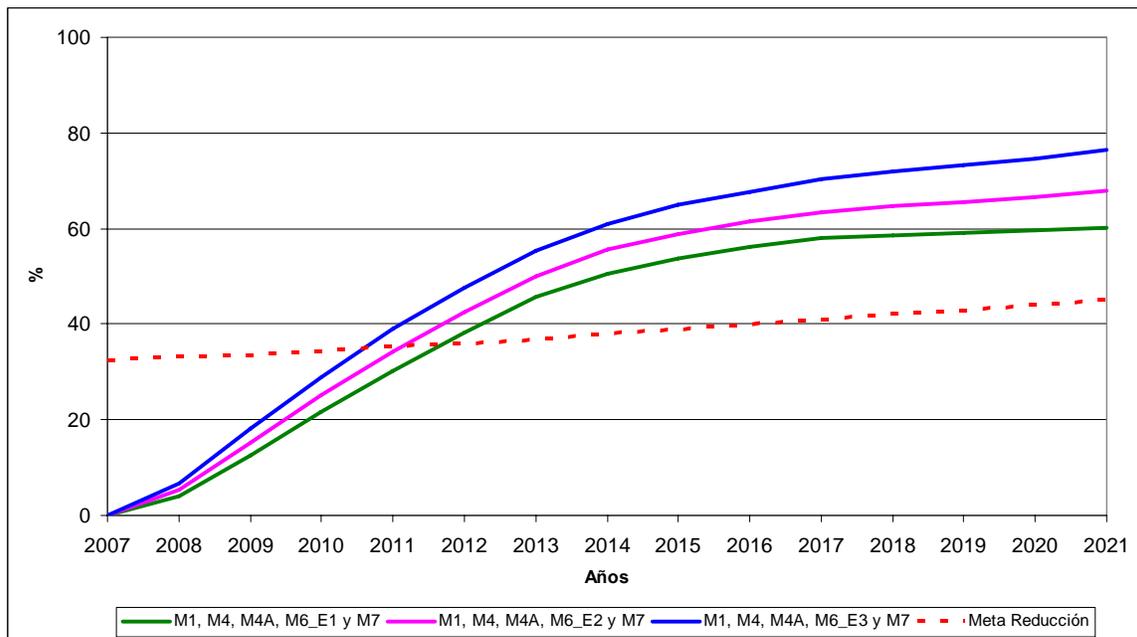
**Tabla VII.14 Porcentaje de reducción de emisiones de MP10 combinación de cinco medidas: Caso Pesimista**

Medidas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	0	3,9	12,5	21,7	30,2	38,3	45,7	50,6	53,7	56,1	58,0	58,6	59,1	59,6	60,1
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	0	5,3	15,3	25,2	34,2	42,6	50,0	55,5	58,8	61,4	63,5	64,7	65,6	66,6	67,8
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	0	6,7	18,1	29,0	39,0	47,7	55,3	61,0	64,9	67,7	70,2	71,9	73,3	74,7	76,6
<i>Meta reducción %</i>	<b>32,3</b>	<b>33,0</b>	<b>33,5</b>	<b>34,3</b>	<b>35,2</b>	<b>35,9</b>	<b>36,7</b>	<b>37,8</b>	<b>38,7</b>	<b>39,7</b>	<b>40,9</b>	<b>41,9</b>	<b>42,8</b>	<b>43,8</b>	<b>44,8</b>

De las Tablas anteriores, se observa que de las 57 combinaciones de Medidas, sólo 40 permiten cumplir la meta de reducción de emisiones en el escenario Optimista y 36 en el escenario Pesimista. Los tiempos de inicio de cumplimiento de la meta de calidad del aire varían de acuerdo a las distintas combinaciones de medidas y escenario considerado, siendo el inicio más temprano para el caso Optimista al cabo de 3 años de iniciado el Plan, en que 12 combinaciones de Medidas logran cumplir este objetivo, y para el caso Pesimista de 5 años, en que 3 combinaciones de Medidas logran el objetivo. El tiempo de inicio más tardío es de 7 años desde el comienzo del Plan para el caso Optimista y 11 para el Pesimista.



**Figura 7.3 Reducción de emisiones según Medidas combinadas de cinco: Caso Optimista**



**Figura 7.4 Reducción de emisiones según Medidas combinadas de cinco: Caso Pesimista**



### ❖ **Costo privado como indicador de relación entre medidas**

En relación a los costos privados, solo presentan sinergias la implementación de la Medida M1 con las medida M6\_E1, M6\_E2 y M6\_E3, ya que al aplicar la Medida M1, afectaría el consumo de leña evaluado para la Medida M6, el cual considera que se sigue usando leña húmeda y seca.

Las otras posibles combinaciones no presentan sinergias en términos de costos, solo presentan relaciones lineales de costos.

A continuación se presenta el costo privado de la implementación de las medidas implementadas en conjunto.

- Implementación de la Medida M1 en conjunto con la Medida M6\_E1

El Valor presente de los costos de la Medida M6\_E1 presenta una leve disminución al ser implementada en conjunto con la Medida M1 en el escenario Optimista, valor que asciende a 10.157 millones de pesos, en comparación de los 10.218 millones de costo al ser implementada solamente la Medida M6\_E1. El ahorro debido a las sinergias tendría un valor presente de 61 millones de pesos.

Similar situación ocurre en el escenario Pesimista donde el Valor presente de los costos de la medida presenta una leve disminución al ser implementada en conjunto con la Medida M1, valor que asciende a 7.855 millones de pesos, en comparación de los 7.895 millones de costo al ser implementada solamente la Medida M6\_E1. El ahorro debido a las sinergias tendría un valor presente de 40 millones de pesos.

Para los cálculos del ahorro de leña (debido a una mejora de la aislamiento), la cual será leña seca, se supone que el 100% de las casas aisladas térmicamente usan leña seca, dado que la tasa de penetración de la Medida M6 en ambos casos (escenario optimista y pesimista) es más baja que la tasa de penetración de la Medida M1.

- Implementación de la Medida M1 en conjunto con la Medida M6\_E2

El Valor presente de los costos de las Medida M6\_E2 presenta una cifra levemente mayor que la situación anterior al ser implementada en conjunto con la Medida M1 en el escenario optimista, valor que asciende a 24.419 millones de pesos, en comparación de los 26.338 millones de costo al ser implementada solamente la Medida M6\_E2. El ahorro debido a las sinergias tendría un valor presente de 1.919 millones de pesos.

Similar situación ocurre en el escenario pesimista donde el Valor presente de los costos de la medida presenta una disminución al ser implementada en conjunto con la Medida M1, valor que asciende a 19.662 millones de pesos, en comparación de los 20.900 millones de costo al ser implementada solamente la Medida M6\_E2. El ahorro debido a las sinergias tendría un valor presente de 1.238 millones de pesos.



- Implementación de la Medida M1 en conjunto con la Medida M6\_E3

El Valor presente de los costos de la Medida M6\_E3 presenta una disminución al ser implementada en conjunto con la Medida M1 en el escenario optimista, valor que asciende a 35.762 millones de pesos, en comparación de los 39.780 millones de costo al ser implementada solamente la Medida M6\_E3. El ahorro debido a las sinergias tendría un valor presente de 4.018 millones de pesos.

Similar situación ocurre en el escenario pesimista donde el Valor presente de los costos de la medida presenta una disminución al ser implementada en conjunto con la Medida M1, valor que asciende a 29.326 millones de pesos, en comparación de los 31.917 millones de costo al ser implementada solamente la Medida M6\_E3. El ahorro debido a las sinergias tendría un valor presente de 2.591 millones de pesos.

#### ❖ **Costos públicos como indicador de relación entre medidas**

En relación a los costos públicos, la estimación de sinergias dependerá fundamentalmente de las estrategias de difusión y fiscalización que adopte la autoridad.

Sin embargo, se puede apreciar que existe sinergia en costos públicos al aplicar las medidas M1 y M4. En primer lugar la medida M4 es dependiente de la medida M1, por lo que en el ámbito de la difusión y fiscalización debiera establecerse una estrategia de implementación común permitiendo ahorro de costos.

Las combinaciones que presentan una sinergia menor, principalmente en lo referido a la difusión sería la implementación de las Medidas M4 y M6.

Las Tablas VII.15 a VII.19 muestran el VAN de los costos privados (para los escenarios Optimista y Pesimista) al considerar las Medidas individualmente, en conjunto de dos, de tres, de cuatro, y de cinco Medidas simultáneas, respectivamente.

**Tabla VII.15 Costos Privados (VAN Millones de \$)  
Medidas Individuales**

<b>Medida</b>	<b>Optimista</b>	<b>Pesimista</b>
M1	11595	8509
M4	33898	26811
M4A	15550	11269
M6_E1	10218	7895
M6_E2	26338	20900
M6_E3	39780	31917
M7	716	617



**Tabla VII.16 Costos Privados (VAN Millones de \$)  
Conjunto de dos Medidas**

<b>Medidas</b>	<b>Optimista</b>	<b>Pesimista</b>
M1 y M4	45,492	35,320
M1 y M4A	27,144	19,778
M1 y M6_E1	21,752	16,364
M1 y M6_E2	36,014	28,171
M1 y M6_E3	47,357	37,835
M1 y M7	12,311	9,126
M4 y M4A	49,447	38,080
M4 y M6_E1	44,116	34,705
M4 y M6_E2	60,236	47,711
M4 y M6_E3	73,677	58,728
M4 y M7	34,614	27,428
M4A y M6_E1	25,768	19,164
M4A y M6_E2	41,888	32,169
M4A y M6_E3	55,329	43,186
M4A y M7	16,266	11,886
M6_E1 y M7	10,934	8,512
M6_E2 y M7	27,054	21,517

**Tabla VII.17 Costos Privados (VAN Millones de \$)  
Conjunto de tres Medidas**

<b>Medidas</b>	<b>Optimista</b>	<b>Pesimista</b>
M1, M4 y M4A	61,042	46,589
M1, M4 y M6_E1	85,211	43,175
M1, M4 y M6_E2	69,911	54,982
M1, M4 y M6_E3	81,254	64,646
M1, M4 y M7	46,208	35,937
M1, M4A y M6_E1	37,302	27,633
M1, M4A y M6_E2	51,563	39,440
M1, M4A y M6_E3	62,906	49,104
M1, M4A y M7	27,860	20,395
M1, M6_E1 y M7	22,468	16,981
M1, M6_E2 y M7	36,730	28,788
M1, M6_E3 y M7	48,073	38,452
M4, M4A y M6_E1	59,665	45,975
M4, M4A y M6_E2	75,785	58,980
M4, M4A y M6_E3	89,227	69,997
M4, M4A y M7	50,163	38,697
M4, M6_E1 y M7	44,832	35,323
M4, M6_E2 y M7	60,951	48,328
M4, M6_E3 y M7	74,393	59,345
M4A, M6_E1 y M7	26,484	19,781
M4A, M6_E2 y M7	42,603	32,786
M4A, M6_E3 y M7	56,045	43,803



**Tabla VII.18 Costos Privados (VAN Millones de \$)  
Conjunto de cuatro Medidas**

Medidas	Optimista	Pesimista
M1, M4, M4A y M6_E1	71,199	54,444
M1, M4, M4A y M6_E2	85,461	66,251
M1, M4, M4A y M6_E3	96,804	75,915
M1, M4, M4A y M7	61,758	47,206
M4, M4A, M6_E1 y M7	60,381	46,592
M4, M4A, M6_E2 y M7	76,501	59,597
M4, M4A, M6_E3 y M7	89,943	70,614

**Tabla VII.19 Costos Privados (VAN Millones de \$)  
Conjunto de cinco Medidas**

Medidas	Optimista	Pesimista
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	71,915	55,061
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	86,177	66,868
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	97,520	76,532

❖ **Factibilidad legal como indicador de relación entre medidas**

Del análisis de dos Medidas simultáneamente se observa que la M1 y M4, desde el punto de vista de su factibilidad legal, son complementarias en tanto la regulación de la calidad de la leña para su uso y el establecimiento de mejoras tecnológicas incorporadas en los equipos de combustión potencian el efecto de la medida.

Las Medidas M1 y M4A, desde el punto de vista de su factibilidad legal, son independientes y complementarias en tanto la regulación de la calidad de la leña para su uso está orientada a diversos equipos y no solamente a cocinas; y, por otro lado, el cambio de combustible potencia los efectos positivos de las medidas.

Todas las demás combinaciones de medidas, desde el punto de vista de su factibilidad legal, son independientes, en tanto tienen normas diversas que las regulan y pueden ser desarrolladas cada una por separado.



## 8.- EVALUACION SOCIAL DE LAS MEDIDAS

Las Medidas de reducción de emisiones evaluadas poseen además de costos públicos y privados, algunos beneficios asociados a la disminución de las concentraciones atmosféricas de materia particulada. Entre estos beneficios se cuentan una mejora en las condiciones de salud de la población y los recursos silvoagropecuarios, una mejora en las condiciones de visibilidad que conlleva a una reducción de accidentes y un mejoramiento de las condiciones estéticas del lugar, y adicionalmente se obtienen beneficios asociados al menor daño a los materiales.

De todos estos beneficios, los asociados a los efectos en salud de la población son los más relevantes [16]. Por otro lado, la combustión de leña genera otros contaminantes tóxicos además de la materia particulada los cuales presentan riesgos a la salud, sin embargo, en este estudio se evalúan sólo los efectos a la salud debido a las emisiones de materia particulada. Este capítulo se centra en la evaluación social de las medidas, a través de la estimación de los beneficios en salud asociados a una disminución en el número de muertes cardiovasculares y respiratorias, así como en la disminución de la morbilidad (admisiones hospitalarias, consultas infantiles, y consultas adultos), producto de la implementación de medidas para reducir las emisiones. La Figura 8.1 muestra un esquema de la metodología desarrollada, la cual ha sido aplicada en los AGIES (Análisis general del impacto económico y social) de normas y planes en la RM [16,17,18,19].

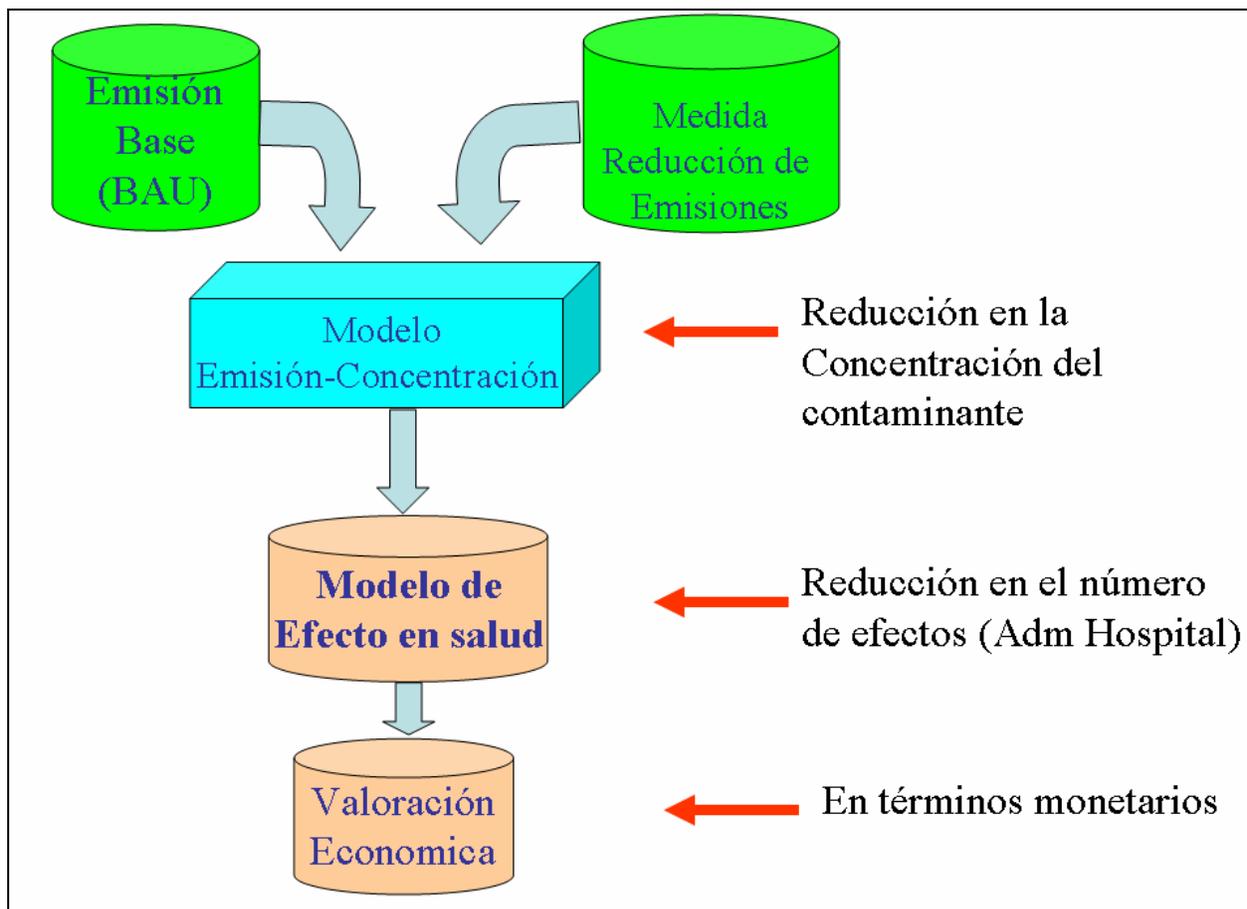


Figura 8.1 Evaluación del beneficio en salud de una acción regulatoria



La emisión BAU corresponde al escenario de la situación base, es decir, sin considerar la medida de reducción de emisiones.

o **Relación entre Emisión – Concentración**

El modelo de emisión-concentración permite estimar para cada Medida con potencial de reducción de emisiones de PM10, las concentraciones esperadas de este contaminante.

De acuerdo al documento sobre Metas de reducción de emisiones [14], una primera aproximación para estimar la reducción de concentraciones asociadas a una reducción de emisiones, se puede obtener a través del método roll-back, que asume un comportamiento lineal entre el nivel de emisiones y las concentraciones de un contaminante atmosférico, bajo la siguiente relación:

$$C_p = ((C_b - B_g) * E_p / E_b) + B_g \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

C<sub>p</sub> = Concentración con Medida

C<sub>b</sub> = Concentración base o de la situación sin Medida (caso BAU)

E<sub>p</sub> = Emisión con Medida

E<sub>b</sub> = Emisión de la situación sin Medida (Caso BAU)

B<sub>g</sub> = Background o concentración de fondo

Este método de estimación es muy simple, y asume un comportamiento del tipo lineal entre las emisiones y la calidad del aire, lo cual es relativamente cierto para contaminantes primarios, y en algunos casos, muy impreciso para contaminantes secundarios. Para el material particulado, el cual es un contaminante que tiene tanto componentes del tipo primario como del tipo secundario, la incerteza del método anterior aumentará mientras mayor sea la proporción de la componente secundaria sobre el total del material particulado, en especial de sulfatos y de aerosoles orgánicos.

Para el caso de Temuco y Padre Las Casas, y de acuerdo al estudio de la relación emisión-concentración de PM10 [3], se encontró que los óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles, y óxidos de nitrógeno, aportan cantidades despreciables al PM10, debido principalmente a que la generación de particulado secundario es a través de la fotoquímica, la cual requiere días con alta radiación solar, sin embargo, los eventos en Temuco ocurren principalmente en otoño-invierno, donde la radiación solar es mínima. La ecuación entonces, permite calcular la concentración esperada ante variaciones en las emisiones producto de la implementación de una Medida de reducción de emisiones. El nivel de la concentración de fondo de MP10 se asume cero. Con esto C<sub>p</sub> queda reducido a la siguiente expresión:

$$C_p = C_b * E_p / E_b \quad \text{Ecuación (2)}$$



o **Modelo de efectos en salud**

La metodología utilizada para estimar los efectos en la salud se basa en el método de la función de daño, la cual ha sido utilizada en Santiago y Temuco. Dado que lo que interesa es evaluar el efecto de las medidas sobre las concentraciones de PM10, se utilizaron relaciones concentración-respuesta basadas en esta métrica de las partículas. Los efectos en exceso asociados a un cambio en las concentraciones ambientales de un contaminante están dados por la relación de riesgo relativo Poisson de la siguiente forma:

$$\Delta E_K(\Delta C) = \sum_{j=1}^{365} [\exp [\beta_k \cdot \Delta C_j] \cdot E_{k0}] = \sum_{j=1}^{365} [\exp [\beta_k \cdot \Delta C_j] \cdot R_{k0} \cdot Pob] \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

- $\Delta E_k(\Delta C)$  = El total de efectos en exceso de tipo k asociados al cambio de concentraciones ambientales que afecta a la población
- Pob = Población
- $\beta_k$  = Coeficiente de la relación concentración-respuesta, obtenido de estudios epidemiológicos, para el efecto k (morbilidad/mortalidad)
- $E_{k0}$  = Efectos base de tipo k que ocurren independientemente del cambio en concentraciones, y que se calculan a partir de  $R_{k0}$  y de Pob, donde  $R_{k0}$  es la tasa base del efecto k en la población expuesta, y Pob es la población expuesta al cambio de concentración

Los parámetros usados en la estimación de los efectos deberían ser obtenidos localmente, sin embargo, esto es muchas veces difícil debido a que la los estudios epidemiológicos requieren una cantidad de datos que no siempre está disponible. De todas formas para Temuco se dispone de ecuaciones concentración-respuesta para la mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias obtenidas de estudios realizados en la USACH [13]. Para evaluar otros efectos (morbilidad), se usan coeficientes de la relación concentración-respuesta usados para el análisis de la Región Metropolitana, los cuales a su vez han sido tomados de estudios desarrollados en la propia Región Metropolitana y en el extranjero, principalmente en Estados Unidos. La Tabla VIII.1 muestra los coeficientes utilizados en este estudio.

**Tabla VIII.1 Coeficientes de la relación Concentración-Respuesta para PM10**

Efecto	Grupo etáreo	Coeficiente	Desviación estándar	Fuente
<b>Mortalidad</b>				
Respiratoria	Total	0.00212	0.0011	Sanhueza 2005
Cardiovascular	> 65	0.00161	0.0008	Sanhueza 2005
<b>Admisiones Hospitalarias</b>				
ICD9: 460-519 Respiratoria	> 65	0.00170	0.000400	Schwartz 1996
ICD9: 390-429 Cardiovascular	> 65	0.00074	0.000170	Meta-análisis México 2000
<b>Consultas infantiles</b>				
IRA Baja	3-15	0.00082	0.000320	Ostro et al. 1999
<b>Consultas adultos</b>				
Bronquitis crónica	> 30	0.01230	0.004340	Schwartz 1993



La Población expuesta corresponde a la suma de los habitantes de Temuco y Padre Las Casas, lo que según el censo del año 2002 serían 304142 (245347, 58795). Con esta información y con las estadísticas de morbilidad, se determinaron las tasas bases por tipo de efecto en salud, lo cual se muestra en la Tabla VIII.2.

**Tabla VIII.2 Tasas base de los efectos en salud**

Efecto	Grupo etéreo	Nº Eventos Por año	Tasa base
<b>Mortalidad</b>			
Respiratoria	Total	129	4.241E-04
Cardiovascular	> 65	303	1.372E-02
<b>Admisiones Hospitalarias</b>			
ICD9: 460-519 Respiratoria	> 65	2364	1.071E-01
ICD9: 390-429 Cardiovascular	> 64	2635	1.193E-01
<b>Consultas infantiles</b>			
IRA Baja	3-15	41756	5.885E-01
<b>Consultas adultos</b>			
Bronquitis crónica	> 30	378	2.758E-02

Fuente Referencias [4, 13]

o **Valoración económica**

Una vez que se ha calculado el cambio en los efectos en salud, es posible calcular el cambio en beneficio social total, que está dado por la suma del beneficio social asociado a cada efecto:

$$BS(\Delta C) = \sum_{\text{Efecto } k} VS_k \cdot \Delta E_k(\Delta C) \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

$VS_k$  = Valoración social unitaria de cada efecto en exceso

Los valores de la valoración social ( $VS_k$ ) se tomaron del estudio de la CNE [4]. Dichos valores se muestran en la Tabla VIII.3.

**Tabla VIII.3 Valoración de los efectos (Pesos de Enero del 2001)**

Efecto	Grupo etéreo	Valoración (\$)
Mortalidad		336.000.000
<b>Admisiones Hospitalarias</b>		
ICD9: 460-519 Respiratoria	> 65	1.087.306
ICD9: 390-429 Cardiovascular	> 64	1.533.249
<b>Consultas infantiles</b>		
IRA Baja	3-15	74.488
<b>Consultas adultos</b>		
Bronquitis crónica	> 30	16.378.507

Fuente Referencia [4]



### 8.1 BENEFICIO SOCIAL DE LAS MEDIDAS

Utilizando la Ecuación (2), se obtuvieron las concentraciones esperadas para cada Medida evaluada individualmente y en conjunto, y para cada año desde el 2007 al 2021, considerando la emisión del año Base (2004) y la concentración de ese año como el percentil 98 (172 ug/m<sup>3</sup>), y las emisiones asociadas a cada Medida de acuerdo a su tasa de penetración (Ver Anexos D y E). Con esas concentraciones y utilizando las Ecuaciones (3) y (4), se obtuvo el VAN de cada Medida, al considerar una tasa de descuento del 10%.

La Tabla VIII.4 muestra el detalle del cálculo para el caso BAU (sin medidas), donde para cada año se indica la emisión esperada (ton/año), las concentraciones de PM10 (µg/m<sup>3</sup>), la diferencia entre las concentraciones esperadas para ese año y el percentil 98 del año 2004, y los beneficios en millones de pesos (negativos en este caso debido al incremento en las concentraciones de PM10, respecto al base) asociados al número de eventos de mortalidad y morbilidad en Temuco y Padre Las Casas, y finalmente el valor actual neto durante los 15 años.

**Tabla VIII.4 Evaluación social caso BAU Optimista**

AÑO	BAU		ΔC µg/m3	Beneficios Mortalidad		Beneficios Morbilidad				Suma Beneficios	VAN Millones de \$
	EMISION	[PM10]		Respiratoria	Cardiovasc	Resp>65	Card >65	IRA baja 3-15	Bronq>30		
2007	3810	175	-3	-308	-549	-15	-11	-9	-256	-1146	<b>-39088</b>
2008	3850	177	-5	-475	-849	-23	-16	-13	-391	-1768	
2009	3879	179	-7	-596	-1066	-28	-21	-17	-488	-2216	
2010	3922	181	-9	-775	-1386	-37	-27	-22	-628	-2875	
2011	3978	183	-11	-1007	-1802	-48	-35	-28	-805	-3726	
2012	4024	185	-13	-1197	-2142	-57	-42	-34	-947	-4418	
2013	4074	188	-16	-1402	-2511	-67	-49	-40	-1096	-5165	
2014	4148	191	-19	-1704	-3054	-81	-60	-48	-1310	-6257	
2015	4206	194	-22	-1939	-3477	-93	-68	-55	-1472	-7104	
2016	4276	197	-25	-2221	-3986	-106	-78	-63	-1660	-8114	
2017	4363	201	-29	-2568	-4615	-123	-90	-73	-1884	-9353	
2018	4434	204	-32	-2850	-5125	-136	-101	-81	-2058	-10351	
2019	4510	208	-36	-3149	-5668	-151	-111	-90	-2237	-11406	
2020	4590	211	-39	-3462	-6236	-166	-123	-99	-2418	-12503	
2021	4674	215	-43	-3787	-6829	-182	-135	-109	-2599	-13640	
<b>VAN M\$</b>				<b>-10683</b>	<b>-19170</b>	<b>-510</b>	<b>-375</b>	<b>-303</b>	<b>-8046</b>	<b>-39088</b>	

La Tabla VIII.5 muestra el detalle del cálculo para el caso Optimista al aplicar la Medida M1 (Regular uso de leña seca), donde para cada año se indica la emisión esperada (ton/año), las concentraciones de PM10 (µg/m<sup>3</sup>), la diferencia entre las concentraciones esperadas al aplicar la medida según tasa de penetración para ese año y el percentil 98 del año 2004, y los beneficios en millones de pesos (los negativos debido al incremento en las concentraciones de PM10, respecto al base) asociados al número de eventos de mortalidad y morbilidad, y el VAN marginal asociado a esta Medida respecto del caso BAU.

**Tabla VIII.5 Evaluación social Medida M1 caso Optimista**

AÑO	M1		ΔC µg/m3	Beneficios Mortalidad		Beneficios Morbilidad				Suma Beneficios	VAN Millones de \$
	EMISION	[PM10]		Respiratoria	Cardiovasc	Resp>65	Card >65	IRA baja 3-15	Bronq>30		
2007	3810	175	-3	-308	-549	-15	-11	-9	-256	-1146	<b>80153</b>
2008	3751	173	-1	-59	-106	-3	-2	-2	-50	-221	
2009	3577	165	7	682	1214	32	23	19	598	2570	
2010	3352	154	18	1659	2946	79	57	46	1537	6324	
2011	3117	143	29	2703	4787	128	91	74	2654	10437	
2012	3139	144	28	2604	4613	123	88	71	2543	10043	
2013	3164	146	26	2492	4416	118	84	68	2419	9598	
2014	3200	147	25	2332	4133	110	79	64	2243	8961	
2015	3231	149	23	2194	3890	104	75	60	2094	8416	
2016	3268	150	22	2030	3600	96	69	56	1920	7771	
2017	3316	153	19	1818	3226	86	62	50	1699	6941	
2018	3356	154	18	1642	2915	78	56	45	1520	6256	
2019	3399	156	16	1453	2582	69	50	40	1331	5525	
2020	3445	159	13	1253	2227	59	43	35	1135	4751	
2021	3494	161	11	1040	1850	49	36	29	931	3935	
<b>VAN M\$</b>				<b>21388</b>	<b>38153</b>	<b>1017</b>	<b>739</b>	<b>598</b>	<b>18259</b>	<b>80153</b>	

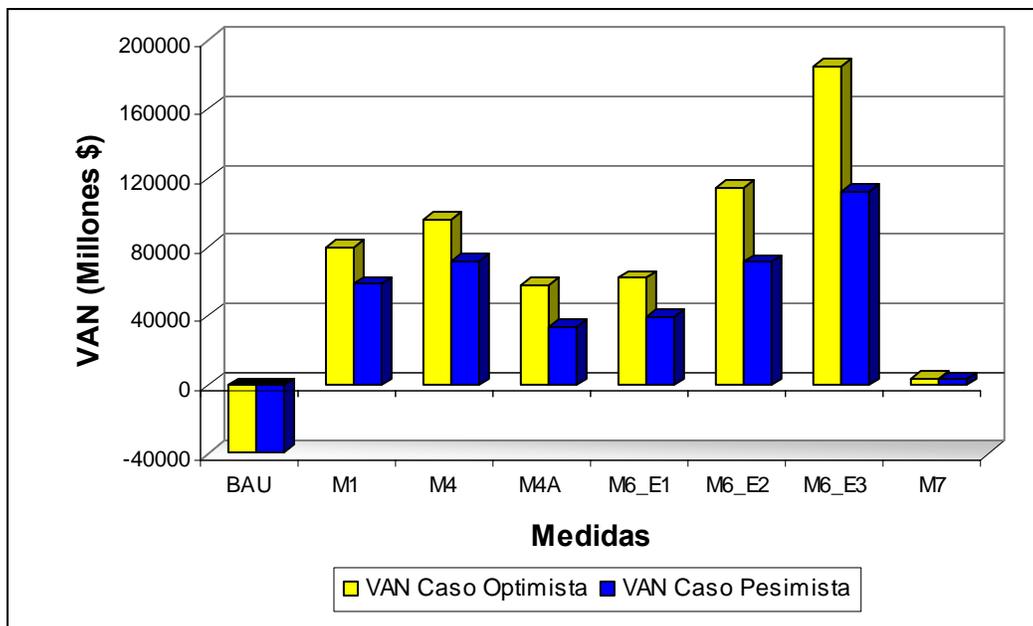


El análisis explicado anteriormente en las Tablas VIII.4 y VIII.5, se aplicó para calcular el beneficio social, en términos de salud, para cada una de las Medidas individualmente y combinaciones de ellas, para los escenarios Optimista y Pesimista.

La Tabla VIII.6 y la Figura 8.2 muestran el Beneficio en millones de pesos, esperado al implementar cada Medida evaluada bajo los escenarios Optimista y Pesimista.

**Tabla VIII.6 VAN escenario Optimista**

Medida	Escenario	
	Optimista	Pesimista
<b>BAU</b>	<b>-39.088</b>	<b>-39.088</b>
<b>M1</b>	80.153	58.750
<b>M4</b>	96.467	71.689
<b>M4A</b>	57.870	33.727
<b>M6_E1</b>	61.944	39.264
<b>M6_E2</b>	114.814	71.373
<b>M6_E3</b>	185.239	112.620
<b>M7</b>	4.102	3.280



**Figura 8.2 VAN (millones de \$) esperado por Medida escenario Optimista**

De la Tabla VIII.6, se observa que la Medida M6\_E3, es decir, el aislamiento de la envolvente mejorada de viviendas existentes es la que presenta un mayor beneficio social, en términos de mejoras en la salud de la población de las comunas de Temuco y Padre Las Casas, bajo los dos escenarios de implementación de las medidas.

El segundo y tercer lugar lo disputan las medidas M6\_E2 y M4, dependiendo del escenario considerado. El resto de las medidas siguen un orden idéntico, con la Medida M1 en cuarto lugar, luego la Medida M6\_E1, luego la Medida M4A, y finalmente la medida M7.



## 8.2 BENEFICIO SOCIAL DE CONJUNTOS DE MEDIDAS

Al igual que el punto anterior, utilizando la Ecuación (2), se obtuvieron las concentraciones esperadas al considerar la emisión resultante del sinergismo entre Medidas en cada año desde el 2007 al 2021, considerando la emisión del año Base (2004) y la concentración de ese año como el percentil 98 ( $172 \text{ ug/m}^3$ ). Las emisiones asociadas a la combinación de Medidas de acuerdo a su tasa de penetración anual se muestran en Anexos F y G, para el caso Optimista y Pesimista, respectivamente. Con esas concentraciones y utilizando las Ecuaciones (3) y (4), se obtuvo el VAN de cada Medida, al considerar una tasa de descuento del 10%.

La Tabla VIII.7 y la Figura 8.3 muestran el Beneficio en millones de pesos, esperado al implementar dos Medidas simultáneamente, evaluadas bajo el escenario Optimista y Pesimista.

**Tabla VIII.7 VAN (Millones de \$), según escenario**

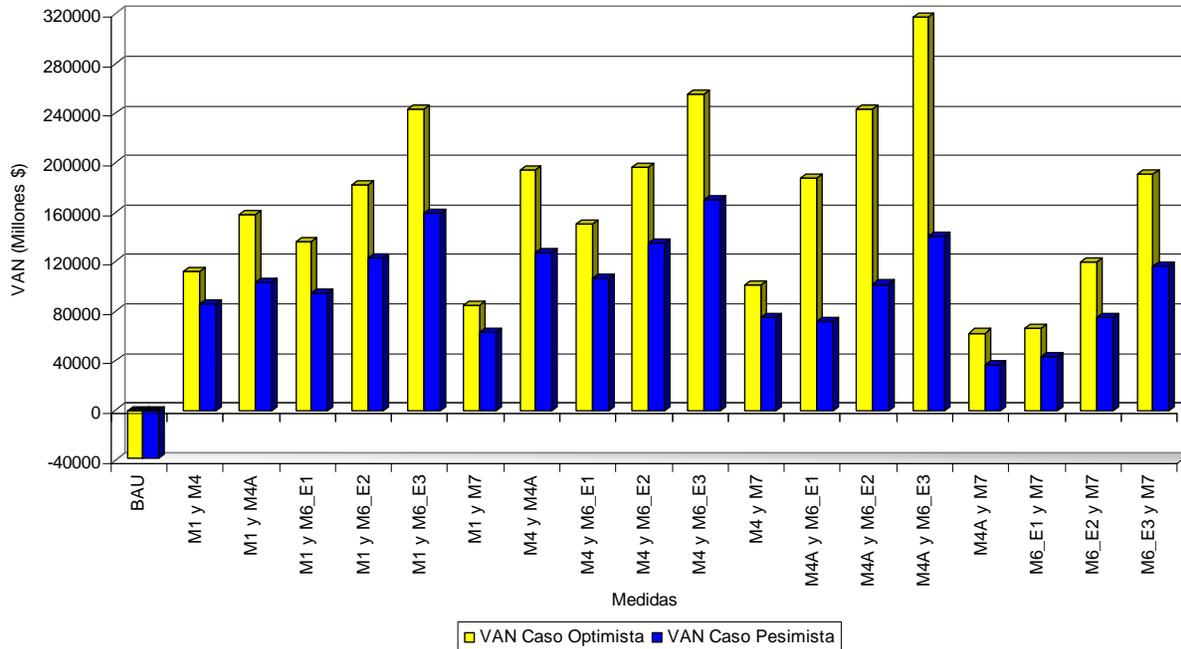
Conjunto de dos Medidas	Escenario	
	Optimista	Pesimista
<b>BAU</b>	<b>-39.088</b>	<b>-39.088</b>
<b>M1 y M4</b>	112.289	85.809
<b>M1 y M4A</b>	157.804	103.235
<b>M1 y M6_E1</b>	135.664	94.333
<b>M1 y M6_E2</b>	182.252	123.155
<b>M1 y M6_E3</b>	242.977	159.626
<b>M1 y M7</b>	84.828	62.440
<b>M4 y M4A</b>	194.185	126.953
<b>M4 y M6_E1</b>	150.736	106.491
<b>M4 y M6_E2</b>	196.140	134.634
<b>M4 y M6_E3</b>	255.092	170.127
<b>M4 y M7</b>	101.268	75.476
<b>M4A y M6_E1</b>	187.948	71.210
<b>M4A y M6_E2</b>	243.475	101.737
<b>M4A y M6_E3</b>	317.707	140.720
<b>M4A y M7</b>	62.374	37.226
<b>M6_E1 y M7</b>	66.476	42.803
<b>M6_E2 y M7</b>	119.765	75.148
<b>M6_E3 y M7</b>	190.827	116.730

Al analizar los beneficios sociales esperados al implementar dos medidas simultáneamente, se observa que la mejor combinación de ellas depende del escenario considerado. Es así como bajo el escenario Optimista, los beneficios mayores se obtienen al combinar las Medidas M4A y la M6\_E3, es decir, al implementar simultáneamente el recambio de cocinas a leña por cocinas a gas licuado con el aislamiento térmico de la vivienda existente mejorada. La segunda mejor opción bajo este escenario, corresponde a la implementación de la Medida M4 con la M6\_E3, es decir al cumplir norma de emisión por parte de los equipos de calefacción residencial a leña con el aislamiento térmico de la vivienda existente mejorada.



La mejor combinación (mayor beneficio social) bajo el escenario Pesimista se obtiene al combinar la Medida M4 con la M6\_E3, es decir, cuando se implementen simultáneamente, y de acuerdo a su tasa de penetración, las medidas de cumplir norma de emisión, con la aislamiento térmica mejorada de la vivienda.

La opción que produce el menor beneficio social en ambos escenarios corresponde al reemplazo de cocinas a leña por cocinas a gas licuado (M4A) con la norma de emisión de materia particulada para fuentes fijas (M7).



**Figura 8.3 VAN esperado al implementar dos medidas simultáneamente, según escenario**

La Tabla VIII.8 y la Figura 8.4 muestran el Beneficio en millones de pesos, esperado al implementar tres Medidas simultáneamente, evaluadas bajo el escenario Optimista y Pesimista.

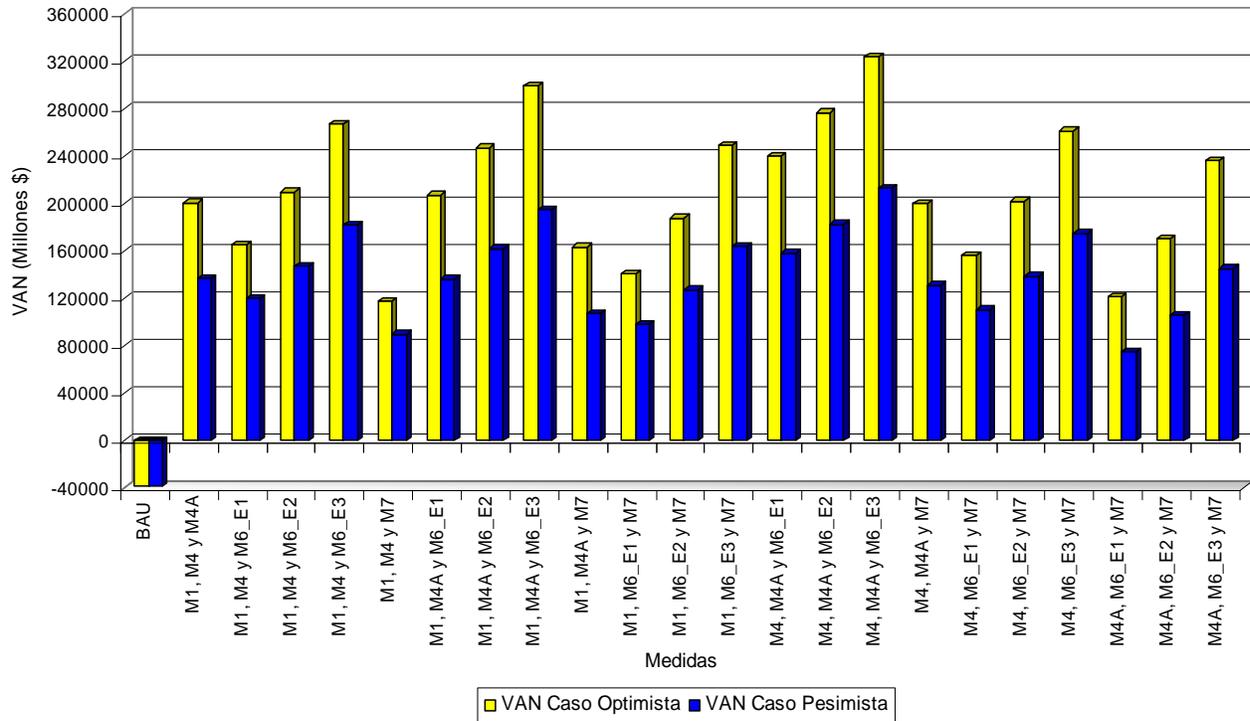


**Tabla VIII.8 VAN (Millones de \$), según escenario**

Conjunto de tres Medidas	Escenario	
	Optimista	Pesimista
<b>BAU</b>	<b>-39.088</b>	<b>-39.088</b>
<b>M1, M4 y M4A</b>	200.665	136.652
<b>M1, M4 y M6_E1</b>	165.377	119.866
<b>M1, M4 y M6_E2</b>	209.706	147.329
<b>M1, M4 y M6_E3</b>	267.038	181.899
<b>M1, M4 y M7</b>	117.218	89.706
<b>M1, M4A y M6_E1</b>	206.836	135.895
<b>M1, M4A y M6_E2</b>	247.362	162.118
<b>M1, M4A y M6_E3</b>	299.161	194.948
<b>M1, M4A y M7</b>	163.129	107.277
<b>M1, M6_E1 y M7</b>	140.797	98.300
<b>M1, M6_E2 y M7</b>	187.809	127.366
<b>M1, M6_E3 y M7</b>	249.140	164.169
<b>M4, M4A y M6_E1</b>	239.715	157.834
<b>M4, M4A y M6_E2</b>	277.022	182.495
<b>M4, M4A y M6_E3</b>	324.238	213.220
<b>M4, M4A y M7</b>	199.843	131.199
<b>M4, M6_E1 y M7</b>	155.996	110.557
<b>M4, M6_E2 y M7</b>	201.822	138.943
<b>M4, M6_E3 y M7</b>	261.373	174.766
<b>M4A, M6_E1 y M7</b>	120.976	74.979
<b>M4A, M6_E2 y M7</b>	170.508	105.748
<b>M4A, M6_E3 y M7</b>	235.893	145.068

La mejor combinación (mayor beneficio social) bajo el escenario Optimista y Pesimista se obtiene al combinar la Medida M4 con la M4A y la M6\_E3, es decir, cuando se implementen simultáneamente, y de acuerdo a su tasa de penetración, las medidas de cumplir norma de emisión de artefactos residenciales a leña, con el recambio de cocinas a leña por cocinas a gas licuado, y la aislación térmica mejorada de la vivienda existente.

La opción que produce el menor beneficio social para el caso Optimista corresponde al conjunto de medidas M1, M4, y M7 (Regular calidad de leña para su empleo como combustible sólido, norma emisión de artefactos a leña, y norma de emisión de materia particulada para fuentes fijas). Para el caso Pesimista, el menor beneficio social se obtiene con las medidas M4A, M6\_E1, y M7.



**Figura 8.4 VAN esperado al implementar tres medidas simultáneamente, según escenario**

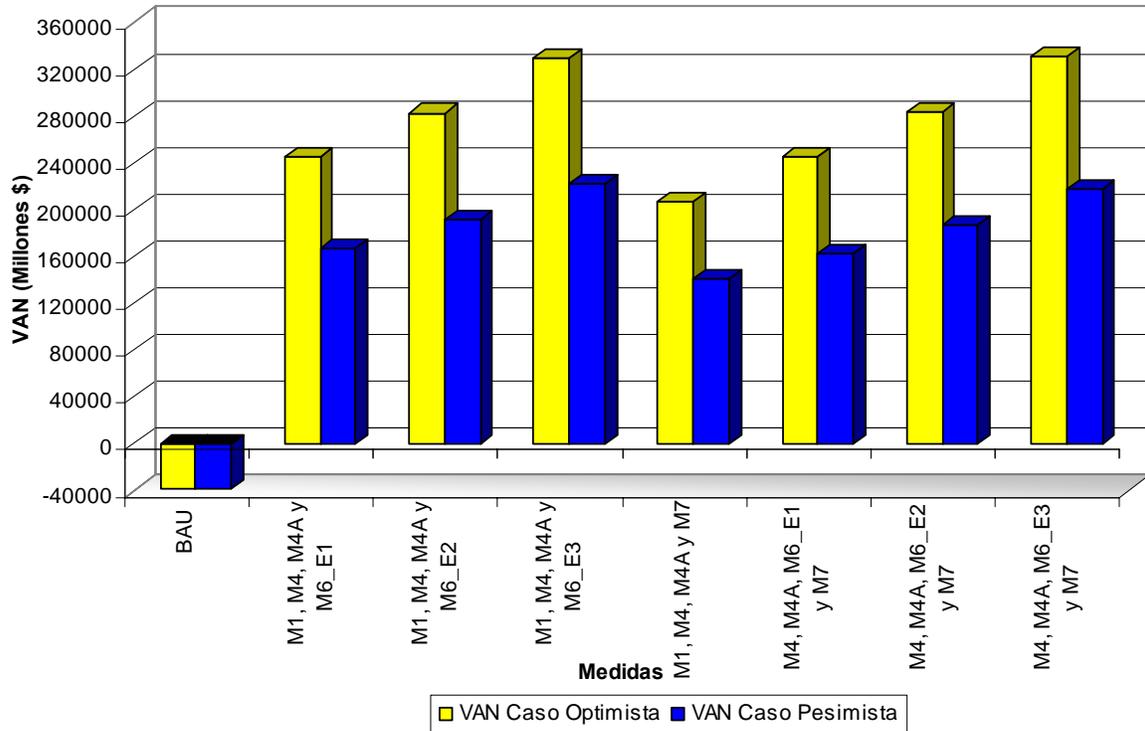
La Tabla VIII.9 y la Figura 8.5 muestran el Beneficio en millones de pesos, esperado al implementar cuatro Medidas simultáneamente, evaluadas bajo el escenario Optimista y Pesimista.

**Tabla VIII.9 VAN (Millones de \$), según escenario**

Conjunto de Cuatro Medidas	Escenario	
	Optimista	Pesimista
<b>BAU</b>	<b>-39.088</b>	<b>-39.088</b>
<b>M1, M4, M4A y M6_E1</b>	245.926	167.125
<b>M1, M4, M4A y M6_E2</b>	283.002	191.441
<b>M1, M4, M4A y M6_E3</b>	329.906	221.702
<b>M1, M4, M4A y M7</b>	206.380	140.979
<b>M4, M4A, M6_E1 y M7</b>	245.818	162.358
<b>M4, M4A, M6_E2 y M7</b>	283.514	187.252
<b>M4, M4A, M6_E3 y M7</b>	331.250	218.285

La mejor combinación (mayor beneficio social) bajo el escenario Optimista se obtiene al combinar la Medida M4, M4A, M6\_E3, y M7, es decir, cuando se implementen simultáneamente, y de acuerdo a su tasa de penetración, las medidas de cumplir norma de emisión de artefactos residenciales a leña, con el recambio de cocinas a leña por cocinas a gas licuado, la aislación térmica mejorada de la vivienda existente, y la norma de emisión de materia particulada de fuentes fijas.

Para el caso pesimista la mejor opción se logra al combinar las medidas M1, M4, M4A, M6\_E3.

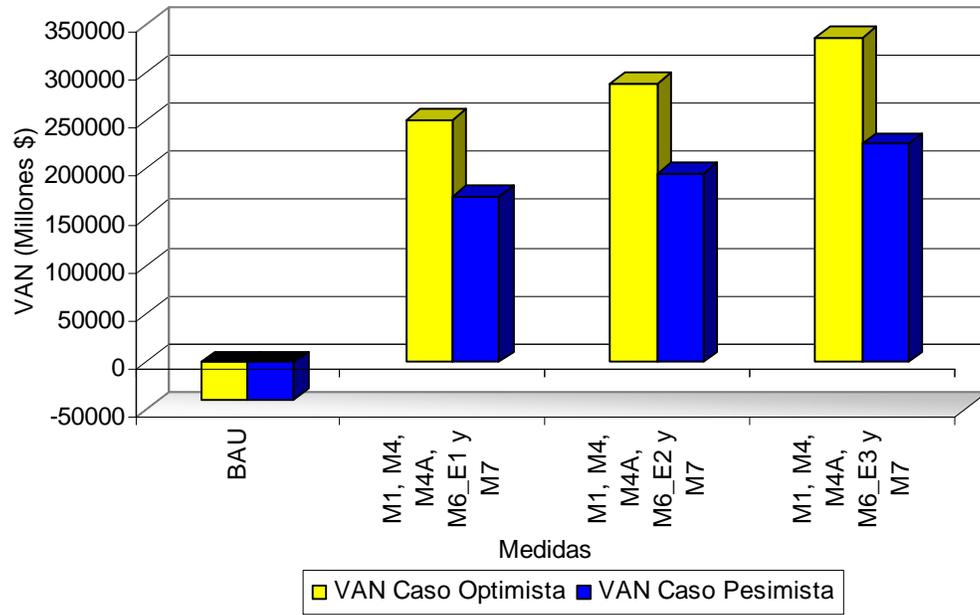


**Figura 8.5 VAN esperado al implementar cuatro medidas simultáneamente, según escenario**

La Tabla VIII.10 y la Figura 8.6 muestran el Beneficio en millones de pesos, esperado al implementar cinco Medidas simultáneamente, evaluadas bajo el escenario Optimista y Pesimista.

**Tabla VIII.10 VAN (Millones de \$), según escenario**

Conjunto de Cinco Medidas	Escenario	
	Optimista	Pesimista
<b>BAU</b>	<b>-39.088</b>	<b>-39.088</b>
<b>M1, M4, M4A, M6_E1 y M7</b>	252.086	171.729
<b>M1, M4, M4A, M6_E2 y M7</b>	289.551	196.279
<b>M1, M4, M4A, M6_E3 y M7</b>	336.975	226.845



**Figura 8.6 VAN esperado al implementar Cinco medidas simultáneamente, según escenario**



## 9.- PRIORIZACION DE LAS MEDIDAS

Al combinar el potencial de reducción de emisiones de cada Medida con los costos asociados, y los beneficios sociales, para aquellos conjuntos de Medidas que logran cumplir las metas de reducción de emisiones para salir de la categoría de saturación (ver Tablas VII.7 a VII.14), se obtiene un ranking que permite priorizar aquellas Medidas con mayor beneficio y aquellas más costo-efectivas, dependiendo del indicador escogido: Beneficio/Costo (B/C) ó Costos/ton reducida, respectivamente.

Las Tablas IX.1 y IX.2 muestran la jerarquización de las Medidas en relación al beneficio-costo (B/C) para el caso Optimista y Pesimista, respectivamente, considerando el año de inicio más temprano de cumplimiento de la meta de reducción de emisiones para salir de categoría de saturación de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. De ellas se observa que de acuerdo al escenario de implementación de las Medidas, se obtendrían ranking de combinaciones distintas. Es así como para el caso Optimista, la combinación de Medidas que produce la mejor relación Beneficio/Costo consiste en implementar simultáneamente las medidas M1, M4A, y M6\_E3, es decir, Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido, reemplazo de cocinas a leña por cocinas a gas licuado, y la norma de aislación térmica de la envolvente mejorada, lo que permitiría cumplir con la meta del Plan al cabo de 3 años, con una relación B/C de 4.76. Por otro lado, para el caso Pesimista la mejor combinación de Medidas (la de mayor relación Beneficio/Costo) se logra al implementar cuatro Medidas simultáneamente (M4, M4A, M6\_E3, y M7), con un B/C de 3.09, y se cumpliría la meta del Plan al cabo de 5 años.

Las Tablas IX.3 y IX.4, muestran la jerarquización de las Medidas en relación al Costo-Efectividad para el caso Optimista y Pesimista, respectivamente, considerando el año de inicio más temprano de cumplimiento de la meta de reducción de emisiones para salir de categoría de saturación de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. La relación Costo-Efectividad jerarquiza las combinaciones de Medidas de manera tal de encontrar aquellas combinaciones que reduzcan la mayor cantidad de emisiones al mínimo costo privado. De la Tabla IX.3 se observa que para el caso Optimista, la relación más costo-efectiva corresponde a la combinación de las Medidas M1, M4A, y M6\_E3, indicando que en 3 años se cumpliría la meta del Plan a un costo de 1.76 millones de pesos por tonelada de PM10 reducida. Este conjunto de medidas resultó ser la misma combinación con mayor relación Beneficio/Costo.

La Tabla IX.4 muestra la jerarquización costo-efectiva para el caso Pesimista, siendo el conjunto de Medidas M4, M4A, M6\_E3, y M7, con un costo de 2.38 millones de pesos por tonelada reducida de PM10 la mejor opción, en términos de que corresponde al conjunto de medidas que logra cumplir en el más breve plazo (5 años) la meta del Plan, al mínimo costo. Al comparar el ranking de medidas se observa que en gran medida, la jerarquización Costo-Efectividad sigue siendo la misma que la que se obtuvo con el indicador B/C.

Las Figuras 9.1 y 9.2, muestran gráficamente la distribución de los indicadores Costo-Efectividad y la relación Beneficio/Costo por medidas y por años en que se cumpliría la meta del Plan, para los casos Optimista y Pesimista, respectivamente. De ellas se observa que la mejor relación Costo-Efectividad y B/C, se lograría en 7 años para el caso Optimista y 8 años para el caso Pesimista.



**Tabla IX.1 Jerarquización de Medidas de acuerdo a relación Beneficio-Costo  
Caso Optimista**

Medidas	Nº años que inicia Cumplimiento PDA	Ton PM10 Reducida	Costo Privado VAN Mill \$	Beneficios VAN Mill \$	Mill\$/Ton Reducida	B/C
M1, M4A y M6_E3	3	35702	62906	299161	1.76	4.76
M4, M4A, M6_E2 y M7	3	34039	76501	283514	2.25	3.71
M4, M4A, M6_E3 y M7	3	38251	89943	331250	2.35	3.68
M4, M4A y M6_E2	3	33491	75785	277022	2.26	3.66
M4, M4A y M6_E3	3	37703	89227	324238	2.37	3.63
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	3	30845	71915	252086	2.33	3.51
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	3	38600	97520	336975	2.53	3.46
M1, M4, M4A y M6_E1	3	30297	71199	245926	2.35	3.45
M1, M4, M4A y M6_E3	3	38052	96804	329906	2.54	3.41
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	3	34424	86177	289551	2.50	3.36
M1, M4, M4A y M6_E2	3	33876	85461	283002	2.52	3.31
M1, M4 y M6_E3	3	33135	81254	267038	2.45	3.29
M4A y M6_E3	4	36938	55329	317707	1.50	5.74
M1, M4A y M6_E1	4	26662	37302	206836	1.40	5.54
M1, M6_E3 y M7	4	31643	48073	249140	1.52	5.18
M1 y M6_E3	4	31095	47357	242977	1.52	5.13
M1, M4A y M6_E2	4	30835	51563	247362	1.67	4.80
M4A, M6_E3 y M7	4	30001	56045	235893	1.87	4.21
M4, M4A, M6_E1 y M7	4	30430	60381	245818	1.98	4.07
M4, M4A y M6_E1	4	29882	59665	239715	2.00	4.02
M4, M4A y M7	4	25582	50163	199843	1.96	3.98
M4 y M4A	4	25034	49447	194185	1.98	3.93
M4, M6_E3 y M7	4	32719	74393	261373	2.27	3.51
M4 y M6_E3	4	32171	73677	255092	2.29	3.46
M1, M4, M4A y M7	4	26035	61758	206380	2.37	3.34
M1, M4 y M4A	4	25487	61042	200665	2.40	3.29
M1, M4 y M6_E2	4	27440	69911	209706	2.55	3.00
M1, M4A y M7	5	21599	27860	163129	1.29	5.86
M4A y M6_E2	5	29764	41888	243475	1.41	5.81
M1, M6_E2 y M7	5	25339	36730	187809	1.45	5.11
M1 y M6_E2	5	24791	36014	182252	1.45	5.06
M4A, M6_E2 y M7	5	22827	42603	170508	1.87	4.00
M4, M6_E1 y M7	5	21643	44832	155996	2.07	3.48
M4, M6_E2 y M7	5	26754	60951	201822	2.28	3.31
M4 y M6_E2	5	26206	60236	196140	2.30	3.26
M1, M4 y M6_E1	5	22558	85211	165377	3.78	1.94
M6_E3 y M7	6	25926	40496	190827	1.56	4.71
M6_E3	6	25378	39780	185239	1.57	4.66
M4 y M6_E1	6	21095	44116	150736	2.09	3.42
M1, M6_E1 y M7	7	19934	22468	140797	1.13	6.27



**Tabla IX.2 Jerarquización de Medidas de acuerdo a relación Beneficio-Costo  
Caso Pesimista**

Medidas	Nº años que inicia Cumplimiento PDA	Ton PM10 Reducida	Costo Privado VAN Mill \$	Beneficios VAN Mill \$	Mill\$/Ton Reducida	B/C
M4, M4A, M6_E3 y M7	5	29724	70614	218285	2.38	3.09
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	5	30422	76532	226845	2.52	2.96
M1, M4, M4A y M6_E3	5	29936	75915	221702	2.54	2.92
M1, M4A y M6_E3	6	27382	49104	194948	1.79	3.97
M4, M4A, M6_E2 y M7	6	26475	59597	187252	2.25	3.14
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	6	24532	55061	171729	2.24	3.12
M4, M4A y M6_E2	6	25989	58980	182495	2.27	3.09
M1, M4, M4A y M6_E1	6	24046	54444	167125	2.26	3.07
M4, M4A y M6_E3	6	29238	69997	213220	2.39	3.05
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	6	27248	66868	196279	2.45	2.94
M1, M4, M4A y M6_E2	6	26762	66251	191441	2.48	2.89
M1, M4 y M6_E3	6	25927	64646	181899	2.49	2.81
M1, M6_E3 y M7	7	24118	38452	164169	1.59	4.27
M1 y M6_E3	7	23632	37835	159626	1.60	4.22
M1, M4A y M6_E2	7	23718	39440	162118	1.66	4.11
M4, M4A, M6_E1 y M7	7	23696	46592	162358	1.97	3.48
M4, M4A y M6_E1	7	23210	45975	157834	1.98	3.43
M1, M4, M4A y M7	7	20859	47206	140979	2.26	2.99
M4, M6_E3 y M7	7	25253	59345	174766	2.35	2.94
M1, M4 y M4A	7	20373	46589	136652	2.29	2.93
M4 y M6_E3	7	24767	58728	170127	2.37	2.90
M1, M4 y M6_E2	7	21887	54982	147329	2.51	2.68
M1, M4A y M6_E1	8	20578	27633	135895	1.34	4.92
M1, M6_E2 y M7	8	19634	28788	127366	1.47	4.42
M1 y M6_E2	8	19148	28171	123155	1.47	4.37
M4, M4A y M7	8	19941	38697	131199	1.94	3.39
M4 y M4A	8	19455	38080	126953	1.96	3.33
M4A, M6_E3 y M7	8	21646	43803	145068	2.02	3.31
M4A y M6_E3	8	21160	43186	140720	2.04	3.26
M4, M6_E2 y M7	8	21013	48328	138943	2.30	2.88
M4 y M6_E2	8	20527	47711	134634	2.32	2.82
M1, M4 y M6_E1	8	18424	43175	119866	2.34	2.78
M4, M6_E1 y M7	10	17376	35323	110557	2.03	3.13
M6_E3 y M7	11	18312	32534	116730	1.78	3.59
M6_E3	11	17826	31917	112620	1.79	3.53
M4 y M6_E1	11	16890	34705	106491	2.05	3.07



**Tabla IX.3 Jerarquización de Medidas de acuerdo a relación Costo-Efectividad  
Caso Optimista**

Medidas	Nº años que inicia Cumplimiento PDA	Ton PM10 Reducida	Costo Privado VAN Mill \$	Beneficios VAN Mill \$	Mill\$/Ton Reducida	B/C
M1, M4A y M6_E3	3	35702	62906	299161	1.76	4.76
M4, M4A, M6_E2 y M7	3	34039	76501	283514	2.25	3.71
M4, M4A y M6_E2	3	33491	75785	277022	2.26	3.66
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	3	30845	71915	252086	2.33	3.51
M1, M4, M4A y M6_E1	3	30297	71199	245926	2.35	3.45
M4, M4A, M6_E3 y M7	3	38251	89943	331250	2.35	3.68
M4, M4A y M6_E3	3	37703	89227	324238	2.37	3.63
M1, M4 y M6_E3	3	33135	81254	267038	2.45	3.29
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	3	34424	86177	289551	2.50	3.36
M1, M4, M4A y M6_E2	3	33876	85461	283002	2.52	3.31
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	3	38600	97520	336975	2.53	3.46
M1, M4, M4A y M6_E3	3	38052	96804	329906	2.54	3.41
M1, M4A y M6_E1	4	26662	37302	206836	1.40	5.54
M4A y M6_E3	4	36938	55329	317707	1.50	5.74
M1, M6_E3 y M7	4	31643	48073	249140	1.52	5.18
M1 y M6_E3	4	31095	47357	242977	1.52	5.13
M1, M4A y M6_E2	4	30835	51563	247362	1.67	4.80
M4A, M6_E3 y M7	4	30001	56045	235893	1.87	4.21
M4, M4A y M7	4	25582	50163	199843	1.96	3.98
M4 y M4A	4	25034	49447	194185	1.98	3.93
M4, M4A, M6_E1 y M7	4	30430	60381	245818	1.98	4.07
M4, M4A y M6_E1	4	29882	59665	239715	2.00	4.02
M4, M6_E3 y M7	4	32719	74393	261373	2.27	3.51
M4 y M6_E3	4	32171	73677	255092	2.29	3.46
M1, M4, M4A y M7	4	26035	61758	206380	2.37	3.34
M1, M4 y M4A	4	25487	61042	200665	2.40	3.29
M1, M4 y M6_E2	4	27440	69911	209706	2.55	3.00
M1, M4A y M7	5	21599	27860	163129	1.29	5.86
M4A y M6_E2	5	29764	41888	243475	1.41	5.81
M1, M6_E2 y M7	5	25339	36730	187809	1.45	5.11
M1 y M6_E2	5	24791	36014	182252	1.45	5.06
M4A, M6_E2 y M7	5	22827	42603	170508	1.87	4.00
M4, M6_E1 y M7	5	21643	44832	155996	2.07	3.48
M4, M6_E2 y M7	5	26754	60951	201822	2.28	3.31
M4 y M6_E2	5	26206	60236	196140	2.30	3.26
M1, M4 y M6_E1	5	22558	85211	165377	3.78	1.94
M6_E3 y M7	6	25926	40496	190827	1.56	4.71
M6_E3	6	25378	39780	185239	1.57	4.66
M4 y M6_E1	6	21095	44116	150736	2.09	3.42
M1, M6_E1 y M7	7	19934	22468	140797	1.13	6.27



**Tabla IX.4 Jerarquización de Medidas de acuerdo a relación Costo-Efectividad  
Caso Pesimista**

Medidas	Nº años que inicia Cumplimiento PDA	Ton PM10 Reducida	Costo Privado VAN Mill \$	Beneficios VAN Mill \$	Mill\$/Ton Reducida	B/C
M4, M4A, M6_E3 y M7	5	29724	70614	218285	2.38	3.09
M1, M4, M4A, M6_E3 y M7	5	30422	76532	226845	2.52	2.96
M1, M4, M4A y M6_E3	5	29936	75915	221702	2.54	2.92
M1, M4A y M6_E3	6	27382	49104	194948	1.79	3.97
M1, M4, M4A, M6_E1 y M7	6	24532	55061	171729	2.24	3.12
M4, M4A, M6_E2 y M7	6	26475	59597	187252	2.25	3.14
M1, M4, M4A y M6_E1	6	24046	54444	167125	2.26	3.07
M4, M4A y M6_E2	6	25989	58980	182495	2.27	3.09
M4, M4A y M6_E3	6	29238	69997	213220	2.39	3.05
M1, M4, M4A, M6_E2 y M7	6	27248	66868	196279	2.45	2.94
M1, M4, M4A y M6_E2	6	26762	66251	191441	2.48	2.89
M1, M4 y M6_E3	6	25927	64646	181899	2.49	2.81
M1, M6_E3 y M7	7	24118	38452	164169	1.59	4.27
M1 y M6_E3	7	23632	37835	159626	1.60	4.22
M1, M4A y M6_E2	7	23718	39440	162118	1.66	4.11
M4, M4A, M6_E1 y M7	7	23696	46592	162358	1.97	3.48
M4, M4A y M6_E1	7	23210	45975	157834	1.98	3.43
M1, M4, M4A y M7	7	20859	47206	140979	2.26	2.99
M1, M4 y M4A	7	20373	46589	136652	2.29	2.93
M4, M6_E3 y M7	7	25253	59345	174766	2.35	2.94
M4 y M6_E3	7	24767	58728	170127	2.37	2.90
M1, M4 y M6_E2	7	21887	54982	147329	2.51	2.68
M1, M4A y M6_E1	8	20578	27633	135895	1.34	4.92
M1, M6_E2 y M7	8	19634	28788	127366	1.47	4.42
M1 y M6_E2	8	19148	28171	123155	1.47	4.37
M4, M4A y M7	8	19941	38697	131199	1.94	3.39
M4 y M4A	8	19455	38080	126953	1.96	3.33
M4A, M6_E3 y M7	8	21646	43803	145068	2.02	3.31
M4A y M6_E3	8	21160	43186	140720	2.04	3.26
M4, M6_E2 y M7	8	21013	48328	138943	2.30	2.88
M4 y M6_E2	8	20527	47711	134634	2.32	2.82
M1, M4 y M6_E1	8	18424	43175	119866	2.34	2.78
M4, M6_E1 y M7	10	17376	35323	110557	2.03	3.13
M6_E3 y M7	11	18312	32534	116730	1.78	3.59
M6_E3	11	17826	31917	112620	1.79	3.53
M4 y M6_E1	11	16890	34705	106491	2.05	3.07

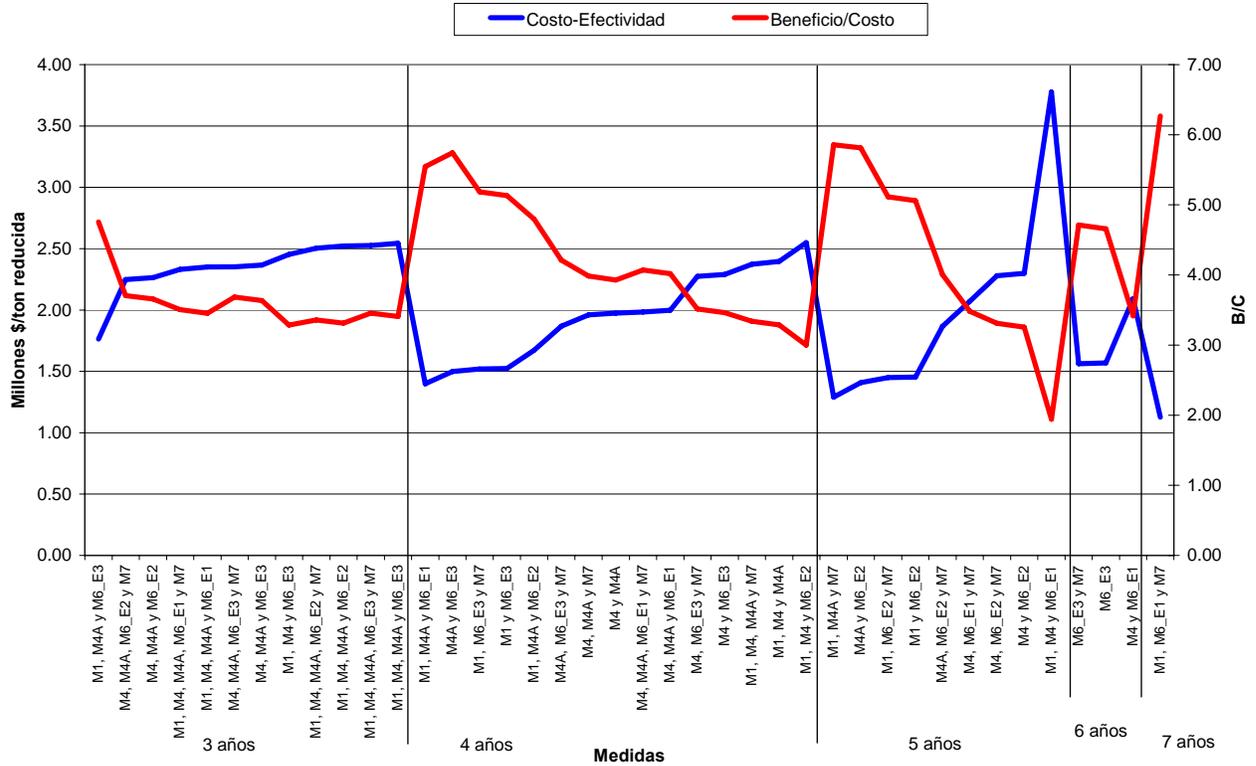


Figura 9.1 Jerarquización Caso Optimista

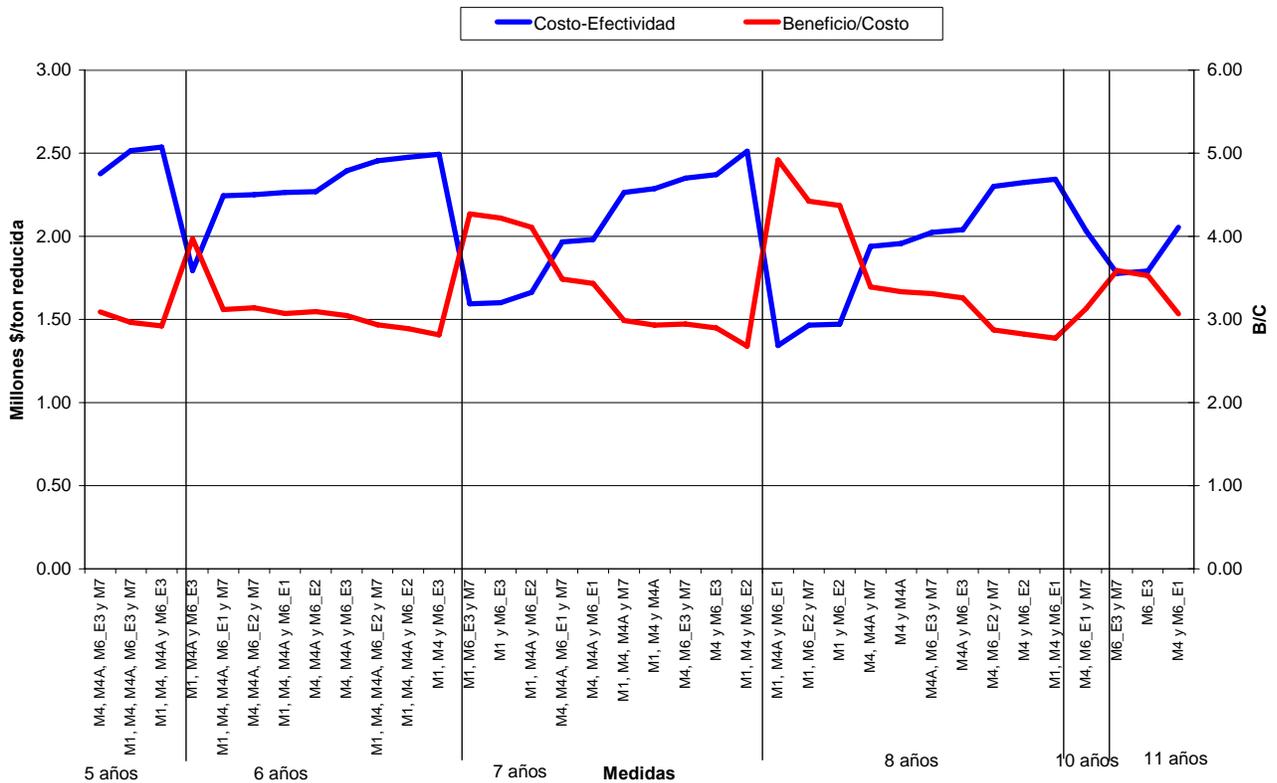


Figura 9.2 Jerarquización Caso Pesimista



## **10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **10.1 CONCLUSIONES GENERALES**

Dado que las comunas de Temuco y Padre Las Casas han sido declaradas zona saturada por PM10 en 24 horas (DS N° 35/2005), el comité operativo y la comunidad a través de mesas de trabajo, han propuesto una serie de medidas para reducir las emisiones de material particulado, posibles de implementar en el futuro Plan de Descontaminación Atmosférico para dichas comunas.

Este estudio consistió en el análisis de ese conjunto de medidas propuestas y la formulación de otras, destinadas a reducir las emisiones de PM10 que permitan cumplir con la norma de calidad del aire para este contaminante en las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Las medidas propuestas fueron 37, de las cuales sólo 24 de ellas son medidas propiamente tal, y las otras son instrumentos económicos y/o programas complementarios que ayudan a acelerar o hacer posible la implementación de una medida que tenga potencial de reducción de emisiones.

Las medidas a evaluar se agrupan en cuatro categorías: Residenciales, Industriales, Móviles, y Quemadas.

La evaluación de las medidas se realizó considerando un cronograma de aplicación dependiendo de la factibilidad técnica, legal, y económica de cada una de ellas, bajo dos escenarios: Optimista y Pesimista. Aún cuando en general las Medidas indican prohibición de uso o cumplimiento de normas, se debe considerar un gradualismo en su implementación, producto de ajustes en el mercado, difusión de las medidas, inercias, costos, entre otros aspectos.

El Escenario Optimista, 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.

El Escenario Pesimista asume que existirán dificultades para la puesta en marcha de una medida, lo cual se manifiesta en que la fecha de inicio es más tardía de lo esperado, y que la fecha de término se prolonga más allá de lo esperado.

La evaluación jurídica de cada medida incluyó un análisis de la o las instituciones responsables tanto de su puesta en marcha, ejecución y fiscalización, proponiendo institucionalidad en el caso de que esta no esté establecida.

La evaluación de los costos implicó un análisis de los costos públicos y privados de su aplicación, así como de los instrumentos económicos que hacen factible o aceleran las medidas evaluadas.

Del análisis de las medidas, se obtuvo que algunas de ellas poseen mayor factibilidad de ser implementadas considerando sus altos potenciales de reducción de emisiones, además sus costos son cuantificables, y los aspectos legales indican un camino para su implementación y fiscalización. Estas Medidas fueron evaluadas en detalle considerando aún la aplicación en forma conjunta, determinado los sinergismos en relación a la reducción de emisiones y costos de implementación y puesta en marcha.



Las medidas con potencial de reducción fueron evaluadas y priorizadas desde un punto de vista de reducción de emisiones, jurídico, institucionalidad, y de costo público y privado. La jerarquización permitió ordenar las medidas de manera que la autoridad cuente con los antecedentes para la toma de decisiones respecto de opciones de regulación.

Este estudio, que forma parte de los antecedentes científicos requeridos por el DS N° 94/95, generó información relevante para el AGIES y la formulación del Anteproyecto del Plan de Descontaminación de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.

#### o **Estimación del potencial de reducción de emisiones**

La estimación del potencial de reducción de emisiones de PM10 se realizó para los años 2007 a 2021 (15 años), sólo considerando el crecimiento de las emisiones debidas al sector Residencial [1], que es el que más aporta a la emisión de PM10 en Temuco y Padre Las Casas. Esto debido a que no se dispone de información para proyectar las emisiones de los otros sectores, sin embargo, y dado que el sector residencial es el que aporta el 87% de las emisiones de PM10, la omisión de los otros sectores es menor.

Cabe notar que la estimación de la reducción de emisiones se basó en factores de emisión, los cuales se reconoce poseen un grado de incertidumbre. No obstante lo anterior, los factores aplicados en este estudio corresponden a los utilizados en el estudio de modelación de la relación emisión-concentración [3], la que demostró un buen ajuste entre las concentraciones de PM10 observadas en las estaciones Las Encinas y Padre Las Casas, con las predichas por la modelación.

La Medida M4 (norma de emisión) afecta a todos los artefactos de combustión a leña para calefacción (chimeneas, salamandras, estufas simples, y estufas doble cámara). Dado que aún no está oficialmente definido el valor de la norma para Chile, se asumió el estándar de la USEPA de 7.5 g PM/hr (7.5 g PM/Kg leña al considerar una tasa de quemado de 1 Kg de leña por hora), y el estándar propuesto para Chile por el Dr. Thomas Nussbaumer de 0.72 g PM/Kg de leña. Dado que un valor de norma de emisión de equipos de calefacción residencial normalmente se cumple en condiciones ideales u óptimas de operación, se ha optado por evaluar la Medida M4 considerando el valor de 7.5 g PM10/Kg de leña como valor que se alcanzaría en la práctica al establecerse la norma de 0.72 g PM10/Kg de leña [15].

#### o **De las medidas voluntarias**

Dado que el problema del PM10 en Temuco y Padre Las Casas es por la métrica de 24 horas, y en períodos de otoño-invierno, se propusieron medidas que se apliquen en períodos episódicos para lograr el objetivo de evitar exposiciones de MP que pongan en riesgo la salud de la población de las comunas.

Del análisis de los períodos episódicos en Temuco y Padre Las Casas, se encontró que la frecuencia de eventos anuales sobre 150, 195, 240, y 330  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (límites definidos en el DS N° 59/98 para el valor de la norma, de alerta, preemergencia, y emergencia respectivamente) durante los años 2001 al 2004 registrados en la estación Las Encinas de Temuco (LET) y desde el año 2003 al 2004 en la estación Padre Las Casas (PLC), resultaron ser escasos, con un máximo de 4 eventos de alerta, 1 pre-emergencia, y ninguna emergencia. Sin embargo, hay a lo más 15 días en un año en que las concentraciones de PM10 exceden el valor de los 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .



Dado que por aspectos legales sólo se pueden tomar medidas de emergencia cuando se alcancen los valores establecidos en el DS N° 59/98, y considerando que estos ocurren muy ocasionalmente, se propusieron medidas destinadas a restringir el funcionamiento de equipos de calefacción y cocina, en forma voluntaria cuando un modelo de pronóstico indique con al menos 24 horas de antelación, o por el alza de las concentraciones registradas en los equipos de monitoreo de PM10, que los niveles superan los 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

Aún cuando el Comité Operativo propuso medidas para restringir las fuentes industriales, móviles, y aún las quemas agrícolas en episodios de contaminación, su aporte a la reducción de emisiones es despreciable.

#### o **De la factibilidad de llevar a cabo las medidas**

Se reconoce de este estudio y de la participación de los talleres ciudadanos, que el éxito de aplicación de las medidas que reduzcan emisiones de materia particulada, depende fuertemente de la aceptación de ellas por parte de la población. Para esto se hace necesario llevar a cabo programas destinados a educar y sensibilizar a la población, demostrando claramente cuales son las ventajas de acatar las medidas que se propondrán en el Plan de Descontaminación.

La campaña de educación y sensibilización de la comunidad debe incluir la preparación de panfletos, posters, diarios, revistas, radio, y televisión. El desafío de la campaña será el cambiar la actitud de la población frente al problema de la contaminación en Temuco y Padre Las Casas.

Del Taller de participación ciudadana se encontró que la población no estaría dispuesta a restringir el uso de sus sistemas de calefacción a leña en días de alta contaminación por PM10, pero si estarían más propensos a detener su cocina a leña y usar su cocina a gas. Esto es un elemento a considerar en las campañas de educación y sensibilización ciudadana, dado que la habilidad para cambiar comportamientos depende de hasta donde el comportamiento deseado es consistente con los valores de las personas cuyo cambio se desea, es así como el énfasis debería estar en reasaltar las bondades de un aire limpio, tales como mejor salud, hacer lo correcto, ahorro de energía, etc. Lo importante es entender que un cambio de actitud no se logra en el corto plazo, y estas campañas deberían pensarse en el largo plazo.

La experiencia extranjera muestra que la educación por si sola no ha sido efectiva en reducir emisiones de calefacción residencial, sin embargo, cuando la educación se usa como parte de un conjunto de medidas de gestión que incluyen las regulaciones, es más probable que sea efectiva.

La educación sobre la correcta operación y mantención de los equipos de combustión residencial a leña es otro elemento a considerar en relación a cambios de actitud de la población. Se reconoce que el encendido y la recarga de leña al equipo son elementos claves que influyen las emisiones, sin embargo, aún factores como la ubicación y tamaño de los trozos de leña pueden impactar la cantidad de PM10 que se emita.

Finamente, las campañas de educación deberían además enfocar sus esfuerzos para promover la eficiencia energética y tal vez el recambio tecnológico que incluya el cambio a combustibles líquidos o gaseosos.



## ° **Del Potencial de reducción de emisiones de las Medidas**

Del estudio se concluye que sólo la Medida M6\_E3, es decir, la de aislación térmica mejorada de la envolvente de las viviendas existentes, logra cumplir la reducción requerida para salir de la categoría de saturación de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, lo cual se alcanzaría al cabo de seis años bajo el escenario Optimista y de once años en el caso Pesimista.

Al evaluar las 57 combinaciones de Medidas factibles entre las Medidas M1, M4, M4A, M6\_E1, M6\_E2, M6\_E3, y M7, se encontró que sólo 40 de estas posibles combinaciones permiten cumplir la meta de reducción de emisiones en el escenario Optimista y 36 en el escenario Pesimista. Los tiempos de inicio de cumplimiento de la meta de calidad del aire varían de acuerdo a las distintas combinaciones de medidas y escenario considerado, siendo el inicio más temprano para el caso Optimista al cabo de 3 años de iniciado el Plan, en que 12 combinaciones de Medidas logran cumplir este objetivo, y para el caso Pesimista el tiempo de cumplimiento más temprano sería de 5 años, en que 3 combinaciones de Medidas logran el objetivo. El tiempo de inicio más tardío es de 7 años desde el comienzo del Plan para el caso Optimista y 11 para el Pesimista.

## ° **De la factibilidad legal de implementar y fiscalizar las medidas**

Se afirma en este estudio que el escenario legal óptimo, consiste en contar con normas legales que determinen las autoridades competentes, tanto en lo que dice relación con la regulación de la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido como en aquello que se vincula con el control y fiscalización de la medida referida a la adecuación a los requerimientos técnicos de las Normas Chilenas Oficiales N° 2907 y N° 2965. Debe existir la debida coordinación de las diversas autoridades con competencias sectoriales, SERNAC, Autoridad Sanitaria Regional, Municipios, CONAF, SEREMI de Transportes, Servicio de Impuestos Internos, y CONAMA.

También se optó por proponer regulaciones consistentes en el establecimiento de normas de emisión, tanto para fuentes residenciales como fuentes fijas, sustentadas en la Ley 19300 y en el D.S. N° 93/95 del MINSEGPRES, precisándose que CONAMA fije el nivel de control o abatimiento de emisiones al que se quiere llegar. Para los efectos de determinar cómo podría implementarse y fiscalizarse esta medida, se propone considerar la experiencia de la Región Metropolitana en la materia, correspondiéndole a la Autoridad Sanitaria dicha función.

Asimismo, se estima que la prohibición de uso de chimeneas de hogar abierto a leña, tiene la flexibilidad necesaria en cuanto puede establecerse de manera permanente o sólo para episodios críticos de contaminación atmosférica, correspondiéndole su fiscalización a la SEREMI de Salud de la Región de la Araucanía, a CONAMA la coordinación y a las Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas colaborar con la función de fiscalización.

Las medidas vinculadas con el aislamiento térmico para la vivienda nueva y el mejoramiento térmico de la Vivienda existente por medio de la aplicación de Subsidio SERVIU, aun cuando tienen aplicación de manera independiente a la existencia de un Plan de Descontaminación, tienen su sustento en la necesidad que los órganos de la Administración cumplan sus cometidos coordinadamente y propendiendo a la unidad de acción, evitando la duplicación e interferencia de funciones, aportando al cumplimiento de los objetivos perseguidos por el Plan de Descontaminación.



## o **De la Priorización de las Medidas**

Se utilizaron dos indicadores para priorizar el conjunto de medidas que permiten cumplir con la meta del Plan. Estos indicadores fueron la relación Beneficio/Costo (B/C), y el Costo-Efectividad (millones de pesos por tonelada de PM10 reducida).

El indicador B/C, muestra que los beneficios sociales estimados son mayores que los costos privados para todas las combinaciones de medidas, indicando de esta manera que es rentable, llevar a cabo las medidas para reducir la emisión de PM10 y mejorar de esta manera la salud de la población de Temuco y Padre Las Casas.

Para el caso Optimista, la combinación de Medidas que produce la mejor relación Beneficio/Costo consiste en implementar simultáneamente las medidas M1, M4A, y M6\_E3, es decir, Regular la calidad de la leña para su empleo como combustible sólido, reemplazo de cocinas a leña por cocinas a gas licuado, y la norma de aislación térmica envolvente mejorada, lo que permitiría cumplir con la meta del Plan al cabo de 3 años (mínimo tiempo), con una relación B/C de 4.76.

Para el caso Pesimista la mejor combinación de Medidas (la de mayor relación Beneficio/Costo y cumpliendo la meta del plan al mínimo tiempo – 5 años) se logra al implementar cuatro Medidas simultáneamente (M4, M4A, M6\_E3, y M7), con un B/C de 3.09.

Para el caso Optimista, la relación más costo-efectiva corresponde a la combinación de las Medidas M1, M4A, y M6\_E3, indicando que en 3 años se cumpliría la meta del Plan a un costo de 1.76 millones de pesos por tonelada de PM10 reducida. Este conjunto de medidas resultó ser la misma combinación con mayor relación Beneficio/Costo.

Para el caso Pesimista, el conjunto de Medidas M4, M4A, M6\_E3, y M7, con un costo de 2.38 millones de pesos por tonelada reducida de PM10 es la mejor opción, en términos de que corresponde al conjunto de medidas que logra cumplir en el más breve plazo la meta del Plan, al mínimo costo.

Sin importar el mínimo plazo de cumplimiento del Plan, la mejor relación Costo-Efectividad y B/C, se lograría en 7 años para el caso Optimista (1.13 Millones \$/ton reducida y 6.27 B/C), y 8 años para el caso Pesimista (1.34 Millones \$/ton reducida y 4.92 B/C).



## 10.2 RECOMENDACIONES

Aún cuando la fuente principal de emisiones de materia particulada en Temuco y Padre Las Casas es la combustión de leña para calefacción y cocina del sector residencial [3], sería recomendable realizar estudios específicos para determinar el crecimiento de las emisiones de MP provenientes del sector industrial, comercial, y transporte.

Es así como se sugiere realizar al menos cuatro estudios específicos y un programa de educación a la población.

- 1.- Determinar factores emisivos de los equipos de calefacción residencial en operaciones reales para los hogares de las comunas de Temuco y Padre Las Casas.
- 2.- Estudiar la factibilidad técnico-económica de implementar la calefacción distrital.
- 3.- Estudio de las emisiones y capacidad de absorción de MP por tipo de vegetación.
- 4.- Estimar en detalle las emisiones vehiculares y proyección de emisiones en Temuco y Padre Las Casas, que involucre el flujo vehicular interurbano e interregional.

Respecto a la calefacción distrital, si bien se reconoce que esta medida tiene un potencial de reducción apreciable (reemplazo de varios calefactores por uno de alto estándar tecnológico), se sugiere que esta medida provenga del sector privado, dado que es una alternativa de negocio que además posee una reducción de emisiones.

En relación a los factores de emisión, tal como se explicó en el estudio, existe una falta de conocimiento que se traduce en incertidumbre la cual se incrementa en el caso de equipos viejos de chimeneas, salamandras, estufas, y cocinas. Las mediciones en sistemas de calefacción residencial no es una práctica habitual, y se requiere una gran cantidad de mediciones para obtener datos confiables que aseguren políticas medioambientales que logren reducir el problema. Se espera que con la dictación de la norma nacional de emisión de equipos de combustión residenciales a leña, se avance en la dirección correcta que involucre además los métodos para medir emisiones y el procedimiento de certificación de equipos. En esta dirección podrían generarse a nivel nacional, fondos para incentivar el desarrollo de nuevos equipos más limpios y eficientes. Al respecto existe experiencia en otros países en que se ha logrado un apoyo entre el gobierno y la industria para investigar opciones más eficientes. Para el caso chileno, los proyectos Innova de CORFO están en la dirección correcta.

En relación a los planes de arborización y emisiones biogénicas, se sabe que la vegetación en general, y los árboles en particular, generan y remueven materia particulada y gases de la atmósfera. Es ampliamente reconocida la generación de polen y la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs) a través de su proceso de desarrollo de las plantas, entre los cuales los isoprenos y monoterpenos son los principales. Dado que las ciudades de Temuco y Padre Las Casas no poseen problemas de ozono (siendo los COVs una familia de los gases precursores), se estima que un programa de arborización podría tener más ventajas que problemas en la calidad del aire de las comunas. Para esto se debería realizar un estudio específico tendiente a evaluar distintas especies y su grado de remoción de MP.



Respecto a las emisiones vehiculares, y de acuerdo a la experiencia del equipo consultor en el desarrollo de inventarios de contaminantes a la atmósfera, se considera que la emisiones del sector transporte en Temuco están subestimadas (1.4% del total), y esto podría llevar a regulaciones sesgadas al no considerar el aporte real de este sector. Los inventarios de emisiones vehiculares se basan en conteos de flujos en ciertas arterias de la ciudad, en factores de emisión, y en modelos de demanda de transporte que entregan los kilómetros recorridos por los vehículos. Actualmente el modelo de emisiones utilizado para Temuco es el MODEM2 (22) el cual considera una red vial muy gruesa y ha entregado resultados que indican que las emisiones de este sector van en decrecimiento. Es por esto que se propone, como un estudio específico a mediano plazo, el realizar un inventario detallado, que involucre además mediciones vehiculares en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, y utilizar además del modelo MODEM2 otros modelos a fin de comparar sus resultados. A modo de ejemplo, un estudio de Tesis de Ingeniería Ambiental en la USACH (21), utilizando el modelo MOBILE6.2 de la USEPA, entregó como resultados una estimación del doble de PM10 (45.9 ton/año usando MODEM2 versus 96.3 ton/año usando MOBILE6.2).

Atendiendo a que la leña seguirá usándose en las comunas declaradas saturadas por PM10, el programa de educación y sensibilización a la población debería involucrar aspectos de buenas prácticas en el uso de equipos de combustión de leña. Se reconoce que los programas que cambian hábitos toman un tiempo considerable, por tanto este programa se debería dar prioridad y comenzar prontamente. Adicionalmente el programa de educación debería incluir la sensibilización a la población de los daños para su salud asociados a un mal manejo y operación de los equipos de combustión a leña.

Finalmente, aún cuando los sistemas de calefacción de los edificios públicos aportan sólo un 0.6% a las emisiones de materia particulada, sería recomendable que los servicios públicos cuyas calderas utilizan leña, se comprometieran a reducir sus emisiones a través de un cambio de combustible o de sistema de calefacción, lo cual sería una señal positiva hacia la comunidad, mostrando además con su ejemplo el compromiso a solucionar el problema de saturación por PM10 en las comunas de Temuco y Padre Las Casas.



## 11.- REFERENCIAS

- 1) CONAMA 2004. Antecedentes para la declaración de las comunas de Temuco y Padre Las Casas como zona saturada por material particulado respirable MP10.
- 2) CENMA – CONAMA 2001. Inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera y resultados de encuesta realizada en Temuco y Padre Las Casas sobre uso residencial de leña.
- 3) Asesorías Ing. Ambiental PASH – CONAMA. 2005. Identificación de una relación entre las emisiones de fuente de material particulado y las concentraciones de material particulado respirable en las comunas de Temuco y Padre Las Casas
- 4) CNE – CONAMA 2002. Informe Final Estudio: Análisis de subsidio al gas natural de red en el sector residencial de ciudades con problemas ambientales.
- 5) Universidad de Concepción- CONAMA. Informe Final Estudio “Priorización de medidas de reducción de emisiones por uso de leña para la gestión de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas”.
- 6) CONAMA 2005. Documento de trabajo interno sobre metas de reducción de emisiones.
- 7) CONAMA 2005. Documento interno de trabajo sobre sistematización de las propuestas de medidas realizadas por la ciudadanía y de las mesas de trabajo.
- 8) Asesorías en Ing. Ambiental PASH – CONAMA. 2004. Estudio Diseño de Escenarios para apoyar la Gestión de Aire en Temuco y Padre Las Casas.
- 9) Universidad de Chile – CONAMA 1997. Metodologías para el estudio de los efectos económicos y sociales de planes y normas ambientales. análisis de costos y beneficios.
- 10) CONAMA, Análisis General del Impacto Económico y Social Anteproyecto de Norma para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales, Unidad de Economía Ambiental.
- 11) Universidad de Chile – CNE 2006. Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile
- 12) Portal Chilecompra. 2006.
- 13) Sanhueza P., Vargas R., Mellado P. - Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria en Temuco. Revista Médica de Chile. 2006. En prensa.
- 14) CONAMA 2002. Meta de reducción de emisiones.
- 15) CONAMA 2006. Bases para la elaboración del anteproyecto “Norma de emisión de materia particulada respirable (MP10) para artefactos de uso residencial de combustión a leña.
- 16) CONAMA RM 1997. Análisis general del impacto económico y social del Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica de la Región Metropolitana.



- 17) Cifuentes, L. (1999a): "Antecedentes técnico-económicos para la evaluación de la resolución 1215 sobre normas de calidad del aire en Chile", reporte preparado para CONAMA.
- 18) Cifuentes, L. (1999b): "Evaluación económica del plan pilotó de buses a GNC", reporte preparado para CONAMA Región Metropolitana.
- 19) Cifuentes, L. (2000): "Estimación de los beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana", reporte preparado para CONAMA.
- 20) Ministry of Environment of New Zeland 2002. "Reducing Emissions from Domestic Home Heating". Air quality technical report N° 26.
- 21) Urra N. 2006. "Estimación de emisiones vehiculares para Temuco y Padre Las Casas a través del modelo MOBILE6.2". Tesis Ing. Ambiental Universidad de Santiago de Chile.
- 22) SECTRA 2005. "Investigación de instrumentos de planificación ambiental para ciudades intermedias, etapa II", Suroeste consultores.
- 23) CONAMA 2006. "Asesoría de apoyo para el mejoramiento de la leña y la ejecución de actividades de difusión en el plan de gestión de aire de Temuco y Padre Las Casas. Informe Final. Febrero de 2006.
- 24) VITAE 2002. Encuesta de la leña en Temuco y Padre Las Casas